



Научно-практический
рецензируемый журнал

ОТКРЫТОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
Том 30. № 1. 2026

Учредитель:
РЭУ им. Г.В. Плеханова

Главный редактор
Юрий Филиппович Тельнов

Зам. главного редактора
Александр Викторович Бойченко
Василий Михайлович Трембач

Ответственный редактор
Елена Алексеевна Егорова
Никита Дмитриевич Эпштейн

Технический редактор
Елена Ивановна Аникеева

Журнал издается с 1996 года.
Свидетельство о регистрации СМИ:
ПИ № ФС77-65888 от 27 мая 2016 г.
ISSN (print) 1818-4243
ISSN (on-line) 2079-5939

Все права на материалы,
опубликованные
в номере, принадлежат журналу
«Открытое образование».
Перепечатка материалов,
опубликованных в журнале, без
разрешения редакции запрещена.
При цитировании материалов ссылка
на журнал «Открытое образование»
обязательна.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов

Журнал включен ВАКом в перечень
периодических научных изданий.

Тираж журнала
«Открытое образование»
1500 экз.

Адрес редакции:
117997, г. Москва,
Стремянный пер., 36, корп. 6, офис 345
Тел.: (499) 237-83-31, (доб. 18-04)
E-mail: Anikeeva.EI@rea.ru
Адрес сайта: www.openedu.rea.ru

Подписной индекс журнала
в каталоге «Урал-Пресс»: 47209

© ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2025

Подписано в печать 12.02.26.
Формат 60x84 1/8. Цифровая печать.
Печ. л. 11. Тираж 1500 экз. Заказ

Напечатано в ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова».
117997, Москва, Стремянный пер., 36

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

А.Д. Коняева

Модальности FOAMed как средство высшего
медицинского образования: аналитический обзор
литературы..... 4

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Н.Н. Зильберман

Генеративный ИИ в высшем образовании: условия
поддержки метакогнитивной регуляции студентов..... 15

С.М. Гусев, М.В. Садыкова

Архитектура AI-ассистированных интерактивных
тренажеров для обучения промт-инжинирингу:
методология проектирования и опыт внедрения 23

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

А.В. Калинин

Анализ цифрового следа в сообществах образовательной
организации в социальных сетях в условиях цифровой
трансформации образовательной среды..... 37

А.А. Солодов, Т.Г. Трембач

Оптимальная оценка состояния производственного
оборудования на основе анализа рекламаций 46

ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ

А.А. Ворновская, В.С. Киселев

Нормативно-правовые основы развития цифровой
грамотности будущих учителей иностранных языков в
условиях цифровой трансформации образования..... 57

Р.И. Дивеев

Бизнес-требования к цифровым образовательным
платформам для организации сетевых программ
дополнительного профессионального образования 68

КАЧЕСТВО ЗНАНИЙ

Е.Ю. Петряева, Ю.И. Суменкова, М.Н. Федоровская

Метаанализ связи кадровых характеристик учителей
и академических результатов обучающихся..... 77



Scientific and practical reviewed
journal

OPEN EDUCATION
Vol. 30. № 1. 2026

Founder:
Plekhanov Russian University of
Economics

Editor in chief
Yuriy F. Telnov

Deputy editor
Aleksandr V. Boichenko
Vasilii M. Trembach

Executive editor
Elena A. Egorova
Nikita D. Epshtein

Technical editor
Elena I. Anikeeva

Journal issues since 1996.
Mass media registration certificate:
№ ФЦ77-65888 on May 27, 2016
ISSN (print) 1818-4243
ISSN (on-line) 2079-5939

All rights for materials published in the
issue belong to the journal
«Open Education».

Reprinting of articles published in the
journal, without the permission of the
publisher is prohibited.

When citing a reference to the journal
«Open Education» is obligatory.

Editorial opinion may be different from
the views of the authors

The journal is included in the list of VAK
periodic scientific publications.
Journal articles are reviewed.
The circulation of the journal
«Open Education» – 1,500 copies.

Editorial office:
117997, Moscow,
Stremyanny lane. 36, Building 6,
office 345
Tel.: (499) 237-83-31 (18-04)
E-mail: Anikeeva.El@rea.ru
Web: www.openedu.ru

Subscription index of journal
in catalogue «Ural-Press»: 47209

© Plekhanov Russian University of
Economics, 2025

Signed to print 12.02.26.
Format 60x84 1/8. Digital printing.
Printer's sheet 11. 1500 copies.
Order

Printed in Plekhanov Russian University of
Economics, Stremyanny lane. 36, Moscow,
117997, Russia

CONTENTS

METHODICAL MAINTENANCE

- Anastasia D. Konyaeva*
FOAMed Modalities as a Tool for Higher Medical Education:
an Analytical Literature Review..... 4

NEW TECHNOLOGIES

- Nadezhda N. Zilberman*
Generative AI in Higher Education: Conditions for Supporting
Students' Metacognitive Regulation 15
- Stanislav M. Gusev, Maria V. Sadykova*
Architecture of AI-Assisted Interactive Simulators for Teaching
Prompt Engineering: Design Methodology and Implementation
Experience 23

EDUCATIONAL ENVIRONMENT

- Alla V. Kalinichenko*
Analysis of the Digital Footprint in the Communities of an
Educational Organization in Social Networks in the Context
of Digital Transformation of the Educational Environment 37
- Alexander A. Solodov, Tatyana G. Trembach*
Optimal Estimation of the Condition of Production Equipment
Based on the Analysis of Claims..... 46

PROBLEM OF EDUCATION

- Anastasia A. Vornovskaya, Vladislav S. Kiselev*
Legal and Regulatory Framework for the Development of
Digital Literacy Among Future Foreign Language Teachers in
the Context of the Digital Transformation of Education..... 57
- Rustem I. Diveev*
Business Requirements for Digital Educational Platforms for
Organizing Network Programs of Continuing Professional
Education..... 68

QUALITY OF KNOWLEDGE

- Elena Yu. Petryaeva, Yulia I. Sumenkova, Maria N. Fedorovskaya*
A Meta-Analysis of Relationship Between Teachers' Personnel
Characteristics and Academic Results of Students..... 77

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА журнала «Открытое образование»

Александр Григорьевич Абросимов, д.п.н., проф., профессор кафедры электронной коммерции и управления электронными ресурсами прикладной информатики и информационной безопасности Самарского государственного экономического университета, Самара, Россия

Виктор Константинович Батоврин, д.т.н., проф., заведующий кафедрой информационных систем Московского института радиоэлектроники и автоматики, Москва, Россия

Мария Сергеевна Бережная, д.п.н., проф., профессор кафедры психологии РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Александр Моисеевич Бершадский, д.т.н., проф., заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования Пензенского государственного технического университета, Пенза, Россия

Александр Викторович Бойченко, к.т.н., доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления, директор Научно-исследовательского института «Стратегические информационные технологии» РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Владимир Николаевич Васильев, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, ректор Санкт-Петербургского государственного института точной механики и оптики (технического университета), Санкт-Петербург, Россия

Татьяна Альбертовна Гаврилова, д.т.н., проф., заведующая кафедрой информационных технологий в менеджменте Высшей школы менеджмента, профессор кафедры информационных технологий в менеджменте Санкт-Петербургского Государственного Университета, Санкт-Петербург, Россия

Владимир Васильевич Голеньков, д.т.н., проф., заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Елена Георгиевна Гридина, д.т.н., проф., директор информационно-вычислительного центра НИУ «МЭИ», Москва, Россия

Георгий Николаевич Калянов, д.т.н., проф., заведующий лабораторией Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Москва, Россия

Константин Константинович Колин, д.т.н., проф., главный научный сотрудник Института проблем информатики Российской академии наук (ИПИ РАН), Москва, Россия

Виктор Михайлович Курейчик, д.т.н., проф., заместитель руководителя по научной и инновационной деятельности Технологического института Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия

Николай Григорьевич Малышев, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, академик, президент Московского института экономики, менеджмента и права, Москва, Россия

Игорь Витальевич Метлик, д.п.н., заведующий лабораторией развития воспитания и социализации детей Института изучения детства, семьи и воспитания Российской академии образования, Москва, Россия

Геннадий Семенович Осипов, д.ф.-м.н., проф., заместитель директора по научной работе института системного анализа РАН, Москва, Россия

Борис Михайлович Позднеев, д.т.н., проф., проректор по менеджменту качества, заведующий кафедрой информационных систем МГТУ, Москва, Россия

Борис Аронович Позин, д.т.н., ст. науч. с., технический директор ЗАО «ЕС-лизинг», профессор Научного исследовательского университета Высшей школы экономики, Москва, Россия

Галина Валентиновна Рыбина, д.т.н., проф., профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Москва, Россия

Юрий Филиппович Тельнов, д.э.н., проф., заведующий кафедрой прикладных информационных технологий и информационной безопасности РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Владимир Павлович Тихомиров, д.э.н., проф., академик, президент «Евразийского открытого института», президент Международного консорциума «Электронный университет», Москва, Россия

Василий Михайлович Трембач, к.т.н., доцент доцент кафедры 304 Московского авиационного института (Национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Владимир Львович Усков, к.т.н., проф., содиректор НИИ по образовательным интернет-технологиям университета Бредли, Пеория, США

Сергей Александрович Щенников, д.пед.н., проф., ректор Международного института менеджмента «Линк», Москва, Россия

THE EDITORIAL BOARD of the journal «Open Education»

Aleksandr G. Abrosimov, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Informatics and Information Security, Samara State University of Economics, Samara, Russia

Viktor K. Batovrin, Doctorate of Engineering Science, Professor, Head of the Department of Information Systems, Moscow Institute of Radio Electronics and Automatics, Moscow, Russia

Mariya S. Berezhnaya, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Professor of the Department of Psychology, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Aleksandr M. Bershadskiy, Doctorate of Engineering Science, Professor, Head of the Department of Computer Aided Design, Penza State Technical University, Penza, Russia

Aleksandr V. Boychenko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of Automated Information Processing Systems and Management, Director of Scientific and Research Institute “Strategic Information Technology”, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Vladimir N. Vasil'ev, Doctorate of Engineering Science, Professor, Corresponding member of RAS, Rector of Saint-Petersburg State Institute of Exact Mechanics and Optics (Technical University), Saint-Petersburg, Russia

Tatiana A. Gavrilova, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Head of Information Technologies in Management Department, Graduate School of Management, Saint Petersburg University, Saint Petersburg, Russia

Vladimir V. Golenkov, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Intellectual Information Technologies, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

Elena G. Gridina, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Director of Information and Computing Center, NRU “MPEI”, Moscow, Russia

Georgiy N. Kalyanov, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Konstantin K. Kolin, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher of The Institute of Informatics Problems of The Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Viktor M. Kureychik, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Deputy Head for Research and Innovation, Institute of Technology, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Nikolay G. Malyshev, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Corresponding member of RAS, Academician, President of Moscow Witte University, Moscow, Russia

Igor' V. Metlik, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Head of the Laboratory of development, education and socialization of children Institute Studies of childhood, family and upbringing, The Russian Academy of Education, Moscow, Russia

Gennadiy S. Osipov, Doctorate of Physico-mathematical Sciences, Professor, Deputy Director of the Research Institute of Systems Analysis, The Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Boris M. Pozdneeov, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Vice-Rector for Quality Management, Head of Information Systems, Moscow State University of Technology “STANKIN”, Moscow, Russia

Boris A. Pozin, Doctorate of Engineering Sciences, Senior Researcher, CTO, EC – leasing Company, Professor, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Galina V. Rybina, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Professor of the National Research Nuclear University MPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

Yuriy F. Tel'nov, Doctorate of Economics, Professor, Head of the Department of Applied Informatics and Information Security, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Vladimir P. Tikhomirov, Doctorate of Economic Sciences, Professor, Academician, The President of the “Eurasian Open Institute”, The President of the International consortium “Electronic university”, Moscow, Russia

Vasily M. Trembach, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department 304, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

Vladimir L. Uskov, PhD in Engineering, Professor, co-director of the InterLabs Research Institute of Bradley University, Peoria, USA

Sergey A. Shchennikov, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Rector of International Institute of Management “Link”, Moscow, Russia



Модальности FOAMed как средство высшего медицинского образования: аналитический обзор литературы

Цель исследования. Ввиду активной цифровой трансформации высшего медицинского образования происходит переосмысление традиционных педагогических подходов, что обуславливает поиск более гибких и доступных педагогических инструментов. В этом контексте стало набирать популярность FOAMed (Free Open Access Medical Education) — международное движение за свободное, открытое медицинское образование. Данный литературный обзор направлен на анализ существующих модальностей, которые используются в рамках FOAMed, включая подкасты, видеоконтент, социальные сети и блоги. Кроме того, был проведен анализ их образовательного потенциала.

Материалы и методы. Для проведения информационного поиска мы использовали крупнейшую международную базу научных публикаций PubMed. Поиск статей осуществлялся по ключевым словам «FOAMed», «Medical Education», «Digital pedagogy», «Podcast», «Vodcast», «Social media», «Free Open Access Medical Education». Поиск был сосредоточен на публикациях, посвященных образованию студентов-медиков, ординаторов, практикующих врачей и специалистов среднего медицинского образования. Было найдено 864 научных публикации за последние 10 лет, 32 из которых использовались в данном литературном обзоре, так как имели полнотекстовую версию и соответствовали цели данного обзора.

Результаты. Проведенный обзор показывает, что FOAMed включает разнообразные образовательные модальности — под-

касты, видеоконтент, социальные сети, блоги, — каждая из которых обладает своими педагогическими преимуществами и потенциальными ограничениями. Эти форматы не только дополняют традиционное образование, но и формируют новую образовательную среду, где активность, мотивация и доступность знаний играют ключевую роль. Особую значимость FOAMed приобретает в контексте медийной активности преподавателей высшего медицинского образования. Это открывает возможности для расширения образовательного влияния, формирования профессионального имиджа, развития педагогических инноваций и построения глобального сетевого взаимодействия. Преподаватель становится не просто носителем знаний, но активным участником цифрового образовательного поля, способным создавать, распространять и осмысливать знания в современной медианарадигме.

Заключение. FOAMed может стать важной компонентой педагогической деятельности и образовательной стратегии медицинского вуза, особенно в условиях гибридного и дистанционного обучения. Также были выявлены перспективы включения FOAMed в официальные образовательные программы и направления для дальнейших исследований.

Ключевые слова: FOAMed, медицинское образование, цифровая педагогика, подкасты, видеоконтент, социальные сети, медийная активность преподавателей.

Anastasia D. Konyaeva

Siberian State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tomsk Russia

FOAMed Modalities as a Tool for Higher Medical Education: an Analytical Literature Review

Purpose of the research. The rapid digital transformation of higher medical education is leading to a rethinking of traditional pedagogical approaches, necessitating a search for more flexible and accessible teaching tools. In this context, FOAMed (Free Open Access Medical Education), an international movement promoting free and open medical education, has gained popularity. This literature review aims to analyze existing modalities used within FOAMed, including podcasts, video content, social media, and blogs. Furthermore, an analysis of their educational potential was conducted.

Materials and methods. For the information search, we used PubMed, the largest international database of scientific publications. Articles were searched using the keywords “FOAMed”, “Medical Education”, “Digital pedagogy”, “Podcast”, “Vodcast”, “Social media”, and “Free Open Access Medical Education”. The search was focused on publications dedicated to the education of medical students, interns, practicing physicians, and mid-level medical professionals. 864 scientific publications from the past 10 years were identified, 32 of which were used in this literature review because they were available in full text and met the objectives of this review.

Results. The review shows that FOAMed encompasses a variety of educational modalities — podcasts, video content, social media, and

blogs — each with its own pedagogical advantages and potential limitations. These formats not only complement traditional education but also create a new educational environment where activity, motivation, and knowledge accessibility play a key role. FOAMed is particularly significant in the context of the media activity of the Faculty of higher medical education. This opens up opportunities for expanding educational influence, shaping professional image, developing pedagogical innovations, and creating global networking. The lecturer becomes not just knowledge holder but also an active participant in the digital educational field, capable of creating, disseminating, and interpreting knowledge within the modern media paradigm.

Conclusion. FOAMed has the potential to become an important component of the teaching activities and educational strategy of the medical university, especially in the context of hybrid and distance learning. Potential for incorporating FOAMed into official educational programs and areas for further research were also identified.

Keywords: FOAMed, medical education, digital pedagogy, podcasts, video content, social media, media activity of lecturers.

Введение

В настоящее время современное медицинское образование переживает период глубокой трансформации, обусловленной как технологическим развитием, так и изменениями в восприятии и потреблении информации новыми поколениями обучающихся [1]. В условиях традиционной сложности медицинских знаний, перегруженности учебных программ и необходимости непрерывного профессионального развития, возрастает потребность в гибких, доступных, персонализированных и актуальных образовательных форматах. Одним из наиболее значимых ответов на этот вызов стало движение FOAMed (Free Open Access Medical Education) — свободного и открытого медицинского образования [2].

Идея FOAMed впервые появилась в 2012 году из-за необходимости свободного обмена медицинской информацией между специалистами. Однако, FOAMed уходит корнями в более ранние инициативы, включающие медицинские блоги, подкасты, сообщества в социальных сетях, которые были созданы экспертами-энтузиастами, стремящимися делиться знаниями с широкой профессиональной аудиторией. Основные принципы FOAMed — открытость, доступность, коллаборативность и мультимедийность. Все это оказалось исключительно созвучным новым образовательным потребностям. Поэтому данная концепция довольно быстро завоевала популярность среди студентов, ординаторов, клиницистов и преподавателей высшего медицинского образования по всему миру [3].

На данный момент, FOAMed представляет собой целую экосистему цифрового медицинского образования, в которую входят подкасты, видеолекции, блоги от специали-

стов в сфере здравоохранения, образовательные сообщества в социальных сетях и даже медицинские мемы. Эти ресурсы охватывают широкий спектр тематик — от фундаментальных наук до клинических дисциплин [4]. Они стремительно интегрируются в ежедневную практику медицинского образования, превращаясь в мощный инструмент неформального обучения [5].

Целью данной статьи является литературный обзор примеров использования модальностей FOAMed, анализ их образовательного потенциала и дидактической ценности, а также выявление основных проблем, связанных с их применением в современном медицинском образовании. В ходе данного обзора, мы постарались не только рассмотреть FOAMed как технологическое явление, но и проанализировать его как педагогическую инновацию, обуславливающую изменения к подходам в обучении, восприятии знаний и формировании профессиональной идентичности будущих врачей, а также как способ развития медийной активности преподавателей Высшей медицинской школы.

Материалы и методы исследования

Для проведения информационного поиска мы использовали крупнейшую международную базу научных публикаций PubMed. Поиск статей осуществлялся по ключевым словам «FOAMed», «Medical Education», «Digital pedagogy», «Podcast», «Vodcast», «Social media», «Free Open Access Medical Education». Поиск был сосредоточен на публикациях, посвященных образованию студентов-медиков, ординаторов, практикующих врачей и специалистов среднего медицинского образования. Было найдено 864 научных публикаций за последние 10 лет,

32 из которых использовались в данном литературном обзоре, так как имели полнотекстовую версию и соответствовали цели данного обзора.

Результаты

В ходе литературного обзора мы выделили три основные модальности, которые наиболее часто упоминаются в контексте медицинского образования — это подкасты, образовательные видеоролики, или водкасты, а также социальные сети. Помимо этих трех модальностей, встречается также ряд других, например, игровые технологии и AI-сервисы, однако, в этом обзоре мы сделали акцент на тех, что являются не только образовательным инструментом, но и компонентом медийной активности педагогов высшего медицинского образования. В рамках своей деятельности они могут создавать контент для этих модальностей, что будет позиционировать их как экспертов не только среди студентов, но и в профессиональном сообществе.

Раздел 1. Основные модальности FOAMed

1.1. Подкасты. Данная модальность — одна из самых популярных и доступных форматов в экосистеме FOAMed. Ее ключевое преимущество заключается в сочетании гибкости, мобильности и высокой вовлеченности слушателя. Медицинские подкасты позволяют обучающимся потреблять информацию в удобное для них время и в привычной повседневной обстановке — по дороге на работу, во время физических упражнений или выполнения домашних дел. Это делает подкасты особенно привлекательными для современного поколения студентов, которое склонно к многозадачности и самостоятельному планированию своего образовательного процесса [6].

Подкасты охватывают широкий спектр тем: от анализа клинических случаев и обсуждения последних трендов в науке до вопросов медицинской этики и педагогики. Большинство из них создаются практикующими врачами, преподавателями или мультидисциплинарными командами, что делает контент не только актуальным, но и практически ориентированным и достоверным [7].

Подкасты варьируются по продолжительности, структуре и целевой аудитории. Также выделяются различные типы подкастов:

1. Клинические подкасты, такие как «Bedside Rounds», «Core IM» и «The Curbsiders». Они фокусируются на конкретных клинических темах, часто сопровождаются шоу-нотами и ссылками на статьи [8].

2. Обзорные и дискуссионные форматы, например, как в подкасте «Pediatrics On Call», предлагают интервью с экспертами и междисциплинарные обсуждения на заданную проблематику [9].

3. Образовательные мини-сериалы, такие как «Bedside Rounds», формируют нарративное, сторителлинговое восприятие темы. Особенно актуален данный тип подкастов для изучения тем из истории медицины [10].

4. Подкасты, посвященные медицинской педагогике, такие как «KeyLIME», «Clinical Education», в которых обсуждаются последние тренды в медицинском образовании [11].

Такое разнообразие типов подкастов позволяет закрыть потребности различной аудитории — от студентов и ординаторов до преподавателей и клиницистов [12].

Исследования показывают, что подкасты эффективно стимулируют когнитивную активность, улучшают понимание и запоминание материала при условии активного прослушивания. Элементы сторител-

линга, наличие интерактива, структурирование контента способствуют переводу информации из кратковременной в долговременную память [13].

Подкасты предоставляют возможность индивидуализировать траекторию обучения, позволяя обучающемуся контролировать темп, время, порядок прослушивания выпусков. Это особенно важно в контексте принципов андрогогики, предполагающую автономию, практическую направленность знаний, личную заинтересованность и мотивацию обучающихся [14].

Многие подкасты предлагают не только информацию, необходимую для подготовки к занятиям, но и контент, связанный с профессиональной культурой, этикой, взаимодействием с пациентом, междисциплинарной коммуникацией. Это способствует ранней профессиональной социализации обучающегося и интеграции его в медицинскую профессию начиная с ранних лет обучения.

В последние годы появляются исследования, посвященные эффективности подкастов в медицинском образовании. Слушатели подкастов демонстрируют улучшение показателей усвоения материала по сравнению с традиционными форматами получения информации [13]. Уровень удовлетворенности слушателей подкастов стабильно высок [15]. Комбинированное использование подкастов с другими форматами FOAMed, например, просмотром видео, способствует мультимодальному обучению и повышению мотивации у обучающихся [16]. Однако большинство исследований ограничены малыми выборками испытуемых, качеством методологии и редким использованием объективных показателей результативности.

1.2. Видеоролики на онлайн-платформах (водкасты). Видеоконтент занимает особое место в экосистеме FOAMed,

поскольку он сочетает в себе аудиальную, визуальную и текстовую подачу информации, создавая условия для мультимодального восприятия и глубокого понимания материала. Для размещения и распространения образовательных используются различные онлайн-платформы, в России особенной популярностью пользуются RuTube, VK.Видео, Osmosis, Khan Academy Medicine и другие [17].

Видеоформат особенно популярен среди студентов-медиков, ординаторов и молодых врачей благодаря своей наглядности, доступности и высокой плотности контента. Это делает его одним из наиболее эффективных и массово потребляемых каналов неформального медицинского обучения [18].

Выделяют следующие основные типы видеоконтента в FOAMed:

1. Объяснительные видео. Используют анимацию, рисунки, инфографику и визуальные метафоры. Примерами являются каналы «Armando Hasudungan», «Alila Medical Media». Они ориентированы на понятное объяснение сложных тем в области как фундаментальных наук, так и клинических дисциплин.

2. Видеодемонстрации практических навыков. Наглядно демонстрируют клинические манипуляции, физикальные осмотры, алгоритмы оказания помощи. Такой контент производят «Geeky Medics», «Stanford Medicine 25».

3. Лекции и разборы кейсов. Полноформатные записи лекций, вебинаров или их краткие выжимки с фокусировкой на ключевые моменты. В качестве примеров можно привести платформы «MedCram» и «Khan Academy Medicine».

4. Сторителлинг и образовательные блоги. Нарративные видео от врачей, преподавателей или студентов, посвящен-

ные клиническому мышлению, профессиональной этике, межличностным отношениям и саморазвитию.

5. Короткие видеоформаты — shorts и reels. Быстрое представление одной информационно-концепции. Подобные видео повышают вовлечённость, особенно у молодёжной аудитории, но могут отличаться поверхностной подачей материала.

Видеоформат обладает рядом преимуществ. Он идеально подходит для визуализации анатомических структур, физиологических процессов, хирургических техник и алгоритмов принятия решений, что особенно важно для студентов с преимущественно визуальным восприятием информации. Динамичность видеоряда, использование голоса, жестов и изображений позволяет удерживать внимание и активировать разные каналы восприятия информации, что улучшает ее понимание и запоминание. Видео можно останавливать, пересматривать, замедлять, параллельно делать заметки, что создаёт комфортные условия для индивидуального темпа обучения и способствует формированию навыков саморегуляции [19].

Видеоконтент часто создаётся ведущими экспертами или авторитетными организациями, но остаётся бесплатным и доступным для широкой аудитории. Это особенно важно для студентов и врачей из регионов с ограниченными образовательными ресурсами. Видео могут быть использованы в рамках модели перевёрнутого класса, как подготовка к практическим занятиям, для повторения материала перед экзаменами или как дополнение к основной образовательной программе [20].

Исследования показывают, что видеоконтент улучшает знания, особенно при повторном просмотре, повышает мотивацию к обучению и интерес

к дисциплине, но, при этом, он более эффективен при сочетании с другими методами обучения — тестами, дискуссиями, практическими занятиями [21].

Также отмечается, что видеокасты обладают высокой педагогической ценностью, когда имеют чёткую структуру, включающую введение, основную часть и подведение итогов, используют инфографику и голосовое сопровождение, включают вопросы на закрепление и ключевые тезисы в финале, а их продолжительность не превышает 10–15 минут для одной темы [22].

1.3. Социальные сети. Последняя модальность, которая будет рассмотрена в данном литературном обзоре — это социальные сети и инструменты, которые используются в рамках этой компоненты.

Социальные сети стали неотъемлемой частью повседневной жизни, в том числе — профессиональной и образовательной среды. В контексте FOAMed социальные платформы, превратились в полноценные каналы медицинского образования. Они обеспечивают мгновенный обмен знаниями, участие в международных дискуссиях и создание цифровых профессиональных сообществ [23].

В отличие от традиционных форматов, социальные сети предлагают интерактивное, сжатое, визуально ориентированное и контекстно насыщенное обучение. Они позволяют врачам, студентам и преподавателям активно участвовать в производстве контента и трансляции знаний, делая обучение не только доступным, но и социально включённым процессом [24].

Социальные сети как FOAMed-модальность характеризуются многообразием форматов, каждый из которых отвечает различным образовательным задачам и стилям обучения. Они позволяют на-

ходить посты, в которых упоминаются клинические кейсы, опросы, обсуждение статей, тематические чаты. Поиск может осуществляться по хэштегам, например по хэштегу #MedEd [25].

В социальных сетях можно разместить и ознакомиться с изображениями и видео с инфографиками, микрокейсами, опубликовать интерактивные сторис с вопросами и ответами на них, просмотреть видеорилсы с клиническими рекомендациями.

«Reddit» представляет доступ к обсуждению клинических ситуаций, профессиональных дилемм, а также помощи студентам в подготовке к экзаменам. Telegram и группы ВКонтакте содержат тематические каналы, дают доступ к обмену PDF-файлам лекций, профессиональной литературы, гайдлайнов, обеспечивают быстрые консультации и живое общение с экспертами.

Интеграция визуального, текстового и аудио контента делает обучение мультимодальным, а наличие комментариев и репостов — интерактивным и социально валидированным. Контент в соцсетях обычно короткий, сфокусированный на определенном аспекте темы и легкоусвояемый, что делает его идеальным для микрообучения. Это особенно важно для клиницистов, которым необходимо освежить знания в короткие временные рамки.

Социальные сети способствуют формированию сообществ практиков, где обучение происходит в процессе реального взаимодействия между экспертами и обучающимися. Студенты и ординаторы получают доступ к клиническому опыту и знаниям более опытных коллег, задают вопросы, участвуют в кейс-разборах и обсуждениях, что усиливает их профессиональное развитие и идентичность [26].

Работа с контентом в социальных сетях требует от об-

учающихся навыков поиска, оценки достоверности, фактчекинга и фильтрации информации, что является важной частью современной профессиональной компетентности врача. Кроме того, активное участие в создании образовательного контента — ведение блога, публикация кейсов, способствует формированию навыков научной и клинической коммуникации [27].

Многие пользователи социальных сетей отмечают, что участие в медицинских сообществах помогает им справиться с профессиональным стрессом, эмоциональным выгоранием и ощущением одиночества. Обсуждение трудных клинических случаев, этических дилемм и даже юмористические медицинские мемы создают чувство принадлежности к профессиональному сообществу.

Существуют ряд исследований, подтверждающих образовательную эффективность использования социальных сетей в медицинском обучении: интеграция социальных медиа повышает мотивацию студентов и улучшает усвоение материала, повышают степень вовлеченности и чувство общности у пользователей FOAMed-сообществ. Отмечается положительное влияние социальных сетей на развитие критического мышления и навыков саморефлексии у студентов. Тем не менее, авторы большинства исследований подчеркивают необходимость дальнейших систематических и количественных оценок эффективности этих платформ как педагогических инструментов [28].

Раздел 2. Образовательный потенциал FOAMed

Таким образом, движение FOAMed представляет собой новую парадигму в высшем медицинском образовании, объединяя принципы открыто-

го доступа и самостоятельного гибридного обучения. В отличие от традиционных образовательных моделей, FOAMed делает акцент на доступности знаний, совместном обучении и применении современных мультимедийных форматов, что особенно актуально в эпоху цифровой трансформации образования.

Основываясь на теории андрогогики Малколма Ноулза, FOAMed идеально вписывается в концепцию образования взрослых, где акцент делается на:

1. Самостоятельности обучения — пользователи выбирают, что, когда и как изучать;
2. Практической направленности знаний — контент ориентирован на клинические кейсы и применение знаний на практике;
3. Актуальности материала — большинство ресурсов обновляются в реальном времени, учитывая последние данные и рекомендации;
4. Вовлеченности пользователей — форматы FOAMed способствуют диалогу, обратной связи и активному участию (например, обсуждения постов в соцсетях, комментарии к блогам, совместные разборы кейсов) [29].

Таким образом, FOAMed способствует глубокой мотивации и активному усвоению материала благодаря персонализированному подходу к обучению.

FOAMed-модальности, которые мы рассмотрели в данном литературном обзоре, охватывают широкий спектр сенсорных и когнитивных предпочтений обучающихся: аудиалы предпочитают подкасты и аудиолекции, визуалы — инфографики, водкасты, схемы, кинестетики — клинические симуляторы и интерактивные кейсы, логики и аналитики — блоги с разбором клинических случаев, evidence-based дискуссии [18].

Интеграция различных каналов восприятия информации

способствует лучшей фиксации знаний в долговременной памяти, а также снижает когнитивную нагрузку.

FOAMed побуждает обучающихся не просто усваивать информацию, но и оценивать ее обоснованность, сопоставлять ее источники, участвовать в дискуссиях, формируя тем самым критическое мышление. Социальные сети и Интернет-платформы нередко становятся пространством для профессионального диалога, где обсуждаются не только клинические случаи, но и этические аспекты медицины. Кроме того, FOAMed способствует формированию профессиональной идентичности — студенты и молодые врачи начинают осмысливать себя как часть профессионального сообщества, участвуя в создании и распространении образовательного контента [30].

FOAMed может эффективно дополнять традиционные образовательные программы, становясь инструментом повторения, расширения, индивидуализации учебного материала. Всё больше преподавателей интегрируют FOAMed-ресурсы в свои курсы, предлагая их как дополнительное обучение или часть самостоятельной подготовки студентов. Некоторые ВУЗы, например, вовлекают студентов в создание подкастов, видеороликов, постов с клиническими кейсами и мини-дискуссиями. Это способствует развитию навыков научной коммуникации и цифровой медиаграмотности, которая становится важной компетенцией врача XXI века [31].

Раздел 3. Ограничения и вызовы FOAMed

Несмотря на значительный образовательный потенциал движения FOAMed, его широкое распространение сопряжено с рядом ограничений и вызовов. Эти факторы необ-

ходимо учитывать при оценке эффективности ресурсов FOAMed, а также при их интеграции в официальные образовательные программы [7].

Одним из наиболее обсуждаемых недостатков FOAMed является отсутствие формализованной системы экспертной оценки контента. В отличие от традиционных учебников и рецензируемых журналов, большая часть материалов FOAMed создается индивидуальными авторами или небольшими командами, зачастую без внешнего аудита. Это создает риск распространения непроверенной или устаревшей информации, недостоверных клинических рекомендаций, интерпретационных ошибок или личных когнитивных искажений.

Для снижения этих рисков некоторые крупные проекты FOAMed, например, «Life in the Fast Lane», внедряют механизмы внутренней модерации, но общая проблема стандартизации качества сохраняется.

Форматы FOAMed зачастую не предполагают систематического изложения материала. В результате у обучающегося может возникать иллюзия знания — ощущение понимания при поверхностном усвоении, фрагментарность — отсутствие целостной картины предмета, информационная перегрузка — особенно при подписке на несколько источников.

При отсутствии продуманной навигации и кураторства студенты могут испытывать трудности с выделением главной информации и интеграцией новой в уже существующую систему знаний. Эффективное использование FOAMed-ресурсов требует определенного уровня цифровой компетентности и метапознания — умения искать релевантные источники, оценивать их надежность, строить индивидуальные траектории обучения, самостоятельно определять цели и стратегии изучения материала. Эти на-

выки не всегда в достаточной степени развиты у студентов, особенно на начальных этапах обучения. Без них FOAMed может превращаться в пассивное потребление контента без его глубокого понимания.

Несмотря на декларируемую открытость, FOAMed не всегда является доступным для всех. Существуют барьеры, связанные с языковыми ограничениями — большинство ресурсов создается на английском языке, технологическим неравенством — требуется устойчивый доступ к интернету, географическими и социально-экономическими различиями — не все регионы и образовательные учреждения имеют возможность интегрировать цифровые инструменты в свои официальные образовательные программы.

Еще одним важным вызовом является соблюдение этических стандартов в контенте FOAMed — это конфиденциальность пациентов при публикации клинических кейсов, авторские права на изображения, видео, фрагменты текста, потенциальные конфликты интересов, когда авторы не раскрывают спонсорство или свою коммерческую заинтересованность.

Отсутствие формализованной среды часто приводит к нарушению академических и юридических норм, что может нанести ущерб как репутации авторов, так и доверию к FOAMed в целом [32].

Тем не менее, ввиду активной интеграции FOAMed в современные образовательные процессы, принимаются меры для устранения этих издержек.

Раздел 4. Модальности FOAMed как инструмент медийной активности преподавателей высшего медицинского образования

На основании вышеизложенного, мы решили рассмотреть треть модальности FOAMed не

только как инструменты неформального образования обучающихся, но и как способ для ведения медийной активности педагогов медицинского образования.

В условиях цифровой трансформации образования от преподавателей медицинских ВУЗов ожидается не только владение предметной областью и методологией преподавания, но и активное участие в публичной и профессиональной цифровой среде. В этом контексте FOAMed может стать органической частью медийной активности преподавателя, расширяя его педагогическое влияние, формируя профессиональное сообщество и способствуя трансляции экспертных знаний за пределами аудитории.

Медийная активность в рамках FOAMed позволяет преподавателю выходить за пределы классной аудитории, продолжая транслировать педагогическое знание в социальных сетях, подкастах, видеоканалах и блогах, поддерживать связь с обучающимися вне расписания — через регулярные публикации, ответы на вопросы, комментарии, создавать собственное цифровое образовательное пространство, где студенты могут повторять, обсуждать, и применять знания в удобной форме и ритме.

Преподаватель становится не только актором в трансляции информации, но и медиатором знаний в цифровой среде, создающим доступный, понятный и современный контент.

Активное участие в FOAMed-среде позволяет преподавателю позиционировать себя как эксперта в конкретной области, привлекать внимание студентов, коллег и широкой профессиональной аудитории, оставлять цифровой след, формировать свой академический бренд, способствующий карьерному росту, сотрудничеству и участию в

межуниверситетских инициативах.

Публикации в блоге, авторский подкаст, регулярная аналитика новых исследований или видео-разборы клинических кейсов создают устойчивое медийное присутствие, которое повышает доверие студентов и академического сообщества.

Медийно активный преподаватель при помощи модальностей FOAMed может участвовать в международных коммуникациях, обмениваться опытом с коллегами из других стран и университетов, отслеживать мировые тренды и лучшие практики медицинского образования, быть сопричастным к созданию глобальной культуры открытого образования. Это позволяет преподавателю оставаться вовлечённым в передовую образовательную повестку, а также развивать сетевое взаимодействие с учёными, клиницистами и образовательными проектами по всему миру.

Медийная активность в формате FOAMed — это площадка для экспериментов с новыми подходами к обучению: сторителлинг, микрообучение, интерактивные форматы, мультисенсорные материалы. Такой опыт может быть перенесён в традиционное преподавание — в виде модели перевёрнутого класса, гибридных курсов, заданий на основе цифрового контента.

Преподаватель, использующий FOAMed-подходы, стимулирует у студентов развитие критического мышления, формирование цифровой грамотности и способности самостоятельно искать и оценивать информацию, активное участие в обсуждении и рефлексии. Таким образом, FOAMed становится катализатором

педагогических инноваций и способом обновления преподавательского инструментария.

FOAMed представляет собой мощный ресурс для медийной, педагогической и научной самореализации преподавателя высшего медицинского образования. Включение FOAMed-практик в профессиональную деятельность позволяет преодолеть границы формального обучения, усилить диалог со студентами и коллегами, формировать открытое, доступное и актуальное образовательное пространство.

Заключение

Растущий интерес к FOAMed как к неформальной и свободно доступной системе медицинского образования отражает глобальные изменения в педагогике, цифровых технологиях и культуре самообразования. Проведённый обзор показывает, что FOAMed включает разнообразные образовательные модальности — подкасты, видеоконтент, социальные сети, блоги, — каждая из которых обладает своими педагогическими преимуществами и потенциальными ограничениями. Эти форматы не только дополняют традиционное образование, но и формируют новую образовательную среду, где активность, мотивация и доступность знаний играют ключевую роль.

Особую значимость FOAMed приобретает в контексте медийной активности преподавателей высшего медицинского образования. Это открывает возможности для расширения образовательного влияния, формирования профессионального имиджа, развития педагогических инноваций и построения глобального сетевого взаимодействия. Пре-

подаватель становится не просто носителем знаний, но активным участником цифрового образовательного поля, способным создавать, распространять и осмыслять знания в современной медиапарадигме.

Таким образом, FOAMed следует рассматривать не как альтернативу формальному медицинскому образованию, а как его мощное дополнение и двигатель его трансформации. Будущее медицинского образования — в интеграции открытых цифровых практик, развитии критического мышления и формировании устойчивых профессиональных сообществ на принципах открытости, доступности и сотрудничества. Однако данный вопрос требует дальнейшего более глубокого понимания и осмысления ввиду того, что движение FOAMed как таковое зарекомендовало себя в зарубежной практике, а в отечественной медицинской педагогике его модальности не оформили себя в единую концепцию. Однако опыт зарубежных коллег можно экстраполировать на российские реалии, что диктует необходимость более углубленного изучения проблематики.

Поэтому в ходе дальнейшего исследования планируется проведение масштабных систематических обзоров уже имеющихся научных публикаций для изучения эффективности и определения ключевых характеристик модальностей, упомянутых в этом обзоре. После чего предполагается проведение экспериментальных исследований, направленных на изучение влияния использования подкастов, водкастов и социальных сетей как образовательных инструментов в практике медицинского образования среди фокус-группы согласно модели Киркпатрика.

Литература

1. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education // *Future Healthcare Journal*. 2019. № 6(3). C. 181–185. DOI: 10.7861/fhj.2019-0036.
2. Barton J., Rallis K.S., Corrigan A.E., Hubbard E., Round A., Portone G., Kuri A., Tran T., Phuah Y.Z., Knight K., Round J. Medical students' pattern of self-directed learning prior to and during the coronavirus disease 2019 pandemic period and its implications for Free Open Access Meducation within the United Kingdom // *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*. 2021. № 18(5). DOI: 10.3352/jeehp.2021.18.5.
3. Morgan J. Free Open Access Medical Education (FOAMed) use in medical students: a literature review // *BMC Medical Education*. 2025. № 25(1). C. 20. DOI: 10.1186/s12909-024-06392-0.
4. Barton J., Round J., Knight K. Paediatric Free Open Access Meducation (FOAM): behaviours, trends and implications // *Journal of Postgraduate Medicine*. 2020. № 96(1135). C. 245–249. DOI: 10.1136/postgradmedj-2019-137204.
5. Palliam S., Mahomed Z., Hoffman D., Laher A.E. Learning in the Digital Era – Awareness and Usage of Free Open Access Meducation among Emergency Department Doctors // *Cureus*. 2019. № 11(11). C. 6223. DOI: 10.7759/cureus.6223.
6. Kelly J.M., Perseghin A., Dow A.W., Trivedi S.P., Rodman A., Berk J. Learning Through Listening: A Scoping Review of Podcast Use in Medical Education // *Academic Medicine*. 2022. № 97(7). C. 1079–1085. DOI: 10.1097/ACM.0000000000004565.
7. Chan T.M., Stehman C., Gottlieb M., Thoma B. A Short History of Free Open Access Medical Education. The Past, Present, and Future // *Applied Technology Schools*. 2020. № 1(2). C. 87–100. DOI: 10.34197/ats-scholar.2020-0014PS.
8. Rodman A., Abrams H.R., Watto M., Trivedi S., Barbee J., Meraz-Munoz A., Fried M.C. Medical Podcasting in Low- and Middle-Income Countries: A Needs Assessment and Vision for the Future // *Teach Learn Med*. 2021. № 33(4). C. 416–422. DOI: 10.1080/10401334.2021.1875834.
9. Parga-Belinkie J.J., Cosmini M., Hill D., Berk J., Lockwood K., Patrick M., Novak C., Tarchichi T.R. The Role of Medical Education Podcasts in Pediatrics // *Pediatrics*. 2023. № 152(5). C. 2023062911. DOI: 10.1542/peds.2023-062911.
10. Powers S., Craig W., Kohut M., Hallward A. Narrative Podcasts to Foster Empathy and Reduce Stigma Among Third-Year Medical Students // *Academic Psychiatry*. 2023. № 47(3). C. 287–291. DOI: 10.1007/s40596-023-01764-y.
11. Bernstein J., Mazotti L., Ziv T.A., Drowos J., Whitlock S., Wood S.K., Galvin S.L., Latessa R. Texting Brief Podcasts to Deliver Faculty Development to Community-Based Preceptors in Longitudinal Integrated Clerkships // *MedEdPORTAL*. 2018. № 21(14). C. 10755. DOI: 10.15766/mep_2374-8265.10755.
12. Hanafi S., Nahiddi N., Rana A., Bawks J., Chen L., Fage B., Raben A., Singhal N., Hall E. Enhancing Psychiatry Education through Podcasting: Learning from the Listener Experience // *Academic Psychiatry*. 2022. № 46(5). C. 599–604. DOI: 10.1007/s40596-022-01585-5.
13. Imani-Goghary Z., Alavi-Arjas F., Balvardi M., Beigmoradi. Effect of blended-learning in promoting clinical skills of nursing students // *Journal of Multidisciplinary Care*. 2023. № 12. C. 63–67. DOI: 10.34172/jmdc.1148.
14. Ratliff J.B., Nascimento F.A., Tornes L., Margolesky J., Feldman M., Thatikunta P., Vora N., Wold J., Lau W., Browner N., Rubinos C., Wang M.J., Wang A., Clardy S.L. Curriculum Innovations: A Podcast-Based Neurologic Emergency Flipped Classroom Curriculum for Neurology Residents // *Neurol Educ*. 2023. № 2(3). C. 200081. DOI: 10.1212/NE9.0000000000200081.
15. Riddell J., Robins L., Brown A., Sherbino J., Lin M., Ilgen J.S. Independent and Interwoven: A Qualitative Exploration of Residents' Experiences With Educational Podcasts // *Academic Medicine*. 2020. № 95(1). C. 89–96. DOI: 10.1097.
16. Augustin R.C., Simonson M.G., Rothenberger S.D., Lalama C., Bonifacino E., DiNardo D.J., Tilstra S.A. The use of podcasts as a tool to teach clinical reasoning: a pseudorandomized and controlled study // *Diagnosis (Berl)*. 2022. № 9(3). C. 323–331. DOI: 10.1515/dx-2021-0136.
17. Dunnigan J.K., Wang C.Y., George L., Lee V.A., Lai K.E., Carey A.R., Lee A.G. Social media in ophthalmology: A comprehensive literature review // *Survey of Ophthalmology*. 2025. № 70(4). C. 817–824. DOI: 10.1016/j.survophthal.2025.02.003.
18. Tolonen M., Arvonen M., Renko M., Paakkonen H., Piippo-Savolainen E. The effect of promoting factors on learning by four different delivery modes // *BMC Medical Education*. 2024. T. 24(1). C. 880. DOI: 10.1186/s12909-024-05864-7.
19. Pettit R.K., Kinney M., McCoy L. A descriptive, cross-sectional study of medical student preferences for vodcast design, format and pedagogical approach // *BMC Medical Education*. 2017. № 17(1). C. 89. DOI: 10.1186/s12909-017-0926-z.
20. Niekrenz L., Spreckelsen C. How to design effective educational videos for teaching evidence-based medicine to undergraduate learners – systematic review with complementing qualitative research to develop a practicable guide // *Medical Education Online*. 2024. № 29(1). C. 2339569. DOI: 10.1080/10872981.2024.2339569.
21. Krumm I.R., Miles M.C., Clay A., Carlos Ii W.G., Adamson R. Making Effective Educational Videos for Clinical Teaching // *Chest*. 2022. № 161(3). C. 764–772. DOI: 10.1016/j.chest.2021.09.015.

22. Brame C.J. Effective Educational Videos: Principles and Guidelines for Maximizing Student Learning from Video Content // CBE: Life Sciences Education. 2016. № 15(4). С. 6. DOI: 10.1187/cbe.16-03-0125.

23. Jeyaraman M., Ramasubramanian S., Kumar S., Jeyaraman N., Selvaraj P., Nallakumarasamy A., Bondili S.K., Yadav S. Multifaceted Role of Social Media in Healthcare: Opportunities, Challenges, and the Need for Quality Control // Cureus. 2023. № 15(5). С. 39111. DOI: 10.7759/cureus.39111.

24. D'souza F., Shah S., Oki O., Scrivens L., Guckian J. Social media: medical education's double-edged sword // Future Healthcare Journal 2021. № 8(2). С. e307-e310. DOI: 10.7861/fhj.2020-0164.

25. Ayers J.W., Goodman A.M., Smith D.M. MedEd: Medical Education and Knowledge Translation on Social Media // JAMA. 2023. № 330(10). С. 909–910. DOI: 10.1001/jama.2023.12465.

26. Jain M., Sharma P.K., Kamboj K., Shyam A. The Impact of Social Media on Medical Education and Health-care Communication // J Orthop Case Rep. 2024. № 14(9). С. 1–3. DOI: 10.13107/jocr.2024.v14.i09.4706.

27. Katz M., Nandi N. Social Media and Medical Education in the Context of the COVID-19 Pandemic: Scoping Review // JMIR Med Educ. 2021. № 7(2). С. 25892. DOI: 10.2196/25892.

28. Guckian J., Utukuri M., Asif A., Burton O.,

Adeyoju J., Oumeziane A., Chu T., Rees E.L. Social media in undergraduate medical education: A systematic review // Med Educ. 2021. № 55(11). С. 1227–1241. DOI: 10.1111/medu.14567.

29. Aulakh J., Wahab H., Richards C., Bidaisee S., Ramdass PVAK. Self-directed learning versus traditional didactic learning in undergraduate medical education: a systemic review and meta-analysis // BMC Medical Education. 2025. № 25(1). С. 70. DOI: 10.1186/s12909-024-06449-0.

30. Rashid M.A., Yip S.W.L., Gill D., Arfeen Z. Sharing is caring: an analysis of #FOAMed Twitter posts during the COVID-19 pandemic // Journal of Postgraduate Medicine. 2022. № 98(1157). С. 199–204. DOI: 10.1136/postgradmedj-2020-139267.

31. Larsen D.M., Boscardin C.K., Sparks M.A. Engagement in Free Open Access Medical Education by US Nephrology Fellows // Clinical Journal of the American Society of Nephrology. 2023. № 18(5). С. 573–580. DOI: 10.2215/CJN.000000000000123.

32. Cheng C., Papadacos J., Umakanthan B., Fazelzad R., Martimianakis M.A.T., Ugas M., Giuliani M.E. On the advantages and disadvantages of virtual continuing medical education: a scoping review // Canadian Medical Education Journal. 2023. № 14(3). С. 41–74. DOI: 10.36834/cmej.75681.

References

1. Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education. Future Healthcare Journal 2019; 6(3): 181-185. DOI: 10.7861/fhj.2019-0036.

2. Barton J., Rallis K.S., Corrigan A.E., Hubbard E., Round A., Portone G., Kuri A., Tran T., Phuah Y.Z., Knight K., Round J. Medical students' pattern of self-directed learning prior to and during the coronavirus disease 2019 pandemic period and its implications for Free Open Access Meducation within the United Kingdom. Journal of Educational Evaluation for Health Professions. 2021; 18(5). DOI: 10.3352/jeehp.2021.18.5.

3. Morgan J. Free Open Access Medical Education (FOAMed) use in medical students: a literature review. BMC Medical Education. 2025; 25(1): 20. DOI: 10.1186/s12909-024-06392-0.

4. Barton J., Round J., Knight K. Paediatric Free Open Access Meducation (FOAM): behaviours, trends and implications. Journal of Postgraduate Medicine. 2020; 96(1135): 245-249. DOI: 10.1136/postgradmedj-2019-137204.

5. Palliam S., Mahomed Z., Hoffman D., Laher A.E. Learning in the Digital Era - Awareness and Usage of Free Open Access Meducation among Emergency Department Doctors. Cureus. 2019; 11(11): 6223. DOI: 10.7759/cureus.6223.

6. Kelly J.M., Perseghin A., Dow A.W., Trivedi S.P., Rodman A., Berk J. Learning Through

Listening: A Scoping Review of Podcast Use in Medical Education. Academic Medicine. 2022; 97(7): 1079-1085. DOI: 10.1097/ACM.0000000000004565.

7. Chan T.M., Stehman C, Gottlieb M, Thoma B. A Short History of Free Open Access Medical Education. The Past, Present, and Future. Applied Technology Schools. 2020; 1(2): 87-100. DOI: 10.34197/ats-scholar.2020-0014PS.

8. Rodman A, Abrams H.R., Watto M., Trivedi S., Barbee J., Meraz-Munoz A., Fried M.C. Medical Podcasting in Low- and Middle-Income Countries: A Needs Assessment and Vision for the Future. Teach Learn Med. 2021; 33(4): 416-422. DOI: 10.1080/10401334.2021.1875834.

9. Parga-Belinkie J.J., Cosmini M., Hill D., Berk J., Lockwood K., Patrick M., Novak C., Tarchichi T.R. The Role of Medical Education Podcasts in Pediatrics. Pediatrics. 2023; 152(5): 2023062911. DOI: 10.1542/peds.2023-062911.

10. Powers S., Craig W., Kohut M., Hallward A. Narrative Podcasts to Foster Empathy and Reduce Stigma Among Third-Year Medical Students. Academic Psychiatry. 2023; 47(3): 287-291. DOI: 10.1007/s40596-023-01764-y.

11. Bernstein J., Mazotti L., Ziv T.A., Drowos J., Whitlock S., Wood S.K., Galvin S.L., Latessa R. Texting Brief Podcasts to Deliver Faculty Development to Community-Based Preceptors in Longitudinal Integrated Clerkships.

MedEdPORTAL. 2018; 21(14): 10755. DOI: 10.15766/mep_2374-8265.10755.

12. Hanafi S., Nahiddi N., Rana A., Bawks J., Chen L., Fage B., Raben A., Singhal N., Hall E. Enhancing Psychiatry Education through Podcasting: Learning from the Listener Experience. *Academic Psychiatry*. 2022; 46(5): 599-604. DOI: 10.1007/s40596-022-01585-5.

13. Imani-Goghary Z., Alavi-Arjas F., Balvardi M., Beigmoradi. Effect of blended-learning in promoting clinical skills of nursing students. *Journal of Multidisciplinary Care*. 2023; 12: 63-67. DOI: 10.34172/jmdc.1148.

14. Ratliff J.B., Nascimento F.A., Tornes L., Margolesky J., Feldman M., Thatikunta P., Vora N., Wold J., Lau W., Browner N., Rubinos C., Wang M.J., Wang A., Clardy S.L. Curriculum Innovations: A Podcast-Based Neurologic Emergency Flipped Classroom Curriculum for Neurology Residents. *Neurol Educ*. 2023; 2(3): 200081. DOI: 10.1212/NE9.0000000000200081.

15. Riddell J., Robins L., Brown A., Sherbino J., Lin M., Ilgen J.S. Independent and Interwoven: A Qualitative Exploration of Residents' Experiences With Educational Podcasts. *Academic Medicine*. 2020; 95(1): 89-96. DOI: 10.1097.

16. Augustin R.C., Simonson M.G., Rothenberger S.D., Lalama C., Bonifacino E., DiNardo D.J., Tilstra S.A. The use of podcasts as a tool to teach clinical reasoning: a pseudorandomized and controlled study. *Diagnosis (Berl)*. 2022; 9(3): 323-331. DOI: 10.1515/dx-2021-0136.

17. Dunnigan J.K., Wang C.Y., George L., Lee V.A., Lai K.E., Carey A.R., Lee A.G. Social media in ophthalmology: A comprehensive literature review. *Survey of Ophthalmology*. 2025; 70(4): 817-824. DOI: 10.1016/j.survophthal.2025.02.003.

18. Tolonen M., Arvonen M., Renko M., Paakkonen H., Piippo-Savolainen E. The effect of promoting factors on learning by four different delivery modes. *BMC Medical Education*. 2024; 24(1): 880. DOI: 10.1186/s12909-024-05864-7.

19. Pettit R.K., Kinney M., McCoy L. A descriptive, cross-sectional study of medical student preferences for vodcast design, format and pedagogical approach. *BMC Medical Education*. 2017; 17(1): 89. DOI: 10.1186/s12909-017-0926-z.

20. Niekrenz L., Spreckelsen C. How to design effective educational videos for teaching evidence-based medicine to undergraduate learners - systematic review with complementing qualitative research to develop a practicable guide // *Medical Education Online*. 2024; 29(1): 2339569. DOI: 10.1080/10872981.2024.2339569.

21. Krumm I.R., Miles M.C., Clay A., Carlos Ii W.G., Adamson R. Making Effective Educational Videos for Clinical Teaching.

Chest. 2022; 161(3): 764-772. DOI: 10.1016/j.chest.2021.09.015.

22. Brame C.J. Effective Educational Videos: Principles and Guidelines for Maximizing Student Learning from Video Content. *CBE: Life Sciences Education*. 2016; 15(4): 6. DOI: 10.1187/cbe.16-03-0125.

23. Jeyaraman M., Ramasubramanian S., Kumar S., Jeyaraman N., Selvaraj P., Nallakumarasamy A., Bondili S.K., Yadav S. Multifaceted Role of Social Media in Healthcare: Opportunities, Challenges, and the Need for Quality Control. *Cureus*. 2023; 15(5): 39111. DOI: 10.7759/cureus.39111.

24. D'souza F., Shah S., Oki O., Scrivens L., Guckian J. Social media: medical education's double-edged sword. *Future Healthcare Journal* 2021; 8(2): e307-e310. DOI: 10.7861/fhj.2020-0164.

25. Ayers J.W., Goodman A.M., Smith D.M. MedEd: Medical Education and Knowledge Translation on Social Media. *JAMA*. 2023; 330(10): 909-910. DOI: 10.1001/jama.2023.12465.

26. Jain M., Sharma P.K., Kamboj K., Shyam A. The Impact of Social Media on Medical Education and Health-care Communication. *J Orthop Case Rep*. 2024; 14(9): 1-3. DOI: 10.13107/jocr.2024.v14.i09.4706.

27. Katz M., Nandi N. Social Media and Medical Education in the Context of the COVID-19 Pandemic: Scoping Review. *JMIR Medical Education*. 2021; 7(2): 25892. DOI: 10.2196/25892.

28. Guckian J., Utukuri M., Asif A., Burton O., Adeyoju J., Oumeziane A., Chu T., Rees E.L. Social media in undergraduate medical education: A systematic review. *Medical Education*. 2021; 55(11): 1227-1241. DOI: 10.1111/medu.14567.

29. Aulakh J., Wahab H., Richards C., Bidaisee S., Ramdass PVAK. Self-directed learning versus traditional didactic learning in undergraduate medical education: a systemic review and meta-analysis. *BMC Medical Education*. 2025; 25(1): 70. DOI: 10.1186/s12909-024-06449-0.

30. Rashid M.A., Yip S.W.L., Gill D., Arfeen Z. Sharing is caring: an analysis of #FOAMed Twitter posts during the COVID-19 pandemic. *Journal of Postgraduate Medicine*. 2022; 98(1157): 199-204. DOI: 10.1136/postgradmedj-2020-139267.

31. Larsen D.M., Boscardin C.K., Sparks M.A. Engagement in Free Open Access Medical Education by US Nephrology Fellows. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 2023; 18(5): 573-580. DOI: 10.2215/CJN.000000000000123.

32. Cheng C., Papadakos J., Umakanthan B., Fazelzad R., Martimianakis M.A.T., Ugas M., Giuliani M.E. On the advantages and disadvantages of virtual continuing medical education: a scoping review. *Canadian Medical Education Journal*. 2023; 14(3): 41-74. DOI: 10.36834/cmej.75681.

Сведения об авторе

Анастасия Денисовна Коняева

*К.м.н., доцент кафедры анатомии человека
с курсом топографической анатомии и
оперативной хирургии.*

*Сибирский государственный медицинский
университет Минздрава России*

Томск, Россия

Эл. почта: Asyakonya95@gmail.com

Information about the author

Anastasia D. Konyaeva

*Cand. Sci. (Medical), Associate Professor of the
Department of Human Anatomy with a course in
topographic anatomy and operative Surgery.*

*Siberian State Medical University of the Ministry of
Health of Russia*

Tomsk Russia

Email address: Asyakonya95@gmail.com

Генеративный ИИ в высшем образовании: условия поддержки метакогнитивной регуляции студентов

Цель исследования. Настоящая статья направлена на выявление и системный анализ двойственных эффектов и рисков, связанных с использованием генеративного искусственного интеллекта (ГИИ) в высшем образовании, с особым акцентом на его влияние на метакогнитивные навыки студентов. Цель работы — определить педагогические условия, при которых ГИИ выступает не как замена когнитивной активности, а как целенаправленный инструмент поддержки метакогнитивной регуляции, включающей три её ключевых компонента: планирование, мониторинг и оценку собственного обучения.

Материалы и методы. Работа основана на систематическом анализе эмпирических работ, опубликованных в период с 2023 по 2025 год, включая как количественные, так и качественные исследования в области педагогики, когнитивной психологии и образовательных технологий. В работе применены методы теоретического обобщения, синтеза и структурного анализа научной литературы. В качестве теоретической основы использована модель метакогнитивной регуляции Дж. Флавелла и концепция самоуправляемого обучения Б. Дж. Циммермана, дополненная положениями теории распределённого познания. **Результаты.** Анализ выявил фундаментальную двойственность влияния ГИИ: с одной стороны, он способен способствовать развитию метакогнитивных навыков через структурированную поддержку, сократическое взаимодействие и рефлексивный диалог; с другой — провоцировать такие негативные явления, как «метакогнитивная лень», ложная самоэффективность и когнитивная пассивность. На основе проведённого синтеза предложена аналитическая рамка, включающая четыре ключевых условия эффективной интеграции ГИИ: (1) чёткое

определение функциональной роли ИИ (коуч, оппонент, наставник, фасилитатор и др.); (2) привязка взаимодействия к конкретному компоненту метакогнитивной регуляции; (3) обязательная рефлексивная компонента; (4) обучение промпт-инженерии как метакогнитивному навыку. Разработана типология возможных педагогических стратегий, дифференцированных по трём компонентам регуляции: (1) планирование — ИИ как коуч по обучению; (2) мониторинг — ИИ как «зеркало понимания» или инструмент сравнительного анализа; (3) оценка — ИИ как генератор контраргументов или фасилитатор метадискуссии.

Заключение. Генеративный ИИ сам по себе не несёт однозначного риска или пользы для метакогнитивного развития, его эффект определяется исключительно педагогическим контекстом интеграции. Ключевым условием продуктивного использования является переосмысление роли ИИ как динамичного партнёра по обучению, а не как инструмента автоматизации мышления. Автор призывает к развитию экспериментальной, рефлексивной и диалоговой культуры внедрения ГИИ, ориентированной на сохранение и укрепление когнитивной автономии студентов как фундаментальной цели современного образования. Такой подход предполагает не просто техническое освоение ИИ, а формирование у учащихся критической осознанности, готовности к метауровневому анализу собственных когнитивных стратегий и ответственности за собственный познавательный процесс.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект, метакогнитивная регуляция, высшее образование, промпт-инженерия, педагогический дизайн, метакогнитивная лень.

Nadezhda N. Zilberman

Tomsk State University (National Research University), Tomsk, Russia

Generative AI in Higher Education: Conditions for Supporting Students' Metacognitive Regulation

Purpose of the study. This article aims to identify and systematically analyze the dual effects and risks associated with the use of generative artificial intelligence (GenAI) in higher education, with a specific focus on its impact on students' metacognitive skills. The study seeks to define the pedagogical conditions under which GenAI functions not as a replacement for cognitive engagement, but as a purposeful instrument for supporting metacognitive regulation — encompassing its three core components: planning, monitoring, and evaluation of one's own learning.

Materials and methods. The study is grounded in a systematic review of empirical research published between 2023 and 2025, including both quantitative and qualitative studies from the fields of pedagogy, cognitive psychology, and educational technologies. Theoretical generalization, synthesis, and structural analysis of scholarly literature were employed in the paper. The theoretical framework draws on J. Flavell's model of metacognitive regulation and G. Zimmerman's theory of self-regulated learning, further enriched by insights from distributed cognition theory.

Results. The analysis revealed a fundamental duality in GenAI's influence: on the one hand, it can foster metacognitive development through structured support, socratic interaction, and reflective dialogue; on the other hand, it can provoke such negative phenomena as "metacognitive laziness," false self-efficacy, and cognitive passivity. Based on the conducted synthesis, an analytical framework is proposed that includes four key conditions for the effective integration of GenAI: (1) explicit definition of the AI's functional role (coach, opponent, mentor, facilitator, etc.); (2) linking interaction to a specific component of metacognitive regulation; (3) a mandatory reflective component; and (4) teaching prompt engineering as a metacognitive skill. A typology of possible pedagogical strategies is developed, differentiated by three components of regulation: (1) planning — AI as a training coach; (2) monitoring — AI as a "mirror of understanding" or a tool for comparative analysis; and (3) evaluation — AI as a counterargument generator or a facilitator of meta-discussion.

Conclusion. Generative AI itself does not carry an unequivocal risk or benefit for metacognitive development; its effect is determined solely

by the pedagogical context of integration. The crucial condition for productive use is a reconceptualization of AI's role — not as a tool for automating thought, but as a dynamic learning partner. The author advocates for cultivating an experimental, reflective, and dialogic culture of GenAI implementation, one centered on preserving and strengthening students' cognitive autonomy as a foundational goal of contemporary higher education. This approach entails more than mere

technical proficiency with AI; it requires fostering students' critical awareness, readiness for meta-level analysis of their own cognitive strategies, and a sense of responsibility for their learning process.

Keywords: generative artificial intelligence, metacognitive regulation, higher education, prompt engineering, instructional design, metacognitive laziness.

Введение

Современное высшее образование переживает период стремительной технологической трансформации, в центре которой находится генеративный искусственный интеллект (ГИИ). Возможности больших языковых моделей открывают перед педагогами и студентами новые инструменты для поддержки учебной деятельности. Однако наряду с технологическим прогрессом возникает глубокий разрыв между возможностями искусственного интеллекта (ИИ) как инструмента и педагогическими целями образования как пространства формирования когнитивной автономии.

Метапознание, являясь фундаментальным элементом успешного обучения, представляет собой сложную и многогранную конструкцию, которая изучается в области педагогики и когнитивной психологии уже десятилетиями. Исследования показывают сильную положительную корреляцию между уровнем метакогнитивной осведомлённости и академическими достижениями [1]. Метакогнитивные навыки также считаются трансферабельными, то есть могут применяться в различных областях знаний и для решения разных типов задач, что делает их особенно ценными для подготовки универсальных выпускников [2]. Метакогниция рассматривается не просто как набор техник, а как фундаментальная компетенция, лежащая в основе самостоятельного и эффективного обучения. Именно поэтому исследование влияния ИИ на этот фундаментальный

пласт человеческого познания становится одним из самых актуальных вопросов в современной высшей школе. Исследования последних пяти лет действительно демонстрируют значительный интерес к роли искусственного интеллекта, особенно больших языковых моделей, в развитии метакогнитивных навыков студентов в высшем образовании.

Целью данной статьи является определение эффектов и рисков влияния использования генеративного ИИ на метакогнитивные навыки обучающихся в высшем образовании на основе анализ эмпирических исследований 2023–2025 годов, а также определения педагогических условий, при которых он может быть применен как инструмент поддержки метакогнитивной регуляции.

В данной статье термины «метакогнитивный» и «метапознавательный» используются как синонимичные. В западной научной традиции преобладает термин *metacognitive* (метакогнитивный), тогда как в отечественной педагогической и психологической литературе чаще употребляется метапознавательный. Несмотря на различия в терминологии, оба понятия обозначают одно и то же явление — осознание, понимание и регуляцию собственных когнитивных процессов.

Фундаментальное определение метапознавательной деятельности, предложенное Джеромом Флавеллом в 1979 году, звучит как «мышление о мышлении» (*thinking about thinking*) или «осознание и контроль собственного мышления ради обучения» [3]. Это определение закладывает основу для

понимания метакогнитивных процессов как активной и целенаправленной деятельности, а не просто пассивного наблюдения за ходом своих мыслей. Модель Флавелла разделяет метапознавательные процессы на взаимосвязанные, но функционально различные блоки:

- метапознавательное знание (о себе как о мыслящем субъекте, задачах, о возможных стратегиях),

- метапознавательный опыт (субъективные, осознанные переживания, часто эмоционально окрашенные, которые возникают в процессе когнитивной деятельности). Именно эти переживания (опыт) запускают использование знания. Например, чувство непонимания (опыт) заставляет нас обратиться к нашему арсеналу стратегий (знание) и применить одну из них (например, перечитать),

- метакогнитивную регуляцию — процесс управления собственным обучением (термин утвердился в литературе позже на основе его концептуальной модели). Этот процесс включает три последовательных этапа: планирование, мониторинг и оценку [1]. Планирование происходит до начала учебной деятельности и включает в себя анализ задания, постановку целей, выбор и разработку плана действий, распределение ресурсов. Мониторинг осуществляется во время выполнения задачи и представляет собой постоянный процесс отслеживания своего понимания, прогресса и эффективности используемых стратегий. Это может проявляться в том, что студент замечает, что материал не усваивается, и решает изменить

свой подход, например, переключиться с чтения на просмотр видео. Наконец, оценка происходит после завершения работы и включает в себя анализ результатов, рефлексию над тем, какие стратегии были успешными, а какие нет, и корректировку планов на будущее. Этот циклический характер регуляции, описываемый в рамках теорий самоуправляемого обучения, особенно в модели Берри Дж. Циммермана [4], подчёркивает её роль как непрерывного процесса самосовершенствования.

Обзор исследований влияния ИИ на метакогнитивные навыки студентов

Анализ эмпирических исследований, проведённых в период с 2023 по 2025 год, выявляет сложную и противоречивую картину влияния искусственного интеллекта на метакогнитивные навыки студентов.

С одной стороны, студенты быстро находят способы применять ИИ для метакогнитивной регуляции, но, как правило, без систематического осознания этого процесса. Такой интуитивный подход сопряжён со значительными рисками, некоторые из которых представлены ниже.

«Метакогнитивная лень» (metacognitive laziness) — состояние, при котором чрезмерное доверие к ИИ приводит к снижению когнитивной нагрузки и отказу от самостоятельной мыслительной деятельности [5,6,7,8]. Ключевой проблемой здесь является то, что ученики не просто передают ИИ фактические задания, но и полностью делегируют сами процессы планирования, мониторинга и оценки [9]. Это приводит к тому, что студенты могут получать хорошие оценки за работу, сгенерированную ИИ, но при этом не обладать необходимыми знаниями или навыками для решения анало-

гичных задач самостоятельно. Чем больше студент доверяет ИИ, тем выше его удовлетворённость и доверие к системе, даже если она предоставляет ошибочные рекомендации. Это создаёт порочный круг: первоначальные положительные результаты воспринимаются как подтверждение эффективности ИИ, что усиливает зависимость и дальнейшее отключение от собственных метакогнитивных процессов [10].

Снижение критического мышления. Студенты имеют тенденцию принимать выводы ИИ без критического анализа. Исследование показало, что многие учащиеся принимают неправильные ответы и используют методы «копи-паста» без критического анализа и оценки информации [11].

Нарушение способности самооценки: разрыв между метапознавательными знаниями о себе и реальными возможностями, сопровождающийся формированием ложной уверенности. Студенты могут путать лёгкость, с которой ИИ генерирует текст, с собственным пониманием материала [12]. Возникает парадокс самоэффективности: использование ИИ значительно повышает уверенность студентов и одновременно технологическую зависимость [13]. Кроме того, модели искусственного интеллекта могут давать чрезмерно поддерживающие оценки, подкрепляя промты/контент пользователя фразами вроде «отличный вопрос», «браво» или «блестящий абзац». Эта чрезмерная лесть может ввести пользователей в заблуждение относительно качества их собственных идей [14]. Зависимость от ГИИ положительно коррелирует с ложной самоэффективностью, при этом генерируя «ложную уверенность», которую невозможно преодолеть [15]. Студенты, которые могут повторять заученный анализ, сгенерированный ИИ,

оказываются неспособными самостоятельно выстроить аргументацию или оценить альтернативные точки зрения. Это приводит к тому, что студенты заявляют: «Я больше не знаю, что я на самом деле понимаю» [16], что является свидетельством коллапса метакогнитивной осведомлённости.

Снижение внутренней мотивации. Исследования показывают, что студенты, которые высоко полагаются на ИИ-подкреплённый опыт обучения, где «мышление» практически полностью выполняется ИИ, могут утратить внутреннюю мотивацию к обучению, вовлечённость и желание решать проблемы самостоятельно [17].

На фоне этих рисков исследовательская парадигма сместилась в сторону разработки и оценки педагогически спроектированных интервенций, где ИИ используется не как замена, а как инструмент для целенаправленного развития метакогнитивных навыков.

Наиболее успешным и распространённым подходом на данный момент является метакогнитивная поддержка (scaffolding), которая предполагает предоставление студентам структурированной поддержки для развития их метакогнитивной регуляции. Исследования показывают, что в этом подходе ИИ может повысить эффективность обучения. Например, студенты писали рефлексивные дневники о том, как они использовали ИИ для создания проверочных списков по грамматике (планирование), сравнения отзывов ИИ и преподавателя для выявления ошибок (мониторинг и оценка) и рефлексии над причинами ошибок с помощью другого ИИ-инструмента [18]. Другое исследование с использованием ИИ-чат-бота продемонстрировало улучшение метакогнитивных навыков у студентов-медиков, обучающихся в онлайн-курсе по эволюционной психологии.

В рамках этого проекта была создана GPT-модель, которая проводила со студентами дважды в неделю 10-минутные сессии рефлексии, сфокусированные на метапознавательной рефлексии, мотивации и поведении. Результаты показали улучшение метакогнитивных стратегий [19].

Использование ИИ как партнёра. Например, в одном из заданий студентов просят попросить ИИ стать интервьюером, чтобы помочь им проанализировать свою практику в рамках профессиональной деятельности [20]. В этом случае ИИ может выступать в роли «более знающего другого» в социоконструктивистской модели, предоставляя уникальную зону ближайшего развития через адаптивную обратную связь и диалоговое взаимодействие [21]. Когда студенты активно взаимодействуют с ИИ для уточнения идей, а не просто для получения ответов, метакогнитивные навыки улучшаются [11].

Возможно, чёткое определение функциональной роли ИИ сможет противодействовать феномену «метакогнитивной лени», поскольку предотвращает неосознанное делегирование регуляции. Аналогично, требование «обязательной рефлексивной компоненты» снижает риск формирования иллюзии компетентности, заставляя студента интерпретировать, а не просто принимать выводы ИИ.

Важно отметить, что не все исследования показывают однозначно положительные или отрицательные результаты. Некоторые работы, включая недавний мета-анализ 2025 года, находят статистически несущественное влияние ИИ на метакогнитивные навыки университетских студентов [22]. Это указывает на то, что влияние сильно зависит от множества факторов: предметной области, типа используемой технологии, дизайна учебно-

го задания и индивидуальных особенностей студентов, их текущего эмоционального состояния и других переменных.

Практика педагогической интеграции ИИ для развития метакогнитивной регуляции

В условиях стремительного развития технологий возникает острая научно-педагогическая проблема: как предотвратить подмену собственной метакогнитивной регуляции студентов автоматизированными решениями искусственного интеллекта, сохранив при этом его потенциал как средства поддержки осознанного и самостоятельного обучения.

Анализ эмпирических данных свидетельствует, что эффективность ИИ в образовательном процессе определяется не столько его техническими возможностями, сколько качеством педагогического дизайна взаимодействия. Ключевой вывод заключается в следующем: ИИ должен выступать не в роли «решателя задач», а как динамичный партнёр по обучению, способствующий развитию метакогнитивной регуляции. Это требует от преподавателя переосмысления роли ИИ в учебном курсе не как объекта запрета или разрешения, а как инструмента, интегрированного в задания, предполагающие активное участие, критическое мышление и саморефлексию.

Для достижения этой цели необходимо соблюдение следующих ключевых условий эффективной интеграции ИИ в учебный процесс:

- чёткое определение функциональной роли ИИ (например, коуч, оппонент, симулятор, рефлексивный партнёр), позволяющее студенту осознавать, какую именно метакогнитивную функцию выполняет ИИ в рамках конкретного задания;
- привязка взаимодействия с ИИ к одному из компонен-

тов метакогнитивной регуляции: планированию, мониторингу или оценке;

- обязательное включение рефлексивной компоненты, в ходе которой студент интерпретирует результаты взаимодействия с ИИ и делает выводы о собственных стратегиях обучения;

- формирование у студентов навыков промпт-инженерии как метакогнитивной компетенции, умения формулировать запросы, активирующие у ИИ поддержку когнитивных процессов, а не генерацию готового продукта.

Ниже представлены возможные педагогические стратегии-примеры, структурированные по трём компонентам метакогнитивной регуляции и дополненные дифференциацией типов взаимодействия с ИИ.

1. Планирование

Цель: содействовать формулированию учебных целей, выбору когнитивных стратегий и распределению ресурсов до начала выполнения задачи.

Роль ИИ — коуч по обучению. Студент вступает в диалог с ИИ для выявления своих когнитивных предпочтений (например: «Как я лучше усваиваю информацию через текст, визуализацию или объяснение другому?»). На основе ответов ИИ помогает сформулировать индивидуальный план изучения темы, включая подбор ресурсов, установление временных рамок и определение промежуточных контрольных точек.

Акцент делается на проактивном прогнозировании и стратегическом выборе.

2. Мониторинг

Цель: развить у студента способность отслеживать собственное понимание и эффективность применяемых стратегий в процессе выполнения задачи.

Роль ИИ — «зеркало понимания», критический рецензент. Студент объясняет кон-

цепцию или тему ИИ своими словами, после чего просит его выявить неточности, пробелы или логические разрывы и классифицировать их по типам (например: фактическая ошибка, неполное понимание, ложная аналогия и т.п.).

Сравнительный анализ подходов. Студент решает одну и ту же задачу сначала самостоятельно, затем с использованием ИИ (например, запрашивая пошаговую подсказку, а не готовый ответ). Далее он проводит сравнительный анализ: в каких случаях ИИ способствовал уточнению понимания, а в каких провоцировал отказ от самостоятельного мышления.

Акцент делается на текущей самодиагностике и выявлении «иллюзий компетентности».

3. Оценка

Цель: сформировать у студента способность к постфактум-анализу эффективности собственных стратегий и корректировке подходов на будущее.

Роль ИИ — генератор контраргументов, соавтор рефлексии или фасилитатор метадискуссии. После написания эссе, проекта или формулирования аргумента студент просит ИИ выступить в роли «профессионального оппонента» и предложить сильные контраргументы, а также выявить слабые места в логике или исходных предположениях.

Рефлексия через структурированный диалог. Студент запрашивает у ИИ серию углубляющих вопросов (например: «Какая стратегия оказалась наиболее трудной для тебя в этом проекте и почему?»; «Что бы ты изменил, если бы начал заново?») и на их основе составляет краткий рефлексивный отчёт, фокусируясь не на результате, а на процессе мышления.

Акцент делается на интерпретации опыта и выработке переносимых когнитивных стратегий.

Включение ИИ в роли коуча, наставника и оппонента согласуется с теорией распределённого познания [23], согласно которой когнитивные процессы не ограничены индивидуальным сознанием, а распределены между человеком, артефактами и средой. В этом контексте генеративный ИИ выступает как когнитивный артефакт, расширяющий потенциал саморегулируемого обучения, при условии, что учащийся сохраняет контроль над процессом регуляции.

Важно подчеркнуть, что ни один из представленных сценариев не обеспечивает автоматического эффекта. Его эффективность зависит от осознанного педагогического замысла, включающего: чёткую постановку метакогнитивной цели задания и обязательную фазу индивидуальной или коллективной интерпретации результатов взаимодействия с ИИ.

Следует также учитывать, что предложенные условия и рекомендации в наибольшей степени применимы в социально-гуманитарных дисциплинах. В естественнонаучных областях интеграция ИИ может иметь иную специфику, требующую отдельного методологического уточнения.

Кроме того, даже структурированные рефлексивные диалоги с ИИ могут оставаться поверхностными, если студент воспринимает их как формальное упражнение, а не как инструмент самопознания. Эффективность подобных практик по-прежнему зависит от внутренней мотивации и готовности к искренней самооценке. В противном случае «рефлексивный промпт» рискует превратиться в новую форму рутинного требования. Возможен также феномен «иллюзии рефлексии», когда студент механически отвечает на вопросы ИИ, не вовлекаясь в содержательный диалог.

Заключение

Эффективность ИИ напрямую обусловлена педагогическим дизайном и теоретической рамкой, в которой он применяется. Наблюдается чёткое разделение между практиками, редуцирующими обучение к техническому взаимодействию с ИИ и тем самым подрывающими метакогнитивное развитие, и когнитивно-рефлексивными практиками, в которых ИИ выступает в качестве инструмента для саморефлексии и регуляции мыслительных процессов. Без целенаправленной интеграции ИИ способен ослаблять развитие саморегуляции; при грамотном использовании становится катализатором формирования метакогнитивных компетенций. Этот вывод имеет фундаментальное значение для высшего образования, поскольку смещает фокус дискуссии с вопроса «Что ИИ делает с нашими студентами?» на вопрос «Как мы можем использовать ИИ для развития метакогнитивных навыков у студентов?».

Одним из главных вызовов интеграции ИИ в высшее образование является не техническая сложность, а педагогическая дилемма: как мотивировать студентов использовать ИИ не как «решателя всех заданий», а как партнёра в познавательной деятельности. Универсального решения этой проблемы не существует. Наиболее надёжным, хотя и хрупким, путём остаётся живой, осмысленный диалог между преподавателем и студентом, в ходе которого обсуждаются цели обучения, ценность интеллектуального усилия и этические границы допустимой помощи. Однако такой диалог предполагает высокий уровень метакогнитивной осознанности с обеих сторон: студент должен быть готов к рефлексии, а преподаватель к педагогической чутко-

сти и гибкости методического подхода. В условиях массового образования, академической перегрузки и размывания представлений о смысле обучения эта идея может восприниматься как утопическая.

Тем не менее, в высшем образовании всегда будут преподаватели, стремящиеся развивать у студентов именно метакогнитивную осознанность не ради формального выполнения учебного плана, а ради сохранения подлинного смысла образования как пространства личностного и интеллектуального роста. Такой педагогический труд остаётся необходимым. Без него обучение рискует деградировать до цепочки технических опера-

ций. Между тем именно метакогнитивные навыки: умение планировать, отслеживать собственное понимание, критически оценивать применяемые стратегии и корректировать действия — становятся всё более востребованными в профессиональной деятельности и повседневной жизни, особенно в условиях постоянной неопределённости и ускоряющихся технологических трансформаций.

Очевидно, что в процессе поиска будут возникать как успешные, так и неудачные педагогические практики: одни окажутся излишне наивными, другие — чрезмерно контролирующими, третьи — неэффективными в конкрет-

ном контексте. Однако именно описание, анализ и критическая рефлексия реальных кейсов, включая неудачные, позволит со временем выявить устойчивые, переносимые и этически обоснованные решения. Поэтому на данном этапе критически важно не искать единственно верный рецепт, а смело экспериментировать, документировать полученные результаты и, что особенно ценно, открыто делиться ими с профессиональным сообществом. Только через такой коллективный, рефлексивный и диалоговый процесс можно постепенно выстроить образовательные практики, в которых ИИ будет служить развитию человека, а не его замене.

Литература

1. Wass R., Rogers T., Brown K., Smith-Han K., Tagg J., Berg D., & Gallagher S. Pedagogical training for developing students' metacognition: implications for educators // *International Journal for Academic Development*. 2023. Т. 28. № 3. С. 1–14. DOI: 10.1080/1360144X.2023.2246442.
2. Sandoval-Lee, Eun Y. In Brief: Metacognition & AI in Course Assessment. In: *Searle Center for Advancing Learning and Teaching*, Northwestern University. 2025. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://searle.northwestern.edu/resources/our-tools-guides/learning-teaching-guides/in-brief-metacognition-gai-course-assessment.html>.
3. Flavell J. H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive—developmental inquiry // *American Psychologist*. 1979. Т. 34. № 10. С. 906–911. DOI: 10.1037/0003-066X.34.10.906.
4. Zimmerman B. J. Becoming a self-regulated learner: An overview // *Theory into Practice*. 2002. Т. 41. № 2. С. 64–70. DOI: 10.1207/s15430421tip4102_2.
5. Bauer E., Greiff S., Graesser A. C., Sailer M. Looking beyond the hype: Understanding the effects of AI on learning // *Educational Psychology Review*. 2025. Т. 37. № 2. С. 45. DOI: 10.1007/s10648-025-10020-8.
6. Delikoura I., Fung Y. R., Hui P. From Superficial Outputs to Superficial Learning: Risks of Large Language Models in Education [Электрон. ресурс]. 2025. Режим доступа: <https://arxiv.org/html/2509.21972v1>.
7. Sidra S., Mason C. Generative AI in human-AI collaboration: validation of the collaborative AI literacy and collaborative AI metacognition scales for effective use // *International Journal of Human—*

Computer Interaction. 2025. Т. 41. № 5. С. 1–25. DOI: 10.1080/10447318.2025.2543997.

8. Fan Y., Tang L., Le H., Shen K., Tan S., Zhao Y., Shen Y., Li X., Gašević D. Beware of metacognitive laziness: Effects of generative artificial intelligence on learning motivation, processes, and performance // *British Journal of Educational Technology*. 2025. Т. 56. № 2. С. 489–530. DOI: 10.1111/bjet.13544.

9. Gerlich M. AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking // *Societies*. 2025. Т. 15. № 1. DOI: 10.3390/soc15010006.

10. Pitts G., Rani N., Mildort W., Cook E.M. Students' Reliance on AI in Higher Education: Identifying Contributing Factors. 2025. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/html/2506.13845v1>.

11. Suriano R., Plebe A., Acciai A., & Fabio R.A. Student interaction with ChatGPT can promote complex critical thinking skills // *Learning and Instruction*. 2025. Т. 95. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2024.102011.

12. Stanton J.D., Halmo S.M., Carter R.J., Yamini K.A., & Ososanya D. Opportunities for guiding development: insights from first-year life science majors' use of metacognition // *Journal of Microbiology and Biology Education*. 2024. Т. 25. № 3. DOI: 10.1128/jmbe.00053-24.

13. Zhang L., Xu J. The paradox of self-efficacy and technological dependence: Unraveling generative AI's impact on university students' task completion // *The Internet and Higher Education*. 2025. Т. 65. DOI: 10.1016/j.iheduc.2024.100978.

14. El Louadi M., Ben Romdhane E. Will Humanity Be Rendered Obsolete by AI? [Элек-

трон. ресурс]. 2025. Режим доступа: <https://arxiv.org/html/2510.22814v3>.

15. Jia W., Pan L., Neary S. Effect of GenAI Dependency on University Students' Academic Achievement: The Mediating Role of Self-Efficacy and Moderating Role of Perceived Teacher Caring // *Behavioral Sciences*. 2025. Т. 15. № 10. DOI: 10.3390/bs15101348.

16. Revesai Z. Generative AI dependency: The emerging academic crisis and its impact on student performance – A case study of a university in Zimbabwe // *Cogent Education*. 2025. Т. 12. № 1. DOI: 10.1080/2331186X.2025.2549787.

17. Jose B., Cherian J., Verghis A.M., Varghise S.M., Mumthas S, Joseph S. The cognitive paradox of AI in education: between enhancement and erosion // *Frontiers in Psychology*. 2025. Т. 16. DOI: 10.3389/fpsyg.2025.1550621.

18. Zhai Y., Nezakatgoo B. Evaluating AI-Powered Applications for Enhancing Undergraduate Students' Metacognitive Strategies, Self-Determined Motivation, and Social Learning in English Language Education // *Scientific Reports*. 2025. Т. 15. № 1. DOI: 10.1038/s41598-025-19118-z.

19. Lowry B., McGrath S., Eitel C., Hall H., Clapp T. R. Leveraging generative AI to foster

metacognition and self-directed learning // *Journal of Microbiology and Biology Education*. 2025. DOI: 10.1128/jmbe.00153-25.

20. Alexander K.M., Johnson M., Farland M.Z., Blue A., Bald E. K. Exploring Generative Artificial Intelligence to Enhance Reflective Writing in Pharmacy Education // *American Journal of Pharmaceutical Education*. 2025. DOI: 10.1016/j.ajpe.2025.101416.

21. Tran M., Balasooriya C., Semmler C., & Rhee J. Generative artificial intelligence: the 'more knowledgeable other' in a social constructivist framework of medical education // *NPJ Digital Medicine*. 2025. Т. 8. № 1. DOI: 10.1038/s41746-025-01823-8.

22. Chen S., Cheung A.C.K. Effect of Generative Artificial Intelligence on University Students Learning Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Educational Research Review*. 2025. DOI: 10.1016/j.edurev.2025.100737.

23. Hollan J., Hutchins E., Kirsh D. Distributed cognition: Toward a new foundation for human-computer interaction research // *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 2000. Т. 7. № 2. С. 174–196. DOI: 10.1145/353485.353487.

References

1. Wass R., Rogers T., Brown K., Smith-Han K., Tagg J., Berg D., & Gallagher S. Pedagogical training for developing students' metacognition: implications for educators. *International Journal for Academic Development*. 2023; 28; 3: 1–14. DOI: 10.1080/1360144X.2023.2246442.

2. Sandoval-Lee, Eun Y. In Brief: Metacognition & AI in Course Assessment. In: Searle Center for Advancing Learning and Teaching, Northwestern University. 2025. [Internet]. Available from: <https://searle.northwestern.edu/resources/our-tools-guides/learning-teaching-guides/in-brief-metacognition-gai-course-assessment.html>.

3. Flavell J.H. Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. *American Psychologist*. 1979; 34; 10: 906–911. DOI: 10.1037/0003-066X.34.10.906.

4. Zimmerman B.J. Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*. 2002; 41; 2: 64–70. DOI: 10.1207/s15430421tip4102_2.

5. Bauer E., Greiff S., Graesser A. C., Sailer M. Looking beyond the hype: Understanding the effects of AI on learning. *Educational Psychology Review*. 2025; 37; 2; 45. DOI: 10.1007/s10648-025-10020-8.

6. Delikoura I., Fung Y.R., Hui P. From Superficial Outputs to Superficial Learning: Risks of Large Language Models in Education [Internet]. 2025. Available from: <https://arxiv.org/html/2509.21972v1>.

7. Sidra S., Mason C. Generative AI in human-AI collaboration: validation of the collaborative AI

literacy and collaborative AI metacognition scales for effective use. *International Journal of Human–Computer Interaction*. 2025; 41; 5: 1–25. DOI: 10.1080/10447318.2025.2543997.

8. Fan Y., Tang L., Le H., Shen K., Tan S., Zhao Y., Shen Y., Li X., Gašević D. Beware of metacognitive laziness: Effects of generative artificial intelligence on learning motivation, processes, and performance. *British Journal of Educational Technology*. 2025; 56; 2: 489–530. DOI: 10.1111/bjet.13544.

9. Gerlich M. AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. *Societies*. 2025; 15; 1. DOI: 10.3390/soc15010006.

10. Pitts G., Rani N., Mildort W., Cook E.M. Students' Reliance on AI in Higher Education: Identifying Contributing Factors. 2025. [Internet]. Available from: <https://arxiv.org/html/2506.13845v1>.

11. Suriano R., Plebe A., Acciai A., & Fabio R.A. Student interaction with ChatGPT can promote complex critical thinking skills. *Learning and Instruction*. 2025; 95. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2024.102011.

12. Stanton J.D., Halmo S.M., Carter R.J., Yamini K.A., & Ososanya D. Opportunities for guiding development: insights from first-year life science majors' use of metacognition. *Journal of Microbiology and Biology Education*. 2024; 25: 3. DOI: 10.1128/jmbe.00053-24.

13. Zhang L., Xu J. The paradox of self-efficacy and technological dependence: Unraveling generative AI's impact on university students' task

completion. The Internet and Higher Education. 2025. Т. 65. DOI: 10.1016/j.iheduc.2024.100978.

14. El Louadi M., Ben Romdhane E. Will Humanity Be Rendered Obsolete by AI? [Internet]. 2025. Режим доступа: <https://arxiv.org/html/2510.22814v3>.

15. Jia W., Pan L., Neary S. Effect of GenAI Dependency on University Students' Academic Achievement: The Mediating Role of Self-Efficacy and Moderating Role of Perceived Teacher Caring. Behavioral Sciences. 2025; 15: 10. DOI: 10.3390/bs15101348.

16. Revesai Z. Generative AI dependency: The emerging academic crisis and its impact on student performance – A case study of a university in Zimbabwe. Cogent Education. 2025; 12: 1. DOI: 10.1080/2331186X.2025.2549787.

17. Jose B., Cherian J., Verghis A.M., Varghise S.M., Mumthas S, Joseph S. The cognitive paradox of AI in education: between enhancement and erosion. Frontiers in Psychology. 2025; 16. DOI: 10.3389/fpsyg.2025.1550621.

18. Zhai Y., Nezakatgoo B. Evaluating AI-Powered Applications for Enhancing Undergraduate Students' Metacognitive Strategies, Self-Determined Motivation, and Social Learning in English Language Education. Scientific Reports. 2025; 15: 1. DOI: 10.1038/s41598-025-19118-z.

19. Lowry B., McGrath S., Eitel C., Hall H., Clapp T. R. Leveraging generative AI to foster metacognition and self-directed learning. Journal of Microbiology and Biology Education. 2025. DOI: 10.1128/jmbe.00153-25.

20. Alexander K.M., Johnson M., Farland M.Z., Blue A., Bald E. K. Exploring Generative Artificial Intelligence to Enhance Reflective Writing in Pharmacy Education. American Journal of Pharmaceutical Education. 2025. DOI: 10.1016/j.ajpe.2025.101416.

21. Tran M., Balasooriya C., Semmler C., & Rhee J. Generative artificial intelligence: the 'more knowledgeable other' in a social constructivist framework of medical education. NPJ Digital Medicine. 2025; 8: 1. DOI: 10.1038/s41746-025-01823-8.

22. Chen S., Cheung A. C. K. Effect of Generative Artificial Intelligence on University Students Learning Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. Educational Research Review. 2025. DOI: 10.1016/j.edurev.2025.100737.

23. Hollan J., Hutchins E., Kirsh D. Distributed cognition: Toward a new foundation for human-computer interaction research. ACM Transactions on Computer-Human Interaction. 2000; 7; 2: 174–196. DOI: 10.1145/353485.353487.

Сведения об авторе

Надежда Николаевна Зильберман

К.ф.н., доцент кафедры гуманитарных проблем информатики философского ф-та
Томский государственный университет
(национальный исследовательский),
Томск, Россия
Эл. почта: zilberman@ido.tsu.ru

Information about the author

Nadezhda N. Zilberman

Cand. Sci. (Philological), Associate Professor of the
Department of Humanitarian Problems of Informatics
at the Faculty of Philosophy
Tomsk State University (National Research
University), Tomsk, Russia
Email: zilberman@ido.tsu.ru



УДК 378.147:004.8

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/1818-4243-2026-1-23-36>

С.М. Гусев, М.В. Садыкова

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия

Архитектура AI-ассистированных интерактивных тренажеров для обучения промпт-инжинирингу: методология проектирования и опыт внедрения

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта и их широкое внедрение в различные сферы человеческой деятельности актуализируют проблему массового обучения работе с AI-инструментами, в частности, освоения техник промпт-инжиниринга. Традиционные образовательные подходы не успевают за темпами технологических изменений, что создает разрыв между потребностями рынка труда и компетенциями выпускников образовательных программ.

Цель. Представить архитектуру и методологию проектирования системы интерактивных тренажеров с автоматизированной оценкой на основе больших языковых моделей для обучения различным аспектам работы с AI-инструментами; описать опыт практического внедрения разработанной системы в курсы повышения квалификации.

Методология, методы и методики. Исследование основано на методологии педагогического дизайна и теории геймификации образовательного процесса. Архитектура системы реализована с использованием клиентских веб-технологий (HTML5, JavaScript) и интеграции с API больших языковых моделей (OpenRouter) для автоматизированной проверки открытых заданий. Апробация проведена в контексте курсов повышения квалификации по программе «Введение в нейросети: практическое освоение AI-платформ».

Научная новизна. Разработана и описана архитектура системы интерактивных тренажеров, включающая шесть

специализированных модулей: техники промпт-инжиниринга (Zero-shot, Few-shot, Chain-of-Thought и др.), этика искусственного интеллекта, генерация изображений и видео, создание презентаций, AI-аналитика данных. Научная новизна заключается в применении больших языковых моделей для автоматизированной проверки творческих заданий с формированием развернутой обратной связи без участия преподавателя. Система интегрирует механизмы геймификации (система достижений, прогрессивное открытие контента) для повышения мотивации.

Практическая значимость. Представленная система может быть интегрирована в курсы повышения квалификации и программы высшего образования в различных предметных областях. Модульная архитектура обеспечивает возможность адаптации тренажеров под различные предметные области и образовательные контексты. Определены направления дальнейшего развития системы, включая интеграцию с LMS через SCORM-пакеты и разработку собственного плагина для аналитики образовательного процесса.

Ключевые слова: искусственный интеллект в образовании, промпт-инжиниринг, интерактивные тренажеры, большие языковые модели, автоматизированная оценка, геймификация, педагогический дизайн.

Stanislav M. Gusev, Maria V. Sadykova

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

Architecture of AI-Assisted Interactive Simulators for Teaching Prompt Engineering: Design Methodology and Implementation Experience

The rapid development of artificial intelligence technologies and their widespread implementation across various spheres of human activity highlight the urgent need for mass education in AI tool usage, particularly in mastering prompt engineering techniques. Traditional educational approaches cannot keep pace with technological change, creating a gap between labor market demands and competencies of educational programs' graduates.

Purpose. To present the architecture and design methodology of an interactive simulator system with automated assessment based on large language models for teaching various aspects of working with AI tools; to describe the practical implementation experience in development courses.

Methodology and research methods. The study is based on instructional design methodology and gamification theory in education. The system architecture is implemented using client-side web technologies (HTML5, JavaScript) and integration with the API of large language models (OpenRouter) for automated assessment of open-ended tasks. Approbation was carried out in the context of advanced training courses under the program "Introduction to neural networks: practical development of AI platforms".

Results and scientific novelty. An interactive simulator system architecture was developed, including six specialized modules: prompt engineering techniques (Zero-shot, Few-shot, Chain-of-Thought, etc.), AI ethics, image and video generation, presentation creation, and AI data analytics. Scientific novelty lies in applying large language models for automated assessment of creative assignments with detailed feedback generation without instructor involvement. The system integrates gamification mechanisms (achievement system, progressive content unlocking) to enhance learner motivation.

Practical significance. The presented system can be integrated into teacher professional development courses and higher education programs in various subject areas. The modular architecture provides the ability to adapt simulators to different subject areas and educational contexts. Areas for further development of the system have been identified, including integration with LMS through SCORM packages and the development of its own plugin for educational analytics.

Keywords: artificial intelligence in education, prompt engineering, interactive simulators, large language models, automated assessment, gamification, instructional design.

Введение

Искусственный интеллект (ИИ) становится неотъемлемой частью современного образования, профессиональной деятельности и повседневной жизни. По данным исследования Smart Ranking, российский рынок образовательных услуг в сфере искусственного интеллекта демонстрирует рекордные темпы роста — 25% в год, с прогнозируемым объемом 5,6 млрд рублей к концу 2025 года [1]. Особенно показательным является увеличение количества AI-школ на платформе GetCourse в четыре раза за последние два с половиной года — с 9 до 36 образовательных проектов [2].

Ключевым элементом эффективного взаимодействия с современными AI-инструментами, построенными на базе больших языковых моделей (Large Language Models, LLM), является промпт-инжиниринг — практика создания точных и целенаправленных текстовых запросов для получения релевантных результатов от AI-систем [3; 4]. Владение техниками промпт-инжиниринга позволяет не только эффективно использовать AI-инструменты, но и обучать критическому осмыслению получаемых от AI ответов, распознаванию предвзятости и этичному применению технологий [6].

Интерактивные тренажеры зарекомендовали себя как эффективный инструмент формирования практических навыков в различных предметных областях. Особенно перспективным является применение геймификации — внедрения игровых механик в образовательный процесс для повышения мотивации обучающихся [10].

Проблема автоматизированной оценки открытых творческих заданий остается актуальной. Традиционные системы автоматической проверки (Automatic Assessment Tools,

ААТ) эффективны для структурированных заданий — программного кода, тестов множественного выбора, кратких ответов, — но малоприспособлены для оценки сложных, многоаспектных текстовых работ [11]. Появление больших языковых моделей открывает новые возможности для автоматизированной оценки эссе, открытых вопросов и творческих заданий с формированием развернутой педагогической обратной связи [12; 13].

Несмотря на растущий интерес к применению AI в образовании, в российской педагогической литературе практически отсутствуют описания систем интерактивных тренажеров, использующих LLM для автоматизированной проверки творческих заданий по промпт-инжинирингу. Существующие публикации фокусируются либо на технических аспектах интерактивных тренажеров для программирования и технических дисциплин [16; 17], либо на теоретическом осмыслении роли AI в образовании [18; 19], оставляя методологический разрыв в проектировании и внедрении практико-ориентированных образовательных решений для массового обучения работе с AI-инструментами.

Цель исследования — разработать и описать архитектуру системы интерактивных тренажеров с автоматизированной оценкой на основе больших языковых моделей для обучения различным аспектам работы с AI-инструментами; представить методологию проектирования образовательного контента различного уровня сложности; описать опыт практического внедрения системы в курсы повышения квалификации.

Научная новизна исследования заключается в разработке и апробации методологии проектирования AI-ассистированных интерактивных тренажеров, в которых большие

языковые модели выступают не только объектом изучения, но и инструментом педагогической оценки, формирующим персонализированную обратную связь без участия преподавателя.

Обзор литературы

Интерактивные тренажеры представляют собой программные средства, моделирующие учебные ситуации и предоставляющие обучающимся возможность многократно практиковать навыки и получать немедленную обратную связь [20]. Н.А. Самохвалова и соавторы выделяют основные преимущества интерактивных тренажеров: уменьшение преподавательской нагрузки, применение элементов геймификации, быстрая обратная связь, совершенствование навыков через повторное выполнение упражнений [16]. Т.С. Воронова отмечает, что внедрение тренажеров в системы дистанционного обучения дает возможность организовать самостоятельную работу обучающихся с дальнейшей автоматической проверкой [17].

Появление ChatGPT в ноябре 2022 года ознаменовало начало широкого обсуждения промпт-инжиниринга как образовательной компетенции [21]. Промпт-инжиниринг является стремительно развивающейся дисциплиной, которая формирует умение взаимодействовать с нейросетями [22]. Промпт-инжиниринг характеризуется как интерфейс взаимодействия между человеком и искусственным интеллектом [23]. Y. Qian в систематическом обзоре 47 эмпирических исследований, опубликованных после выхода ChatGPT, выделяет два основных подхода к использованию промпт-инжиниринга в образовании: техникоориентированный подход и процессно-ориентированный подход. Владение промпт-инжинирин-

гом позволяет преподавателям создавать структурированные учебные материалы [6, 7].

D. Federiakin и соавторы предлагают разбить навык промт-инжиниринга на четыре компонента: понимание базовой структуры промпта, промпт-грамотность (умение обозначить проблему и контекст), методы промптинга (владение различными техниками промт-инжиниринга), критическое мышление (оценка качества получаемых результатов) [5].

Проблема автоматизированной оценки студенческих работ является актуальной и имеет долгую историю. Системы автоматической проверки разрабатываются с 1960-х годов, развиваясь от простых до сложных инструментов статического и динамического анализа [11].

Современные LLM способны оценивать сложные задания — эссе, дискуссионные посты — с минимальным программированием [24]. Система AERA Chat используется для автоматизированной и объяснимой образовательной оценки [14].

Проводились сравнения эффективности трех LLM-моделей для оценки открытых математических задач: Mistral, SBERT-Canberra, GPT-4 [15].

Важным направлением является исследование надежности и валидности LLM-оценки. Исследование пяти продвинутых LLM (Claude 3.5, DeepSeek v2, Gemini 2.5, GPT-4, Mistral 24B) для оценки эссе по психологии в итальянском университете показало низкую согласованность между оценкой человеком и моделей [25].

Геймификация — применение игровых механик в неигровых контекстах — широко используется для повышения мотивации и вовлеченности обучающихся [26]. Ключевыми элементами геймификации являются: система рейтинга и очков, значки и достижения,

уровни и прогресс обучения, соревновательные таблицы [27]. В образовании выделяют два подхода: структурная геймификация (добавление игровых элементов без изменения содержания) и содержательная геймификация (встраивание учебного материала в игровой сюжет) [28]. К. М. Карр подчеркивает важность баланса между внешними стимулами — баллами, наградами и внутренней мотивацией — интересом к задаче [29].

Отсутствие методологических руководств по проектированию образовательного контента для обучения промт-инжинирингу создает барьер для массового внедрения соответствующих курсов в российских образовательных учреждениях.

Методология, материалы и методы

Разработанная система интерактивных тренажеров построена на модульной архитектуре, включающей шесть специализированных образовательных модулей, каждый из которых ориентирован на формирование определенного кластера компетенций работы с AI-инструментами. Архитектура системы основана на клиентских веб-технологиях (HTML5, CSS3,

JavaScript ES6+) с интеграцией внешнего API для автоматизированной оценки. Техническая реализация включает следующие компоненты:

1. Пользовательский интерфейс (UI Layer): реализован на HTML5 с использованием адаптивного дизайна для обеспечения корректного отображения на различных устройствах. Применяется градиентная цветовая схема и анимированные переходы для повышения визуальной привлекательности.

2. Слой управления состоянием (State Management): использует localStorage браузера для сохранения прогресса пользователя (открытые уроки, полученные достижения, попытки выполнения заданий). Данный подход обеспечивает автономность работы тренажеров без необходимости серверной инфраструктуры, но ограничивает возможности сбора детализированной аналитики.

3. Модуль оценивания (Assessment Module): интегрируется с API платформы OpenRouter, предоставляющей унифицированный доступ к различным LLM (Claude, GPT-4, Gemini). Для оценки используется модель Claude 3.5 Haiku, демонстрирующая оптимальное соотношение скорости ответа, качества оценивания и стоимости.

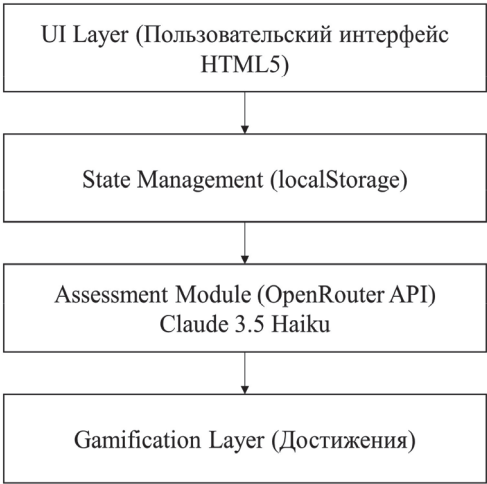


Рис. 1. Архитектура системы интерактивных тренажеров
Fig. 1. Architecture of the interactive simulator system

4. Система геймификации (Gamification Layer): реализуется с помощью механизмов последовательного и прогрессивного открытия контента (каждый новый урок разблокируется после успешного выполнения предыдущего), достижений с визуальными значками, отображения прогресса в процентах.

Ключевой инновацией разработанной системы является использование LLM не только как объекта изучения (обучающиеся учатся создавать промпты для AI), но и как инструмента педагогической оценки. Методология оценивания включает следующие этапы:

Этап 1: Конструирование мета-промпта. Для каждого урока разрабатывается специализированный мета-промпт – инструкция для LLM, определяющая критерии оценивания. Мета-промпт структурирован следующим образом:

- Определение роли оценщика («Ты – AI-наставник по пром프트-инжинирингу»)
- Описание образовательного контекста урока
- Четкие критерии успеха (какие элементы должны присутствовать в решении обучающегося)
- Инструкция по формированию числовой оценки (шкала, пороговые значения)
- Требования к формату ответа (вердикт, оценка, анализ, рекомендация)

Этап 2: Отправка на оценивание. Промпт обучающегося интегрируется в мета-промпт и отправляется LLM через API OpenRouter. Используется модель Claude 3.5 Naiku с температурой 0.3 (низкая креативность для обеспечения стабильности оценок) и ограничением длины ответа 500 токенов.

Этап 3: Парсинг и отображение результата. Текстовый ответ LLM парсится для извлечения структурированных данных (вердикт, числовая оценка). Применяется регу-

лярное выражение для поиска паттерна «X из 10». Если оценка ≥ 7 , задание считается выполненным успешно, разблокируется следующий урок и присваивается соответствующее достижение, если оно предусмотрено.

Этап 4: Логирование (ограниченное). Из-за использования localStorage результаты сохраняются только локально в браузере пользователя. Это ограничивает возможности централизованной аналитики, но обеспечивает приватность и автономность.

Результаты исследования

Разработанная система интерактивных тренажеров используется в курсе повышения квалификации по программе «Введение в нейросети: практическое освоение AI-платформ», реализуемой в формате дистанционного обучения на платформе Moodle. Целевая аудитория – преподаватели, студенты различных предметных областей, сотрудники, стремящиеся освоить AI-инструменты для применения в профессиональной деятельности.

Система включает шесть специализированных модулей, каждый из которых затрагивает определенный аспект работы с AI-инструментами.

Модуль 1: Техники пром프트-инжиниринга (8 уроков). Данный модуль формирует ба-

зовые и продвинутые навыки создания эффективных промптов для текстовых LLM. Содержание модуля построено на классификации техник промптинга [7], [5].

Урок 1 «Zero-shot prompting» знакомит с базовым принципом прямой постановки задачи без предоставления примеров. Обучающийся должен составить промпт, приказывающий AI написать краткий научный отчет, включив три обязательных элемента (название, цель, методы). Критерий успеха – наличие команды и всех трех элементов.

Уроки 2–3 «Few-shot prompting» и «Role-playing» вводят более сложные техники: обучение AI на примерах и назначение AI определенной роли (например, «опытный копирайтер») для получения стилизованного результата.

Уроки 4–5 «Chain-of-Thought» и «Zero-shot CoT» фокусируются на техниках, заставляющих AI «мыслить вслух», показывая пошаговое решение задачи. Это критически важно для сложных логических и математических задач, где промежуточные шаги рассуждения повышают точность итогового ответа [33].

Уроки 6–7 «ReAct» и «Tree-of-Thought» представляют продвинутые техники: ReAct (Reason and Act) учит AI сначала рассуждать о необходимых действиях, а затем их выполнять; Tree-of-Thought побу-

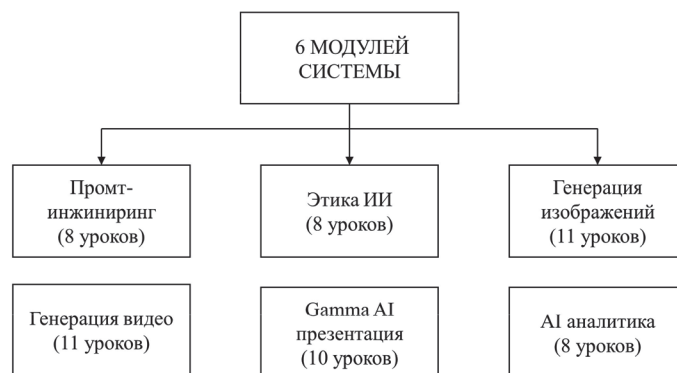


Рис. 2. Структура образовательных модулей системы
Fig. 2. Structure of the educational modules of the system

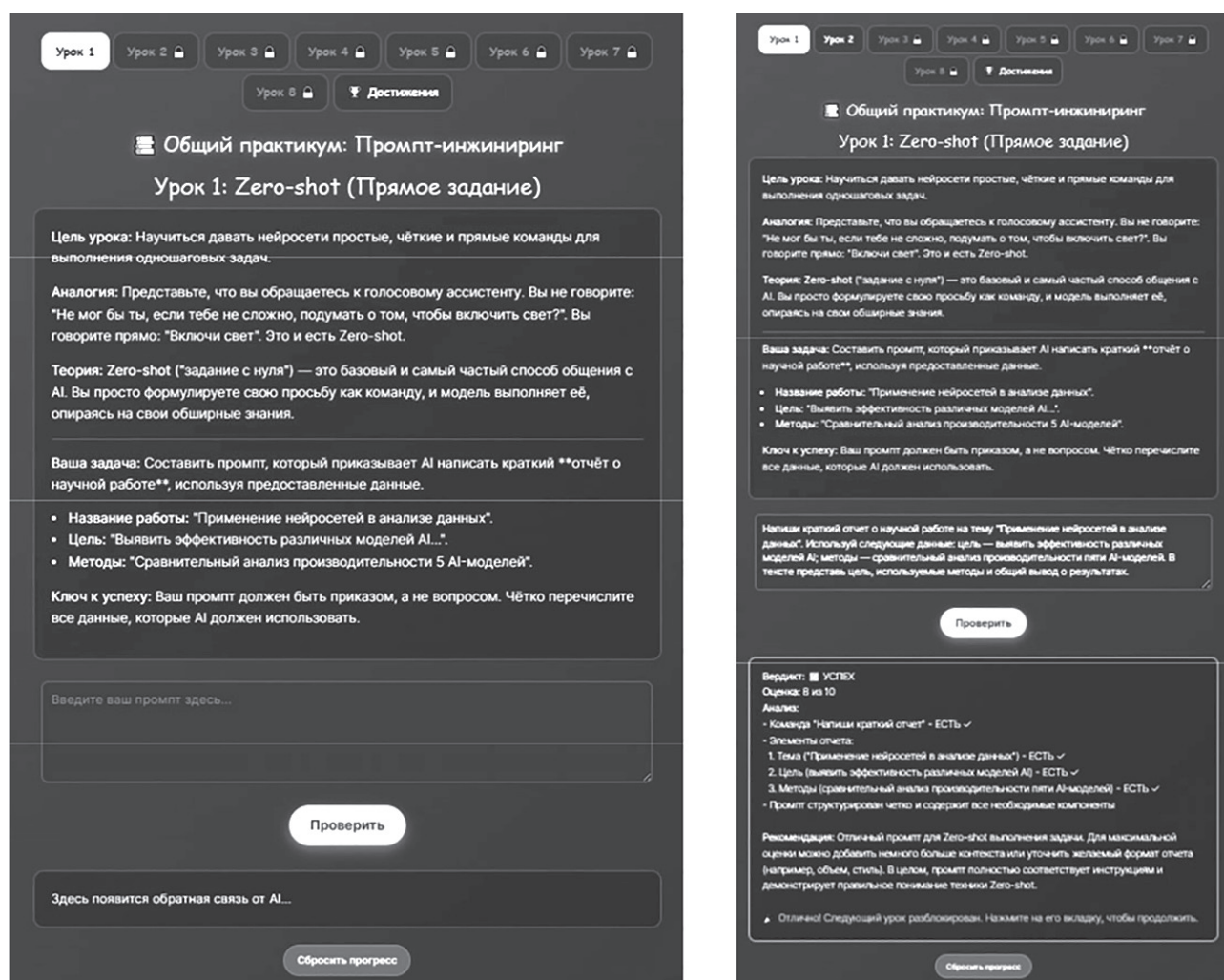


Рис. 3. Интерфейс тренажера «Техники промпт-инжиниринга» (урок Zero-shot)
 Fig. 3. Interface of the “Prompt engineering techniques” simulator (Zero-shot lesson)

ждает AI генерировать множественные варианты решения, оценивать их и выбирать оптимальный.

Урок 8 «Негативные промпты» обучает технике исключения нежелательных элементов из ответа AI через конструкции «без...», «избегая...», что особенно важно для генеративных задач.

Модуль 2: Этика искусственного интеллекта (8 уроков). Модуль акцентирует внимание на критически важных этических дилеммах, возникающие при разработке и применении AI-систем.

Урок 1 «Предвзятость в данных» (Data Bias) рассматривает кейс найма сотрудников, где AI-система, обученная на исторических данных компании, дискриминирует

женщин-кандидатов. Обучающийся должен предложить решение, балансирующее между справедливостью, эффективностью и прозрачностью.

Урок 2 «Конфиденциальность и наблюдение» показывает дилемму городской системы распознавания лиц.

Уроки 3–4 «Проблема черного ящика» и «Автоматизация и рабочие места» затрагивают вопросы объяснимости AI-решений в медицине и социально-экономических последствий автоматизации.

Уроки 5–6 «Дипфейки и дезинформация» и «AI и творчество» обсуждают проблемы манипуляции информацией и авторских прав на AI-генерированный контент.

Урок 7 «Автономные системы» представляет класси-

ческую этическую дилемму вагонетки в контексте беспилотных автомобилей.

Урок 8 «Экологический след AI» поднимает вопрос энергопотребления обучения крупных моделей.

Особенностью модуля является отсутствие однозначно «правильных» ответов. Система оценивает качество аргументации, учет различных особенностей, осознание компромиссов. Используется шкала «репутации» для визуализации последствий решений.

Модуль 3: Генерация изображений (11 уроков). Модуль обучает созданию детализированных промптов для AI-генераторов изображений (Midjourney, DALL-E, Stable Diffusion). Структура промпта для изображений существенно

отличается от текстовых промптов, включая специфические компоненты [36]:

- Subject (главный объект): детальное описание того, что должно быть изображено
- Details (детали): текстуры, материалы, одежда, аксессуары
- Style (стиль): художественное направление (реализм, импрессионизм, аниме и т.д.)
- Shot (ракурс камеры): крупный план, общий план, с высоты птичьего полета
- Environment (окружение): локация, погода, освещение
- Quality tags (теги качества): «highly detailed», «8K», «photorealistic»
- Negative prompts (негативные промпты): что НЕ должно присутствовать
- Technical parameters (технические параметры): соотношение сторон, seed, CFG scale

Модуль прогрессирует от простых промптов к сложным многокомпонентным конструкциям с весовыми коэффициентами и смешиванием стилей.

Модуль 4: Генерация видео (11 уроков). Модуль адаптирует принципы промптинга для AI-генераторов видео (Runway, Kling). Добавляются специфические компоненты:

- Camera motion (движение камеры): zoom in/out, pan, tilt, tracking shot
- Motion control (контроль движения объектов): скорость, направление, интенсивность
- Temporal consistency (временная когерентность): обеспечение плавности между кадрами
- Scene transitions (переходы между сценами): fade, cut, dissolve
- Duration control (контроль длительности)

Обучающиеся учатся планировать последовательности сцен, создавать повествовательные видеоролики, управлять темпом и настроением через выбор движений камеры и освещения.

Модуль 5: Создание презентаций с Gamma AI (10 уроков). Модуль фокусируется на специализированном инструменте Gamma AI для автоматической генерации презентаций. Обучающиеся осваивают:

- Структурирование контента: определение основных разделов, подразделов, логических переходов
- Выбор стиля коммуникации (формальный, неформальный, академический, продающий)
- Адаптацию контента под различные аудитории (студенты, руководители, инвесторы)
- Ограничения по объему, времени, визуальному стилю
- Техники точечного редактирования отдельных слайдов через естественно-языковые команды

Модуль 6: AI-аналитика данных (8 уроков). Модуль обучает использованию LLM с возможностями Code Interpreter для анализа табличных данных. Обучающиеся осваивают промпты для:

- Получение статистик, выявление пропусков, типов данных
- Группировка по категориям
- Фильтрация по условиям, сортировка
- Создание новых вычисляемых столбцов
- Выявление трендов, корреляций, паттернов
- Многоуровневые аналитические запросы
- Формулировка бизнес-выводов на основе данных

Модуль демонстрирует, как промпты могут заменить SQL-запросы и скрипты на Python для базового анализа данных.

Тренажеры размещены в виде HTML-блоков внутри соответствующих тематических модулей курса. Каждый тренажер предваряется вводным текстом, объясняющим образовательные цели и особенности работы с системой. Обучающимся рекомендуется

использовать один браузер на протяжении всего курса для сохранения прогресса.

Тренажеры выполняют роль практикумов, дополняющих теоретические материалы (видеолекции, текстовые лекции, демонстрационные примеры). Типичная структура курса:

1. Теоретический блок
2. Демонстрационные примеры
3. Интерактивный тренажер
4. Рефлексивное задание (проект с применением освоенных техник)

Такая структура реализует модель «instruction → demonstration → practice → application» (инструктаж → демонстрация → практика → применение), рекомендованную для формирования практических навыков [37].

В ходе реализации курса была собрана обратная связь от слушателей через открытые вопросы в конце каждого модуля. Обучающиеся отмечали следующие аспекты:

Практическая применимость. Слушатели подчеркивали, что тренажеры позволяют «не просто читать о техниках, но сразу пробовать их применять», что способствует более глубокому усвоению материала.

Немедленная обратная связь. Многие обучающиеся позитивно восприняли возможность получения развернутого анализа своих промптов без ожидания проверки преподавателем. Цитата из отзыва: «Очень удобно, что можно сразу понять, что именно не так в моем промпте, и попробовать еще раз. Обычно приходится ждать несколько дней проверки задания.»

Снижение тревожности. Ряд слушателей отмечали, что возможность неограниченного количества попыток без «штрафов» снижает стресс и позволяет экспериментировать: «Я не боялась ошибиться, потому что знала, что могу попробовать снова. Это помогло мне больше экспериментировать с формулировками.»



Рис. 4. Пример развернутой обратной связи от AI-оценщика
Fig. 4. Example of detailed feedback from an AI evaluator

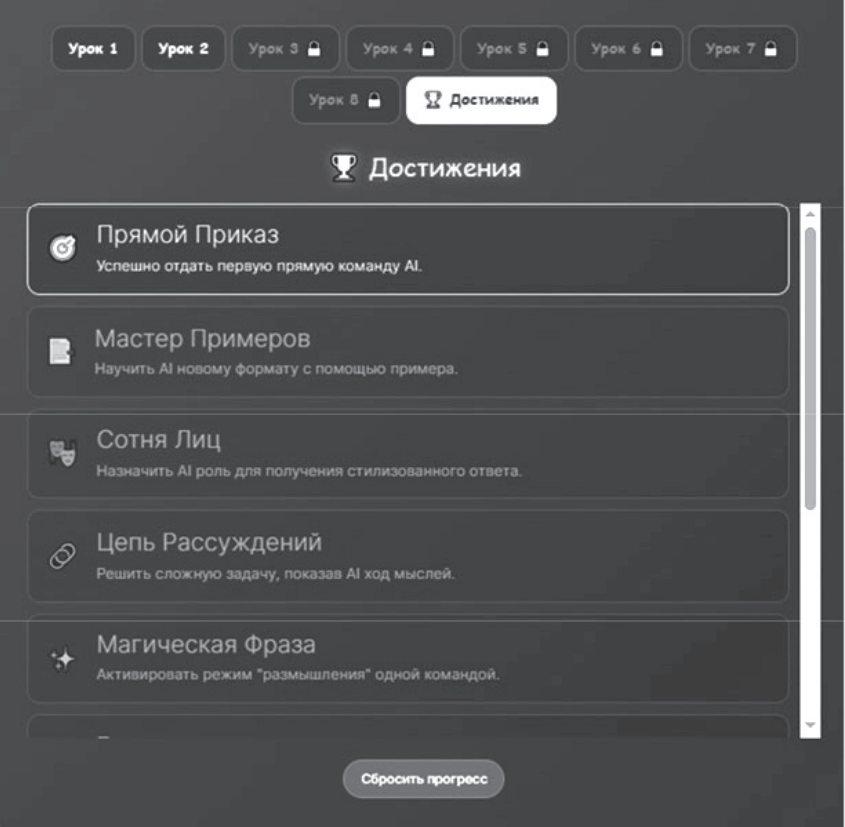


Рис. 5. Система достижений модуля «Техники промпт-инжиниринга»
Fig. 5. Achievement system of the module “Prompt engineering techniques”

Геймификация как мотиватор. Система достижений и прогрессивного открытия уроков воспринималась как дополнительный мотивирующий фактор: «Приятно было получать значки за каждый пройденный урок. Это добавляло игровой элемент и мотивировало идти дальше.»

Выявленные ограничения. Обучающиеся также указали на ряд ограничений системы:

Зависимость от браузера. Несколько слушателей сообщили о потере прогресса при смене браузера или устройства, несмотря на предупреждение в начале. Это подчеркивает необходимость перехода к серверному хранению данных через интеграцию с LMS.

Субъективность AI-оценок. Отдельные обучающиеся выражали скептицизм относительно справедливости оценок, полученных от AI.

Технические сбои. В редких случаях слушатели сообщали об ошибках при отправке промпта (тайм-ауты API, отсутствие интернет-соединения). Хотя система предусматривает обработку таких ошибок.

На основе опыта апробации определены следующие направления совершенствования системы:

Интеграция с LMS через SCORM. Разработка SCORM-пакетов (Sharable Content Object Reference Model) обеспечит:

- Централизованное хранение прогресса обучающихся на сервере LMS
- Сбор детализированной аналитики (время выполнения заданий, количество попыток, динамика оценок)
- Возможность для преподавателя отслеживать прогресс группы
- Кросс-браузерную и кросс-устройственную синхронизацию

Разработка нативного плагина для Moodle. Создание специализированного плагина позволит:

- Глубокую интеграцию с журналом оценок Moodle
- Настраиваемые критерии оценивания для преподавателя
- Возможность модерации спорных оценок
- Визуализацию прогресса группы в виде дашбордов

Расширение библиотеки мета-промптов. Планируется разработка дополнительных образовательных модулей:

- Юридические аспекты AI (авторское право, ответственность за действия AI-агентов)
- AI в научных исследованиях (обзор литературы, анализ данных, написание статей)
- Критическое мышление при работе с AI (выявление галлюцинаций, проверка фактов)

Мультиязычная поддержка. Адаптация тренажеров для работы на английском и других языках расширит потенциальную аудиторию за пределы русскоязычных пользователей.

Эмпирическое исследование эффективности. Планируется проведение контролируемого эксперимента с участием контрольной (традиционное обучение без тренажеров) и экспериментальной (с тренажерами) групп для количественной оценки педагогической эффективности разработанной системы.

Обсуждение

Использование больших языковых моделей для автоматизированной проверки творческих заданий открывает новые возможности для масштабирования персонализированного обучения. В отличие от традиционных тестов с выбором ответа, которые эффективны для проверки фактических знаний, но неприменимы для оценки творческого мышления и способности формулировать сложные идеи, LLM способны анализировать естественно-языковые тексты, оценивая качество аргументации, структуру изложения,

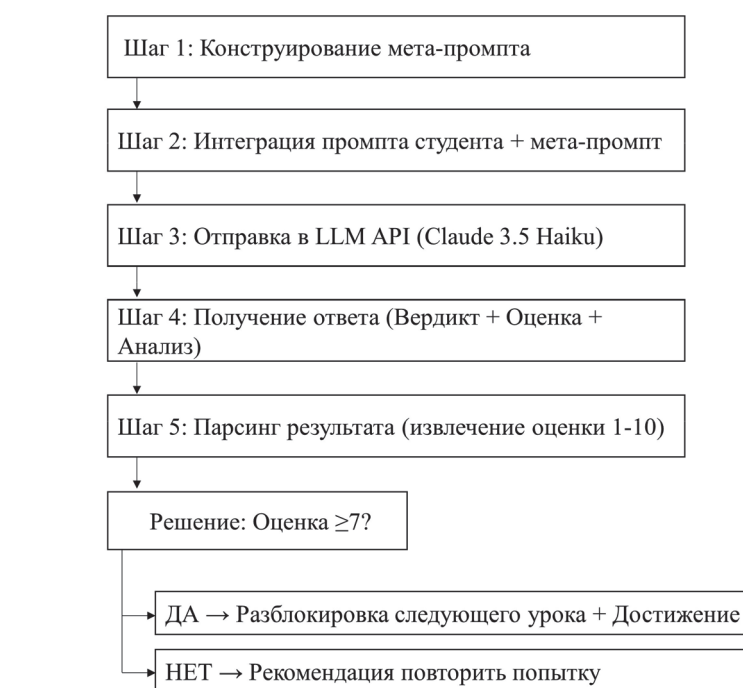


Рис. 6. Алгоритм автоматизированной оценки промптов через LLM

Fig. 6. Algorithm for automated evaluation of prompts via LLM

полноту раскрытия темы [13; 14].

Ключевое преимущество разработанной системы — быстрая и детализированная обратная связь. Исследования показывают, что своевременная обратная связь критически важна для эффективного обучения: чем меньше временной промежуток между действием обучающегося и получением информации о его результатах, тем выше вероятность коррекции ошибок и закрепления правильных стратегий [38]. Традиционные форматы обучения с длительной проверкой заданий преподавателем не обеспечивают такой оперативности. LLM-оценка происходит в режиме реального времени (3–7 секунд), позволяя обучающемуся итеративно совершенствовать свое решение в рамках одной учебной сессии.

Детализированность обратной связи также превосходит возможности массовых онлайн-курсов (МООС). Многие МООС используют взаимное оценивание для проверки заданий, однако качество такой

оценки сильно варьируется в зависимости от компетентности и мотивации рецензентов [39]. LLM обеспечивают консистентность оценивания: каждый обучающийся получает анализ, основанный на одних и тех же критериях, сформулированных в мета-промпте.

Интеграция игровых механик (система достижений, прогрессивное открытие контента, визуализация прогресса) способствует поддержанию внутренней мотивации обучающихся. Согласно теории самодетерминации, внутренняя мотивация поддерживается удовлетворением трех базовых психологических потребностей: автономии (чувство контроля над процессом), компетентности (ощущение прогресса и мастерства) и принадлежности (социальная связь) [40].

Разработанная система адресует потребность в компетентности через визуализацию прогресса (количество пройденных уроков, полученных достижений) и немедленную обратную связь, подтверждающую успешность действий

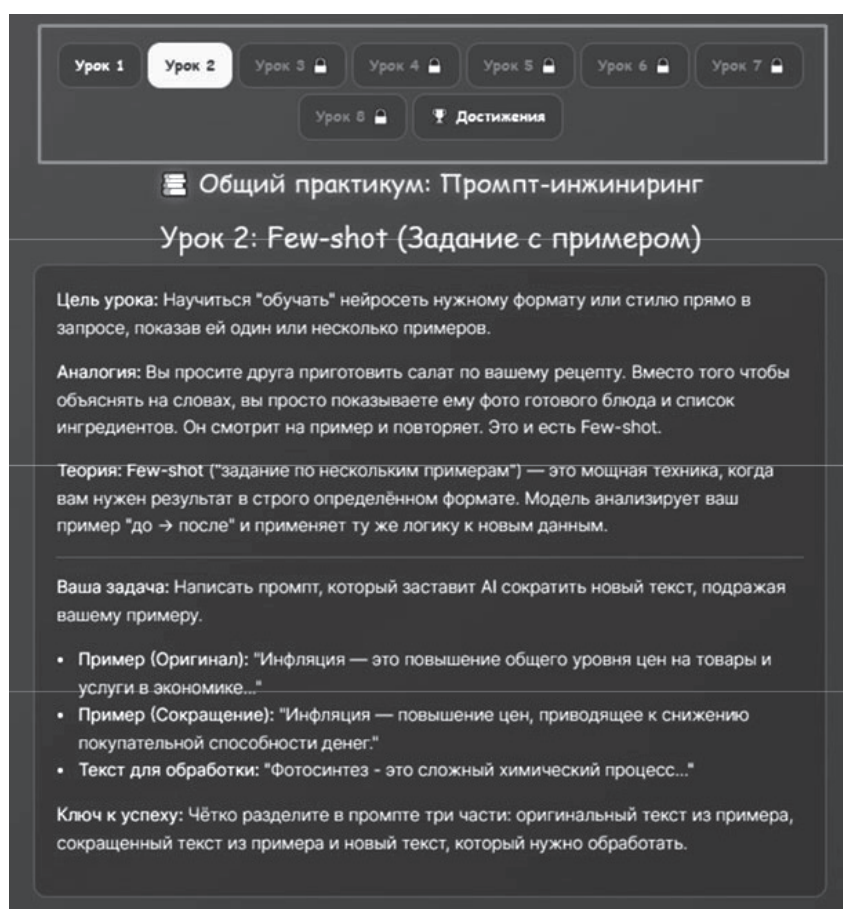


Рис. 7. Прогрессивное открытие уроков в соответствии с таксономией Блума

Fig. 7. Progressive opening of lessons according to Bloom's taxonomy

обучающегося. Потребность в автономии удовлетворяется через возможность самостоятельного выбора темпа обучения и неограниченное количество попыток. Потребность в принадлежности в текущей версии системы удовлетворяется слабо, так как отсутствуют социальные функции (рейтинги, комментарии, совместное решение задач). Это направление для будущего развития.

Важно отметить риск чрезмерной геймификации, когда внешние награды (баллы, достижения) начинают вытеснять внутреннюю мотивацию познания [29]. Чтобы минимизировать этот риск, система не использует соревновательные элементы (таблицы лидеров), которые могут создавать излишнее социальное давление и переключать фокус с процесса обучения на победу в соревновании.

Применение LLM для образовательной оценки сопряжено с рядом ограничений и этических вопросов, которые необходимо учитывать.

LLM являются «черными ящиками»: процесс формирования оценки непрозрачен, что затрудняет объяснение обучающемуся, почему его работа получила определенный балл [41]. Хотя система генерирует текстовое объяснение, оно само является продуктом LLM и может содержать логические несоответствия или предвзятость, унаследованную от обучающих данных модели [42].

Для минимизации предвзятости в разработанной системе используется техника «ограниченного промптинга»: мета-промпт содержит четкие критерии оценивания, минимизирующие пространство для субъективной интерпретации.

Однако полностью исключить предвзятость невозможно, особенно в модуле «Этика AI», где оцениваются рассуждения о социально чувствительных темах.

Зависимость от внешнего API. Использование коммерческого API (OpenRouter) создает зависимость от доступности и ценовой политики внешнего провайдера.

Возможные решения: (1) переход на open-source модели, размещенные на собственной инфраструктуре (Llama 3, Mistral), (2) гибридная система, где простые задания проверяются локальной моделью, а сложные — облачной.

Отсутствие человеческого контроля. Полная автоматизация оценивания исключает преподавателя из процесса, что может быть проблематично в спорных случаях. Обучающийся не имеет возможности апеллировать к человеку, если считает оценку несправедливой. В будущих версиях необходимо добавить возможность запросить проверку преподавателем для спорных оценок.

Риск академической нечестности. Система не защищена от случаев, когда обучающийся использует AI для генерации самого промпта (запрашивает у ChatGPT «создай промпт для генерации отчета»). Однако это отчасти является имманентной проблемой обучения AI-навыкам: если цель — научить эффективно использовать AI, то использование AI для решения заданий может рассматриваться как демонстрация компетенции.

Разработанная система занимает промежуточное положение между полностью ручным оцениванием преподавателем и полностью автоматизированными тестами с выбором ответа.

По сравнению с ручным оцениванием, система обеспечивает: (1) мгновенность обратной связи, (2) масштабируемость без пропорционального

увеличения нагрузки на преподавателя, (3) консистентность критериев. Однако уступает в: (1) глубине понимания контекста, (2) возможности диалога с обучающимся, (3) способности оценить креативность и оригинальность нестандартных решений.

По сравнению с традиционными автоматическими тестами, система позволяет оценивать открытые творческие задания, требующие естественно-языкового выражения мыслей, но требует больших вычислительных ресурсов и финансовых затрат.

Наиболее близким аналогом является система AERA Chat [14], также использующая LLM для образовательной оценки. Однако AERA Chat фокусируется на оценке студенческих эссе по заданным темам, тогда как наша система специализирована на оценке промптов — особого класса текстов, где важны не столько стилистика и аргументация, сколько структурная полнота и соответствие техническим требованиям.

Настоящее исследование вносит вклад в несколько областей:

Педагогический дизайн AI-курсов. Представлена методология проектирования образовательного контента для обучения промпт-инжинирингу, основанная на прогрессивном усложнении (таксономия Блума), контекстуализации, немедленной обратной связи и зоне ближайшего развития. Эта методология может быть адаптирована для других AI-ориентированных курсов. Применение LLM как педагогического инструмента. Продемонстрирована возможность использования LLM не только как объекта изучения, но и как инструмента оценивания, что открывает новые перспективы

для автоматизации образовательного процесса в областях, традиционно требующих ручной экспертной оценки.

Разработанная система является готовым инструментом для внедрения в курсы повышения квалификации, адресуя актуальную потребность в массовом обучении AI-навыкам.

Заключение

В настоящем исследовании представлена архитектура и методология проектирования системы интерактивных тренажеров с автоматизированной оценкой на основе больших языковых моделей для обучения различным аспектам работы с AI-инструментами. Разработанная система включает шесть специализированных модулей, охватывающих техники промпт-инжиниринга, этические аспекты AI, генерацию изображений и видео, создание презентаций и AI-аналитику данных.

Научная новизна исследования заключается в применении LLM не только как объекта изучения (обучающиеся создают промпты для AI-систем), но и как инструмента педагогической оценки, формирующего развернутую персонализированную обратную связь без участия преподавателя. Методология проектирования образовательного контента основана на принципах прогрессивного усложнения (таксономия Блума), контекстуализации, немедленной обратной связи и зоны ближайшего развития Л.С. Выготского.

Опыт практического внедрения системы в курсы повышения квалификации педагогических работников продемонстрировал высокую оценку обучающимися практической применимости

тренажеров, оперативности обратной связи и мотивирующего эффекта геймификации. Вместе с тем выявлены ограничения текущей реализации: зависимость от локального хранилища браузера, ограничивающая возможности сбора детализированной аналитики и обеспечения кросс-устройственной синхронизации; субъективность AI-оценки в сложных творческих заданиях; технические сбои при взаимодействии с внешним API.

Определены направления дальнейшего развития системы: интеграция с LMS через SCORM-пакеты для централизованного хранения прогресса и сбора аналитики; разработка нативного плагина для Moodle с расширенными возможностями настройки критериев оценивания и модерации; расширение библиотеки образовательных модулей на дополнительные аспекты работы с AI (юридические вопросы, научные исследования, критическое мышление); мультязычная локализация для расширения аудитории; проведение контролируемого эмпирического исследования для количественной оценки педагогической эффективности.

Практическая значимость исследования состоит в создании готового инструментария для массового обучения навыкам работы с AI-технологиями, что особенно актуально в контексте стремительного роста российского рынка AI-образования.

Разработанная система демонстрирует потенциал синергии педагогического дизайна и возможностей больших языковых моделей для создания масштабируемых решений в образовании, сочетающих персонализацию обратной связи с экономической эффективностью автоматизации.

Литература

1. Рынок AI-образования в России: рост до 5,6 млрд руб. и новые тренды [Электрон. ресурс] // Robokassa. 2025. Режим доступа: <https://robokassa.com/blog/news/rossiyskiy-rynok-obrazovatelnykh-uslug-v-sfere-ii/>.
2. Российский рынок обучения нейросетям показывает уверенный рост [Электрон. ресурс] // ML Times. 2025. Режим доступа: <https://mltimes.ai/rossijskij-rynok-obucheniya-nejrosetyam-pokazyvaet-uverennyj-rost/>.
3. Heston T.F., Khun C. Prompt engineering in medical education // *International Medical Education*. 2023. Т. 2. № 3. С. 198–205. DOI: 10.3390/ime2030019.
4. AI prompt engineering: A critical new skillset for 21st-century teachers [Электрон. ресурс] // eCampus News. 2025. Режим доступа: <https://www.ecampusnews.com/ai-in-education/2025/06/05/ai-prompt-engineering-a-critical-new-skillset-for-21st-century-teachers/>.
5. Federiakin D., Molerov D., Zlatkin-Troitschanskaia O., Maur A. Prompt engineering as a new 21st century skill // *Frontiers in Education*. 2024. Т. 9. DOI: 10.3389/feduc.2024.1366434.
6. Correia A.P. Strategies for prompt engineering in educational inquiries // *Theory Into Practice*. 2025. Т. 64. № 3. С. 1–12. DOI: 10.1080/00405841.2025.2528545.
7. Qian Y. Prompt engineering in education: A systematic review of approaches and educational applications // *Journal of Computer Assisted Learning*. 2025. DOI: 10.1177/07356331251365189.
8. Blanie A., Roulleau P., Bonnet M. P., et al. Serious game versus traditional teaching methods: A randomized controlled trial // *Advances in Simulation*. 2020. Т. 5. DOI: 10.1186/s41077-020-00151-1.
9. Dicheva D., Dichev C., Agre G., Angelova G. Gamification in education: A systematic mapping study // *Educational Technology & Society*. 2015. Т. 18. № 3. С. 75–88.
10. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From game design elements to gamefulness: defining gamification // *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*. 2011. С. 9–15. DOI: 10.1145/2181037.2181040.
11. Messer M., Brown N., Mahzoon M., et al. Automated grading and feedback tools for programming education: A systematic review // *ACM Transactions on Computing Education*. 2024. Т. 24. № 2. DOI: 10.1145/3636515.
12. AI and auto-grading in higher education: Capabilities, ethics, and the evolving role of educators [Электрон. ресурс] // Ohio State University Center for Teaching and Learning. 2025. Режим доступа: <https://ascode.osu.edu/news/ai-and-auto-grading-higher-education-capabilities-ethics-and-evolving-role-educators>.
13. Flodén J. The impact of artificial intelligence on learning: Exploring automated feedback mechanisms // *Studies in Higher Education*. 2025. Т. 50. № 4. С. 1–14. DOI: 10.1080/03075079.2025.2312456.
14. Li J., Bobrov A., West D., Aloisi C., He Y. An automated explainable educational assessment system built on LLMs // *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2025. Т. 39. С. 23456–23464.
15. Baral S., Kao H., Hu X. A comparative analysis of LLMs for open-ended responses in math education // *Proceedings of Educational Data Mining*. 2024. С. 567–574.
16. Самохвалов Н.А., Соловьев М.М., Скворцов Л.В. Интерактивные тренажеры и их применение в процессе подготовки ИТ-специалистов в системе дистанционного обучения Moodle // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2023. Т. 28. № 126. С. 1063–1076. DOI: 10.20310/1810-0198-2023-28-126-1063-1076.
17. Воронова Т.С. Интерактивные тренажеры как образовательный ресурс // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Акмеология образования. Психология развития*. 2019. Т. 8. № 3. С. 278–282. DOI: 10.18500/2304-9790-2019-8-3-278-282.
18. Рубцова С.Ю., Алмазова О.В. Искусственный интеллект в образовании: проблемы и перспективы // *Вопросы образования*. 2024. № 2. С. 195–214. DOI: 10.17323/1814-9545-2024-2-195-214.
19. Бахтиярова Л.Н., Павлова Е.Д. Цифровая трансформация образования: вызовы и возможности // *Образование и наука*. 2024. Т. 26. № 5. С. 45–67. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-5-45-67.
20. Kapp K.M. *The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012. 336 с.
21. Bowen J.A., Watson C.E. *Teaching with AI: A practical guide to a new era of human learning*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2024. 288 с.
22. Amatriain X. Prompt engineering 101: Introduction and resources [Электрон. ресурс] // *Towards Data Science*. 2024. Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/prompt-engineering-101-introduction-and-resources-8b0e9c0c8c0c>. DOI: 10.48550/arXiv.2401.14423.
23. Crabtree S. The art and science of prompt engineering // *AI Magazine*. 2024. Т. 45. № 1. С. 12–24. DOI: 10.1002/aaai.12234.
24. Flodén J. Evaluating AI-generated feedback in higher education: Accuracy, consistency, and pedagogical value // *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 2025. Т. 50. № 3. С. 456–471. DOI: 10.1080/02602938.2024.2398765.
25. Assessing the reliability and validity of large language models for automated assessment of student writing [Электрон. ресурс] // Stanford

SCALE Repository. 2025. Режим доступа: <https://scale.stanford.edu/ai/repository/assessing-reliability-and-validity-large-language-models-automated-assessment-student>. DOI: 10.48550/arXiv.2508.00123.

26. Hamari J., Koivisto J., Sarsa H. Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification // *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2014. С. 3025–3034. DOI: 10.1109/HICSS.2014.377.

27. Sailer M., Homner L. The gamification of learning: A meta-analysis // *Educational Psychology Review*. 2020. Т. 32. С. 77–112. DOI: 10.1007/s10648-019-09498-w.

28. Dicheva D., Dichev C., Agre G., Angelova G. Gamification in education: A systematic mapping study // *Educational Technology & Society*. 2015. Т. 18. № 3. С. 75–88.

29. Kapp K.M. The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies. San Francisco: Pfeiffer, 2012. 336 с.

30. Bloom B.S., Engelhart M.D., Furst E.J., Hill W.H., Krathwohl D.R. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain. New York: David McKay, 1956. 207 с.

31. Wood D., Bruner J.S., Ross G. The role of tutoring in problem solving // *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 1976. Т. 17. № 2. С. 89–100. DOI: 10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x.

32. Schraw G., Dennison R.S. Assessing metacognitive awareness // *Contemporary Educational Psychology*. 1994. Т. 19. № 4. С. 460–475. DOI: 10.1006/ceps.1994.1033.

33. Wei J., Wang X., Schuurmans D., et al. Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models // *Advances in Neural*

Information Processing Systems. 2022. Т. 35. С. 24824–24837.

34. Jobin A., Ienca M., Vayena E. The global landscape of AI ethics guidelines // *Nature Machine Intelligence*. 2019. Т. 1. № 9. С. 389–399. DOI: 10.1038/s42256-019-0088-2.

35. UNESCO. Recommendation on the ethics of artificial intelligence. Paris: UNESCO, 2021. 38 с.

36. Oppenlaender J. A taxonomy of prompt modifiers for text-to-image generation // *Behaviour & Information Technology*. 2023. С. 1–14. DOI: 10.1080/0144929X.2023.2286532.

37. Gagné R.M., Briggs L. J., Wager W. W. Principles of instructional design. 4th ed. Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich, 1992. 336 с.

38. Hattie J., Timperley H. The power of feedback // *Review of Educational Research*. 2007. Т. 77. № 1. С. 81–112. DOI: 10.3102/003465430298487.

39. Kulkarni C., Wei K. P., Le H. et al. Peer and self-assessment in massive online classes // *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 2013. Т. 20. № 6. DOI: 10.1145/2505057.

40. Deci E. L., Ryan R. M. Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health // *Canadian Psychology*. 2008. Т. 49. № 3. С. 182–185. DOI: 10.1037/a0012801.

41. Rudin C. Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead // *Nature Machine Intelligence*. 2019. Т. 1. № 5. С. 206–215. DOI: 10.1038/s42256-019-0048-x.

42. Bender E. M., Gebru T., McMillan-Major A., Shmitchell S. On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? // *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. 2021. С. 610–623. DOI: 10.1145/3442188.3445922.

References

1. Rynok AI-obrazovaniya v Rossii: rost do 5,6 mlrd rub. i novyye trendy = The AI education market in Russia: growth to 5.6 billion rubles and new trends [Internet]. Robokassa. 2025. Available from: <https://robokassa.com/blog/news/rossiyskiy-rynok-obrazovatelykh-uslug-v-sfere-ii/>. (In Russ.)

2. Rossiyskiy ryok obucheniya neyrosetyam pokazyvayet uverenyy rost = The Russian neural network training market shows steady growth [Internet]. ML Times. 2025. Available from: <https://mltimes.ai/rossiyskiy-rynok-obucheniya-neyrosetyam-pokazyvaet-uverenyy-rost/>. (In Russ.)

3. Heston T. F., Khun C. Prompt engineering in medical education. *International Medical Education*. 2023; 2; 3: 198-205. DOI: 10.3390/ime2030019.

4. AI prompt engineering: A critical new skillset for 21st-century teachers [Internet]. eCampus News. 2025. Available from: [\[ecampusnews.com/ai-in-education/2025/06/05/ai-prompt-engineering-a-critical-new-skillset-for-21st-century-teachers/\]\(https://ecampusnews.com/ai-in-education/2025/06/05/ai-prompt-engineering-a-critical-new-skillset-for-21st-century-teachers/\).](https://www.</p>
</div>
<div data-bbox=)

5. Federiakin D., Molerov D., Zlatkin-Troitschanskaia O., Maur A. Prompt engineering as a new 21st century skill. *Frontiers in Education*. 2024; 9. DOI: 10.3389/feduc.2024.1366434.

6. Correia A.P. Strategies for prompt engineering in educational inquiries. *Theory Into Practice*. 2025; 64; 3: 1-12. DOI: 10.1080/00405841.2025.2528545.

7. Qian Y. Prompt engineering in education: A systematic review of approaches and educational applications. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2025. DOI: 10.1177/07356331251365189.

8. Blanie A., Roulleau P., Bonnet M.P., et al. Serious game versus traditional teaching methods: A randomized controlled trial. *Advances in Simulation*. 2020; 5. DOI: 10.1186/s41077-020-00151-1.

9. Dicheva D., Dichev C., Agre G., Angelova G. Gamification in education: A systematic mapping

study. *Educational Technology & Society*. 2015; 18; 3: 75-88.

10. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From game design elements to gamefulness: defining gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*. 2011: 9-15. DOI: 10.1145/2181037.2181040.

11. Messer M., Brown N., Mahzoon M., et al. Automated grading and feedback tools for programming education: A systematic review. *ACM Transactions on Computing Education*. 2024; 24: 2. DOI: 10.1145/3636515.

12. AI and auto-grading in higher education: Capabilities, ethics, and the evolving role of educators [Internet]. Ohio State University Center for Teaching and Learning. 2025. Available from: <https://ascode.osu.edu/news/ai-and-auto-grading-higher-education-capabilities-ethics-and-evolving-role-educators>.

13. Flodén J. The impact of artificial intelligence on learning: Exploring automated feedback mechanisms. *Studies in Higher Education*. 2025; 50; 4: 1-14. DOI: 10.1080/03075079.2025.2312456.

14. Li J., Bobrov A., West D., Aloisi C., He Y. An automated explainable educational assessment system built on LLMs. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2025; 39: 23456-23464.

15. Baral S., Kao H., Hu X. A comparative analysis of LLMs for open-ended responses in math education. *Proceedings of Educational Data Mining*. 2024: 567-574.

16. Samokhvalov N.A., Solov'yev M.M., Skvortsov L. V. Interactive simulators and their use in training IT specialists in the Moodle distance learning system. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki = Bulletin of Tambov University. Series: Natural and technical sciences*. 2023; 28; 126: 1063-1076. DOI: 10.20310/1810-0198-2023-28-126-1063-1076. (In Russ.)

17. Voronova T.S. Interactive simulators as an educational resource. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Akmeologiya obrazovaniya. Psikhologiya razvitiya = Bulletin of Saratov University. New series. Acmeology of education. Developmental psychology*. 2019; 8; 3: 278-282. DOI: 10.18500/2304-9790-2019-8-3-278-282. (In Russ.)

18. Rubtsova S.Yu., Almazova O.V. Artificial Intelligence in Education: Problems and Prospects. *Voprosy obrazovaniya = Educational Studies Moscow*. 2024; 2: 195-214. DOI: 10.17323/1814-9545-2024-2-195-214. (In Russ.)

19. Bakhtiyarova L.N., Pavlova Ye.D. Digital Transformation of Education: Challenges and Opportunities. *Obrazovaniye i nauka = The Education and science journal*. 2024; 26; 5: 45-67. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-5-45-67. (In Russ.)

20. Kapp K.M. The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies

for training and education. San Francisco: Pfeiffer; 2012. 336 p.

21. Bowen J.A., Watson C.E. Teaching with AI: A practical guide to a new era of human learning. Baltimore: Johns Hopkins University Press; 2024. 288 p.

22. Amatriain X. Prompt engineering 101: Introduction and resources [Internet]. Towards Data Science. 2024. Available from: <https://towardsdatascience.com/prompt-engineering-101-introduction-and-resources-8b0e9c0c8c0c>. DOI: 10.48550/arXiv.2401.14423.

23. Crabtree S. The art and science of prompt engineering. *AI Magazine*. 2024; 45; 1: 12-24. DOI: 10.1002/aaai.12234.

24. Flodén J. Evaluating AI-generated feedback in higher education: Accuracy, consistency, and pedagogical value. *Assessment & Evaluation in Higher Education*. 2025; 50; 3: 456-471. DOI: 10.1080/02602938.2024.2398765.

25. Assessing the reliability and validity of large language models for automated assessment of student writing [Internet]. Stanford SCALE Repository. 2025. Available from: <https://scale.stanford.edu/ai/repository/assessing-reliability-and-validity-large-language-models-automated-assessment-student>. DOI: 10.48550/arXiv.2508.00123.

26. Hamari J., Koivisto J., Sarsa H. Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences*. 2014: 3025-3034. DOI: 10.1109/HICSS.2014.377.

27. Sailer M., Homner L. The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*. 2020; 32: 77-112. DOI: 10.1007/s10648-019-09498-w.

28. Dicheva D., Dichev C., Agre G., Angelova G. Gamification in education: A systematic mapping study. *Educational Technology & Society*. 2015; 18; 3: 75-88.

29. Kapp K. M. The gamification of learning and instruction: Game-based methods and strategies. San Francisco: Pfeiffer; 2012. 336 p.

30. Bloom B. S., Engelhart M. D., Furst E. J., Hill W. H., Krathwohl D. R. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain. New York: David McKay; 1956. 207 p.

31. Wood D., Bruner J. S., Ross G. The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 1976; 17; 2: 89-100. DOI: 10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x.

32. Schraw G., Dennison R. S. Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*. 1994; 19; 4: 460-475. DOI: 10.1006/ceps.1994.1033.

33. Wei J., Wang X., Schuurmans D., et al. Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2022; 35: 24824-24837.

34. Jobin A., Ienca M., Vayena E. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence*. 2019; 1; 9: 389-399. DOI: 10.1038/s42256-019-0088-2.
35. UNESCO. Recommendation on the ethics of artificial intelligence. Paris: UNESCO; 2021. 38 p.
36. Oppenlaender J. A taxonomy of prompt modifiers for text-to-image generation. *Behaviour & Information Technology*. 2023: 1-14. DOI: 10.1080/0144929X.2023.2286532.
37. Gagné R. M., Briggs L. J., Wager W. W. Principles of instructional design. 4th ed. Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich; 1992. 336 p.
38. Hattie J., Timperley H. The power of feedback. *Review of Educational Research*. 2007; 77; 1: 81-112. DOI: 10.3102/003465430298487.
39. Kulkarni C., Wei K. P., Le H. et al. Peer and self-assessment in massive online classes. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*. 2013; 20: 6. DOI: 10.1145/2505057.
40. Deci E.L., Ryan R. M. Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology*. 2008; 49; 3: 182-185. DOI: 10.1037/a0012801.
41. Rudin C. Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead. *Nature Machine Intelligence*. 2019; 1; 5: 206-215. DOI: 10.1038/s42256-019-0048-x.
42. Bender E.M., Gebru T., McMillan-Major A., Shmitchell S. On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. 2021: 610-623. DOI: 10.1145/3442188.3445922.

Сведения об авторах

Станислав Михайлович Гусев

Аналитик, Центр передовых образовательных практик, передовая инженерная школа «Комплексная авиационная инженерия» Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия
Эл. почта: SMGusev@kai.ru

Мария Викторовна Садыкова

Аналитик, Центр передовых образовательных практик, передовая инженерная школа «Комплексная авиационная инженерия» Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия
Эл. почта: MVGorlacheva@kai.ru

Information about the authors

Stanislav M. Gusev

Analyst, Center for Advanced Educational Practices, Advanced Engineering School «Complex Aviation Engineering» Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia
Email: SMGusev@kai.ru

Maria V. Sadykova

Analyst, Center for Advanced Educational Practices, Advanced Engineering School «Complex Aviation Engineering» Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia
Email: MVGorlacheva@kai.ru



Анализ цифрового следа в сообществах образовательной организации в социальных сетях в условиях цифровой трансформации образовательной среды

Цель исследования. Цифровизация образования подразумевает масштабные преобразования, охватывающие внедрение цифровых технологий на каждом уровне общего и профессионального образования, дополнительного образования, а также изменения во взаимодействии всех участников учебного процесса. Одним из шести ключевых вызовов, на которые призвана ответить Стратегия развития образования до 2036 года, является стремительное распространение цифровых технологий и искусственного интеллекта. Цель исследования состоит в определении роли цифровых следов, формируемых в ходе реализации образовательного процесса, как одного из инструментов цифровой трансформации управления образовательным процессом, а также в демонстрации практической реализации обработки цифрового следа с использованием API социальной сети ВКонтакте и методов анализа данных (Educational Data Mining).

Материалы и методы. Теоретико-методологическую базу для исследования составили работы отечественных и зарубежных исследователей в области анализа цифровых данных, возникающих в ходе реализации образовательного процесса. В работе использованы методы обработки естественного языка, такие библиотеки для языка программирования Python, как pandas, numpy, matplotlib и др. Эмпирическая часть исследования основывается на анализе цифрового следа в сообществах образовательной организации в социальной сети ВКонтакте, представленного в виде неструктурированных текстов.

Результаты. Исследования показывают, что большой объем разнородных данных цифровых следов, в том числе представленных в виде слабоструктурируемых данных, неизбежно возникает в условиях цифровизации образования и обеспечения информационной открытости образовательных организаций

и представляет интерес для получения образовательной аналитики, используемой для решения задач в области цифровой трансформации образовательного процесса, цифровой трансформации управления образовательным процессом, обеспечения преемственности и интеграции образовательных уровней. Цифровой след, формируемый в ходе взаимодействия с электронной информационно-образовательной средой и иными цифровыми ресурсами образовательных организаций в сети Интернет (сайт, страницы в социальных сетях, мессенджерах), открывает возможности для анализа данных об образовательном процессе и участниках образовательных отношений, однако требуется выработка системных подходов к его анализу и использованию в условиях цифровой трансформации образования, в том числе учитывающих требования законодательства к персональным данным, этические аспекты и аспекты безопасности. В статье рассмотрены перспективы анализа цифровых данных в сообществах образовательной организации в социальных сетях с использованием методов анализа данных и машинного обучения, а также представлен практический пример анализа данных в таких сообществах в социальной сети ВКонтакте с помощью API.

Заключение. Полученные результаты могут использоваться как в целях первичного изучения анализа цифрового следа, так и в качестве основы разработки системы формирования образовательной аналитики. Практическое применение результатов будет способствовать цифровой трансформации управления образовательным процессом.

Ключевые слова: цифровой след, образование, цифровизация образовательной системы, социальные сети, искусственные нейронные сети, анализ образовательных данных.

Alla.V. Kalinichenko

North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, Russia

Analysis of the Digital Footprint in the Communities of an Educational Organization in Social Networks in the Context of Digital Transformation of the Educational Environment

The purpose of the study. The digitalization of education implies large-scale transformations encompassing the implementation of digital technologies at every level of general and vocational education, as well as continuing education, as well as changes in the interactions of all participants in the educational process. One of the six key challenges addressed by the Education development strategy to 2036 is the rapid spread of digital technologies and artificial intelligence. The aim of this study is to determine the role of digital traces generated

during the educational process as a tool for digital transformation in educational management, as well as to demonstrate the practical implementation of digital trace processing using the VKontakte social network API and data analysis methods (Educational Data Mining).

Materials and methods. The theoretical and methodological basis for the study was formed by the works of Russian and international researchers in the field of digital data analysis arising during the educational process. The study utilized natural language processing

techniques, and libraries for the Python programming language such as pandas, numpy, matplotlib, and others. The empirical portion of the study is based on the analysis of the digital footprint of the educational organization's communities on the social network VKontakte, represented as unstructured text.

Results. Research shows that large volumes of heterogeneous digital trace data, including those presented in the form of semi-structured data, inevitably arise in the context of the digitalization of education and ensuring the information openness of educational organizations. This data is of interest for educational analytics used to address issues related to the digital transformation of the educational process, the digital transformation of educational management, and the continuity and integration of educational levels. The digital trace generated through interactions with the electronic information and educational environment and other digital resources of educational organizations on the Internet (websites, social media pages, and instant messaging apps) opens up opportunities for analyzing data on the educational

process and participants in educational relationships. However, systematic approaches to its analysis and use in the context of the digital transformation of education are required, including those that take into account legal requirements for personal data, ethical aspects, and security aspects. This article examines the prospects for analyzing digital data in educational organization communities on social media using data analysis and machine learning methods and presents a practical example of data analysis in such communities on the social network VKontakte using an API.

Conclusion. The obtained results can be used both for initial studies of digital footprint analysis and as a basis for developing a system for generating educational analytics. Practical application of the results will facilitate the digital transformation of educational management.

Keywords: digital footprint, education, digitalization of the educational system, social media, artificial neural networks, Educational Data Mining.

Введение

Цифровизация образования подразумевает масштабные преобразования, охватывающие внедрение цифровых технологий на каждом уровне общего и профессионального образования, дополнительного образования, а также изменения во взаимодействии всех участников учебного процесса. Отметим, что одним из шести ключевых вызовов, на которые призвана ответить Стратегия развития образования до 2036 года, является стремительное распространение цифровых технологий и искусственного интеллекта.

В соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных стандартов по программам высшего, среднего профессионального образования, федеральных государственных требованиям к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре обучающиеся в течение всего периода обучения должны быть обеспечены индивидуальным доступом к электронной информационно-образовательной среде, которая предусматривает, в том числе наличие доступа к учебным планам, рабочим программам дисциплин, программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, обозначенным в рабочих программах дисциплин, про-

граммах практик; формирование электронного портфолио. Образовательные организации поддерживают информационные ресурсы, содержащие информацию об их деятельности, путем размещения их в информационно-телекоммуникационных сетях, в том числе на официальном сайте образовательной организации в сети «Интернет» в соответствии с требованиями ФЗ №273 «Об образовании в Российской Федерации» к информационной открытости. Также отметим, что государственные и муниципальные образовательные организации должны иметь официальную страницу в социальных сетях в соответствии с №8-ФЗ от 09.02.2009 «Об обеспечении доступа к информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления».

В ходе работы с электронной информационно-образовательной средой и иными ресурсами образовательной организации в сети Интернет (сайт, страницы в социальных сетях, мессенджерах) участники образовательных отношений оставляют цифровой след. Формируемый цифровой след открывает возможности для анализа данных об образовательном процессе и участниках образовательных отношений, однако требуется выработка системных подходов к его анализу и использованию в условиях цифровой трансформации

образования, что обуславливает актуальность исследования.

В настоящей работе рассмотрим один из источников формирования цифрового следа — образовательные сообщества в социальных сетях, а также направления его анализа.

Перед тем, как перейти непосредственно к цифровому следу, отметим некоторые тенденции влияния социальных сетей на образовательную деятельность, которые отмечают российские и зарубежные исследователи.

В исследованиях [1, 2] отмечается демократизирующий эффект социальных медиа ресурсов в академической среде, переход к новым моделям педагогического взаимодействия. Авторами работы [3] результаты анализа коммуникаций следа в сообществах образовательной организации в социальных сетях обозначены такие тенденции, как: «размывание временных границ» учебного процесса, в результате чего взаимодействие ограничивается рамками аудиторных занятий и приобретает характер непрерывного обмена информацией; распространение новых моделей педагогического взаимодействия, в которых вертикаль «преподаватель-студенты» дополняется горизонтальными связями; изменение характера учебных материалов, которые становятся более фрагментированными, визуализированными.

В работе [4] исследуются проблемы интеграции системы образования и рынка труда для содействия трудоустройству выпускников университетов и колледжей, а также ИТ-решения для формирования цифрового профиля молодого специалиста, включающего, как профессиональные навыки, представленные в веб-портфолио, с оценкой и подтверждением преподавателями уровня выполненной работы, так и личностные навыки.

Обратимся к работам, направленным на исследование непосредственно цифрового следа, формируемого в образовательных сообществах в социальных сетях.

Авторы работы [5], опираясь на анализ цифрового следа студентов в социальных сетях, дают оценку влияния на поведение и результаты обучения различных видов контекста и взаимодействия вне формальной учебной среды.

Авторами работы [6] предложена архитектура системы анализа текстовой информации размещенной в общем доступе в социальной сети «ВКонтакте», позволяющая выполнять мониторинг информации, представленной в текстовой форме, выявлять тренды, а также анализировать запросы обучающихся. В статье [7] автор приводит пример анализа журнала событий электронного курса, демонстрирующий практическую применимость технологий обработки Big Data к задачам анализа цифрового следа. Возможность определения степени мотивационной включенности в учебный процесс на основе анализа цифрового следа обучающегося представлена авторами работы [8].

М. С. Дьяченко и А. Г. Леонов в работе [9] отмечают, что «разработка и внедрение автоматизированных электронных образовательных сред и платформ создает предпосылки для формирования деталь-

ных данных об образовательном процессе обучающегося за все время его обучения, то есть происходит формирование сквозного цифрового следа». При комплексном подходе к рассматриваемой задаче цифровой след может стать фундаментом для построения цифрового двойника обучающегося [10].

Предложенная авторами работы [11] методика анализа цифровых следов студентов в социальной сети ВКонтакте позволяет выполнять оценку удовлетворенности студентов качеством учебного процесса, а также отслеживать появление проблем, вызывающих сильные реакции со стороны студенческого сообщества.

Стоит отметить, что анализ цифрового следа применяется и для решения задачи обеспечения безопасности цифровых ресурсов образовательной организации. В исследовании [12] представлен опыт анализа цифрового следа в обеспечении информационной безопасности информационно-образовательной системы университета путем выявления аномального поведения пользователей. На важность вопросов безопасности и этических аспектов при работе с цифровым следом акцентируют внимание авторы работ [13, 14].

Цель настоящего исследования состоит в определении роли цифровых следов, формируемых в ходе реализации образовательного процесса, как одного из инструментов цифровой трансформации управления образовательным процессом.

Научная значимость работы заключается в создании теоретической и методической основы для анализа цифровых следов, возникающих в ходе реализации образовательного процесса. Практическое применение результатов будет способствовать цифровой трансформации управления образовательным процессом.

Теоретико-методологическую базу для исследования составили работы отечественных и зарубежных исследователей в области анализа цифровых данных, образующихся в ходе реализации образовательного процесса. В работе использованы методы обработки естественного языка, такие библиотеки языка программирования Python, как pandas, numpy, matplotlib и др. Эмпирическая часть исследования основывается на анализе цифрового следа в сообществах образовательной организации в социальной сети ВКонтакте.

Цифровой след как инструмент цифровой трансформации управления образовательным процессом

В исследованиях, посвященных изучению цифрового следа, возникающего в ходе реализации образовательного процесса, прослеживаются следующие основные векторы использования цифрового следа: цифровая трансформация образовательного процесса, цифровая трансформация управления образовательным процессом [15], обеспечение преемственности и интеграции образовательных уровней [16].

Согласно Стандарту цифрового следа в образовании, разработанному Университетом 20.35 [17] цифровой след – это «данные об образовательной, профессиональной или иной деятельности человека, представленные в электронной форме».

На рис. 1 изображена роль цифрового следа, образующегося в ходе реализации образовательного процесса, как одного из инструментов цифровой трансформации управления образовательным процессом.

Основными источниками цифрового следа являются данные, возникающие в процессе взаимодействия пользователей с электронной образовательной средой, библиотечными

ресурсами, ресурсами образовательной организации в сети Интернет: сайт; страницы в социальных сетях и мессенджерах; опросы обучающихся, научно-педагогических работников, работодателей; данные форм обратной связи; данные систем контроля управления доступом.

Формируемый цифровой след может быть как активным, так и пассивным. Активный цифровой след образуется в результате публикации учебных материалов/заданий/анонсов мероприятий и другой информации. Эти публикации создают основу для дальнейшего взаимодействия и обсуждения, выражающегося в комментариях, лайках, репостах и иных формах обратной связи. Пассивный цифровой след образует, например, история посещенных страниц.

Применяемые в дальнейшем методы анализа цифрового следа и зависят от того, какие именно компоненты цифрового следа доступны. Авторы исследования [18] выделяют следующие компоненты цифрового следа: технико-технологический, личностно-психологический, поведенческий, компетентностный, деятельностный, коммуникативный, рефлексивный.

При решении задач анализа образовательных данных, к которым относится и цифровой след, образующийся в ходе образовательного процесса, широкое применение находят:

- методы классификации (например, для прогнозирования успеваемости, анализа вовлеченности),
- методы кластеризации (например, для формирования кластеров обучающихся, схожих по заданным признакам),
- методы регрессионного анализа (например, выявление ключевых факторов, влияющих на вовлечение студентов в обсуждение образовательного контента в виртуальном пространстве),

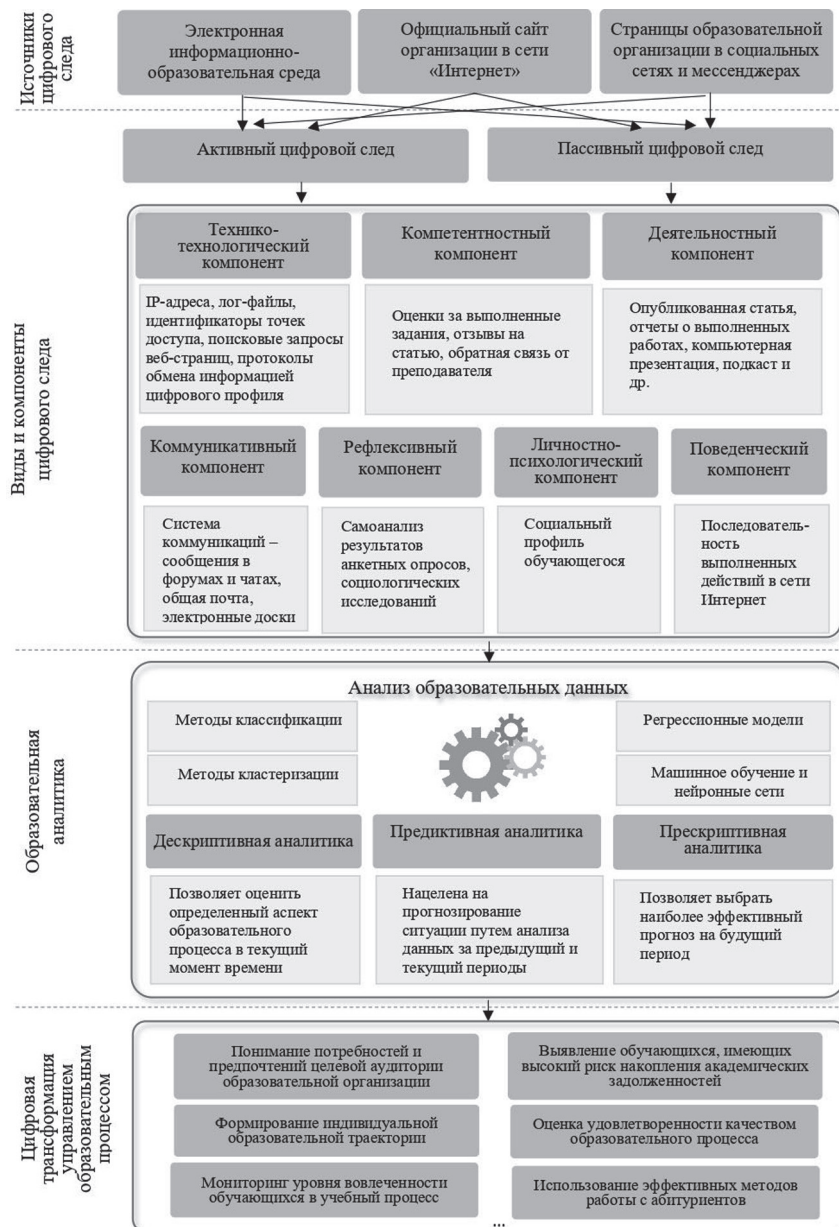


Рис. 1. Цифровой след, как инструмент цифровой трансформации управления образовательным процессом

Fig. 1. Digital footprint as a tool for digital transformation of educational process management

– аппарат искусственных нейронных сетей (например, анализ эмоционального состояния участников сообщества) и др.

Применяемые методы зависят от поставленной задачи и особенностей данных, составляющих цифровой след. Это могут быть структурированные данные, но все чаще приходится иметь дело с неструктурированными или слабоструктурированными данными. Обработка таких данных требует применения инноваци-

онных подходов. В частности, активный цифровой след в социальных сетях могут составлять тексты на естественном языке (посты и комментарии), изображения, смайлы и др.

Дескриптивная, предиктивная и прескриптивная образовательная аналитика (Learning analytics), получаемая в результате анализа цифрового следа, может быть использована в решении таких задач цифровой трансформации образовательного процесса, как: определение эффективных методов

работы с различными категориями абитуриентов, выявление интересов обучающихся; вовлечение обучающихся во внеучебную деятельность в соответствии с интересам; понимание потребностей и предпочтений целевой аудитории образовательной организации; формирование индивидуальной образовательной траектории; выявление обучающихся, имеющих высокий риск накопления академических задолженностей; оценка удовлетворенности обучающихся качеством образовательного процесса; понимание потребностей и предпочтений целевой аудитории образовательной организации путем оценки семантической схожести постов и др.

Пример анализа цифрового следа в сообществе образовательной организации в социальной сети ВКонтакте

API социальной сети ВКонтакте представляет собой интерфейс, предоставляющий возможность получать информацию из базы данных данной социальной сети, используя https-запросы к серверу.

Программный интерфейс ВКонтакте предоставляет широкие возможности для работы с данными сообществ от базовой информации о сообществе до детальной статистики и активности пользователей, в таблице представлены некоторые из них.

На рис. 2 показан фрагмент кода, который позволяет подключиться к сообществу, используя библиотеку vk-requests для работы с API социальной сети «ВКонтакте», и получить тексты постов и комментариев к ним. В качестве параметра метода create_api необходимо указать ключ доступа, который позволяет идентифицировать отправителя запроса, а также его права доступа. При работе с API ВКонтакте могут ис-

Некоторые методы программного интерфейса ВКонтакте для работы с данными сообществ
Some methods of the VKontakte software interface for working with community data

Наименование метода	Параметры метода	Результат
stats.get	– ID сообщества – group_id; – начальная и конечная даты получаемой информации – date_from и date_to; – блоки статистики, которые нужно получить – stats_groups.	Показатели сообщества за указанный период: количество подписок и отписок, позитивных и негативных действий и реакций, число просмотров и посетителей, охват.
video.getComments	– ID пользователя или сообщества – owner_id; – ID видео – video_id; – необходимость выгружать данные по лайкам к комментариям – need_likes; – ID комментария, начиная с которого нужно выгружать данные – start_comment_id; – количество выгружаемых комментариев – count.	Количество и массив с комментариями и дополнительными данными по ним
users.get	– ID или короткие имена пользователей, информацию о которых необходимо получить – user_ids или screen_name; – список полей профилей, из которых нужны данные – fields.	Массив объектов пользователей с информацией о них. С помощью users.get можно собрать имена, фамилии и даты рождения, данные из разделов страницы «О себе», «Деятельность», «Карьера», количество друзей, фотоальбомов, видеозаписей и т. д.
wall.get	– ID сообщества – owner_id; – короткий адрес группы – domain; – количество публикаций, которые необходимо выгрузить – count.	Количество выгруженных постов и массив объектов, записей на стене сообщества, с данными по каждому: количеством комментариев, лайков, репостов, просмотров и т. д.

```
import json
import vk_requests

api = vk_requests.create_api(service_token = КЛЮЧ_ДОСТУПА)
domain = КОРОТКИЙ_АДРЕС_ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ_ИЛИ_СООБЩЕСТВА
owner = ИДЕНТИФИКАТОР_ВЛАДЕЛЬЦА_СТРАНИЦЫ
texts = []
res_wall = api.wall.get(access_token = token, domain = display_name)

for post in res_wall['items']:
    if post['comments']['count'] > 0:
        comments.append(api.wall.getComments(owner_id = owner, post_id=post['id']))
        texts.append({'text' : post['text'], 'comments' : api.wall.getComments(owner_id = owner, post_id=post['id'])})
    else:
        texts.append({'text' : post['text'], 'comments' : ''})

with open("data.json", "w", encoding="UTF-8") as file_out:
    json.dump(texts, file_out, ensure_ascii=False, indent=2)
```

Рис. 2. Фрагмент кода, позволяющий, используя библиотеку vk-requests для работы с API социальной сети «ВКонтакте»
Fig. 2. A code snippet that allows using the vk-requests library to work with the API of the VKontakte social network

пользоваться сервисный ключ доступ, ключи пользователя или сообщества.

Как в случае с постами, так и в случае с комментариями, мы имеем дело с неструктурированной информацией, содержащей текст, картинки, смайлы.

Рассмотрим процесс дальнейшей обработки данных, полученных с помощью API Вконтакте, на примере оценки семантической схожести текстового содержимого постов и комментариев к постам образовательной организации. Для автоматизированного сбора и анализа данных достаточно широко используется язык программирования Python, а также библиотеки Numpy, Pandas, matplotlib, NLTK, SpaCy и другие.

Оценка семантической схожести постов позволяет выявить повторяющиеся идеи, темы и сообщения, что может быть полезно для понимания потребностей и предпочтений целевой аудитории образовательной организации. Выполнить оценку семантической схожести постов/учебных материалов в социальных сетях позволяют методы обработки естественного языка. В зависимости от необходимой глубины анализа текстовой информации и имеющихся программно-аппаратных ресурсов применяются различные алгоритмы вычисления семантического сходства текстов [19–21], например:

- TF-IDF, оценивающий важность термина относительно документа и всего набора документов;

- Word Embeddings (word2vec), использующий векторное представление слов для оценки близости понятий даже если слова разные;

- большие языковые модели (BERT, Bidirectional Encoder Representations from Transformers), позволяющие анализировать контексты и устанавливать семантические

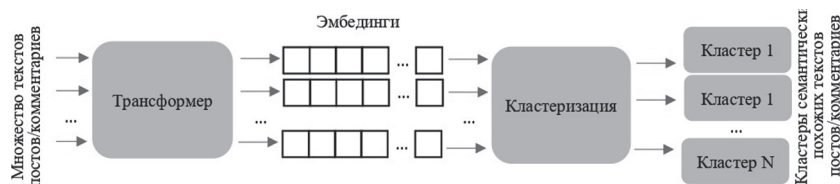


Рис. 3. Процесс формирования кластеров семантически похожих текстов постов или комментариев

Fig. 3. The process of forming clusters of semantically similar texts of posts or comments

отношения между словами и выражениями.

Для оценки семантической схожести постов, будем использовать нейронную сеть с архитектурой трансформер. Нейронные сети с данной архитектурой отличаются хорошей долгосрочной памятью и способностью учитывать контекст, что делает их подходящими для решения задачи семантического сходства. Входными данными для предобученной нейронной сети будут являться тексты постов, выходными — их векторные представления — эмбединги. Достаточно широкие возможности для подбора предобученных нейронных сетей предоставляет портал <https://huggingface.co>. Схематично данный процесс представлен на рис. 3.

Сходство между двумя текстами постов определяется на основании значения функции метрики, вычисленной для соответствующей пары векторов эмбедингов, например, косинусное расстояние, — метрика, которая измеряет угол между двумя ненулевыми векторами в n -мерном пространстве.

$$\text{similarity} = \cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}},$$

где A и B — n -мерные вектора, θ — угол между ними.

Тексты постов можно группировать на основе их семантического сходства с помощью алгоритма кластеризации, в результате чего получим кла-

стеры семантически похожих текстов постов или комментариев.

Заключение

В статье рассмотрены перспективы анализа цифрового следа как инструмента цифровой трансформации образовательного процесса. Обозначены основные источники формирования цифрового следа в ходе реализации образовательного процесса: электронная информационно-образовательная среда, официальный сайт образовательной организации в сети «Интернет», социальные сети и мессенджеры и др.

Рассмотрены основные направления применения цифрового следа в контексте трансформации управления образовательным процессом: определение эффективных методов работы с различными категориями абитуриентов, выявление интересов обучающихся; вовлечение обучающихся во внеучебную деятельность в соответствии с интересам; понимание потребностей и предпочтений целевой аудитории образовательной организации; формирование индивидуальной образовательной траектории; выявление обучающихся, имеющих высокий риск накопления академических задолженностей; оценка удовлетворенности обучающихся качеством образовательного процесса; понимание потребностей и предпочтений целевой аудитории образовательной организации путем оценки семантической схожести постов и др. Представлен прак-

тический пример анализа данных в сообществах в социальной сети ВКонтакте с помощью API.

Цифровой след является одним из инструментов не только цифровой трансформации образовательного процесса, но и цифровой трансформации управления образовательным процессом, а также обеспечения преемствен-

ности и интеграции образовательных уровней. В связи с чем требуется выработка системных подходов к его анализу и использованию в условиях цифровой трансформации образования, в том числе учитывающих требования законодательства к персональным данным, этические аспекты и аспекты безопасности.

Литература

1. Лукьянова О.В. Педагогическое взаимодействие в цифровой среде. М.: МПГУ, 2019. 168 с.
2. Демкин В.П., Руденко Т.В. Дистанционные технологии в образовании. Томск: ТГУ, 2015. 156 с.
3. Амиралиев А.Д., Магомедова П.И., Озмирова Э.М. Как платформы социальных сетей могут использоваться для взаимодействия между студентами и преподавателями // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2025. № 6. С. 13–18. DOI: 10.24412/2220-2404-2025-6-40.
4. Panyukova S.V. Formation of a Student's Digital Profile for Presentation in the Labor Market // International conference on innovative approaches to the application of digital technologies in education and research. 2025. № 1222. С. 529–537. DOI: 10.1007/978-3-031-78776-8_54.
5. Ng E.Y.L., Law N., Yuen A.H.K. Understanding learner lives through digital footprints, in: Proceedings of the Technology, Mind, and Society conference (TECHMINDSOCIETY18). New York: AC, 2018. DOI: 10.1145/3183654.3183708.
6. Лехов К.А., Сперанский Д.Д., Митрохин М.А., Карамышева Н.С. Система извлечения и анализа текстовых данных из социальных сетей для образовательного учреждения // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021. № 1(37). С. 128–136. DOI: 10.21685/2227-8486-2021-1-11.
7. Шамсутдинова Т.М. Цифровой след как источник больших данных (Big Data) в образовании // Открытое образование. 2024. № 28(6). С. 13–21. DOI: 10.21686/10.21686/1818-4243-2024-6-13-21.
8. Крылова М.А. Изучение мотивационной включенности студентов в учебную деятельность на основе цифрового следа // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. 2021. № 4(57). С. 77–86. DOI: 10.26456/vtspysped/2021.4.077.
9. Дьяченко М.С., Леонов А.Г. Цифровой след в образовании как драйвер профессионального роста в цифровую эпоху // E-Management. 2022. № 5(4). С. 23–30. DOI: 10.26425/2658-3445-2022-5-4-23-30.
10. Вилкова К.А., Лебедев Д.В. Адаптивное обучение в высшем образовании: за и против. М.: НИУ ВШЭ, 2020. 36 с.
11. Криштал М. М., Богданова А. В., Мягков М. Г., Александрова Ю. К. Цифровой след:

оценка удовлетворённости студентов качеством образования // Высшее образование в России. 2024. № 33(2). С. 89–108. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-89-108.

12. Lakhno V., Kurbaiyazov N., Lakhno M., Kryvoruchko O., Desiatko A., Tsiutsiura S., Tsiutsiura M. Analysis of digital footprints associated with cybersecurity behavior patterns of users of University Information and Education Systems // International journal of electronics and telecommunications. 2024. № 70(3). С. 673–682. DOI: 10.24425/ijet.2024.149596.

13. Гасанов И.З., Ликсаков М.В. Эффективная работа с данными сообществ на примере API ВКонтакте // Инновации и инвестиции. 2023. № 6. С. 144–146.

14. Останина Е.А., Поколодина Е.В. Оценка цифрового следа участника интернет-взаимодействий с применением методов математической статистики // Открытое образование. 2025. № 29(4). С. 64–74. DOI: 10.21686/1818-4243-2025-4-64-74.

15. Калиниченко А.В. Цифровой след студента в электронной образовательной среде: цели и инструменты анализа // Актуальные проблемы педагогики. 2025. С. 68–72.

16. Мантуленко В.В. Перспективы использования цифрового следа в высшем образовании // Преподаватель XXI век. 2020. № 3-1. С. 32–42. DOI: 10.31862/2073-9613-2020-3-32-42.

17. Стандарт организации. Стандарт цифрового следа 1.0.3 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://standard.2035.university/>.

18. Вайндорф-Сысоева М.Е., Пчелякова В.В. Перспективы использования цифрового следа в образовательном и научном процессах // Вестник Мининского университета. 2021. Т. 9. № 3. С. 1–14. DOI: 10.26795/2307-1281-2021-9-3-1.

19. Калиниченко А.В. Диалоговый метод автоматизации поиска семантически похожих документов // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2012. № 8(8). С. 15–17.

20. Калиниченко А.В. Подход к поиску семантически похожих документов // Информационные технологии моделирования и управления. 2012. № 1(73). С. 60–65.

21. Gerardo Bárcena Ruiz, Richard De Jesús Gil Herrera. Textual emotion detection with complementary BERT transformers in a Condorcet's Jury theorem assembly // Knowledge-Based Systems. 2025. № 326. С. 1–17. DOI: 10.1016/j.knsys.2025.114070.

References

1. Luk'yanova O.V. Pedagogicheskoye vzaimodeystviye v tsifrovoy srede = Pedagogical Interaction in the Digital Environment. Moscow: Moscow State Pedagogical University; 2019. 168 s. (In Russ.)
2. Demkin V.P., Rudenko T.V. Dstantsionnyye tekhnologii v obrazovanii = Distance Learning Technologies in Education. Tomsk: Tomsk State University; 2015. 156 p. (In Russ.)
3. Amiraliyev A.D., Magomedova P.I., Ozdamirova E.M. How Social Media Platforms Can Be Used for Interaction between Students and Teachers. *Gumanitarnyye, sotsial'no-ekonomicheskiye i obshchestvennyye nauki* = Humanitarian, Socio-Economic, and Social Sciences. 2025; 6: 13-18. DOI: 10.24412/2220-2404-2025-6-40. (In Russ.)
4. Panyukova S.V. Formation of a Student's Digital Profile for Presentation in the Labor Market. International conference on innovative approaches to the application of digital technologies in education and research. 2025; 1222: 529-537. DOI: 10.1007/978-3-031-78776-8_54.
5. Ng E.Y.L., Law N., Yuen A.H.K. Understanding learner lives through digital footprints, in: Proceedings of the Technology, Mind, and Society conference (TECHMINDSOCIETY18). New York: AC; 2018. DOI: 10.1145/3183654.3183708.
6. Lekhov K.A., Speranskiy D.D., Mitrokhin M.A., Karamysheva N.S. A system for extracting and analyzing text data from social networks for an educational institution. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society. 2021; 1(37): 128-136. DOI: 10.21685/2227-8486-2021-1-11. (In Russ.)
7. Shamsutdinova T.M. Digital footprint as a source of big data in education. *Otkrytoye obrazovaniye* = Open education. 2024; 28(6): 13-21. DOI: 10.21686/10.21686/1818-4243-2024-6-13-21. (In Russ.)
8. Krylova M.A. Study of students' motivational engagement in educational activities based on a digital footprint. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pedagogika i psikhologiya* = Bulletin of Tver State University. Series: Pedagogy and Psychology. 2021; 4(57): 77-86. DOI: 10.26456/vtspyped/2021.4.077. (In Russ.)
9. D'yachenko M.S., Leonov A.G. Digital footprint in education as a driver of professional growth in the digital age. *E-Management* = E-Management. 2022; 5(4): 23-30. DOI: 10.26425/2658-3445-2022-5-4-23-30. (In Russ.)
10. Vilkova K.A., Lebedev D.V. Adaptivnoye obucheniye v vysshem obrazovanii: za i protiv = Adaptive learning in higher education: pros and cons. Moscow: National Research University Higher School of Economics; 2020. 36 p. (In Russ.)
11. Krishtal M.M., Bogdanova A.V., Myagkov M.G., Aleksandrova Yu.K. Digital footprint: assessing student satisfaction with the quality of education. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* = Higher education in Russia. 2024; 33(2): 89-108. DOI: 10.31992/0869-3617-2024-33-2-89-108. (In Russ.)
12. Lakhno V., Kurbaizayov N., Lakhno M., Kryvoruchko O., Desiatko A., Tsiutsiura S., Tsiutsiura M. Analysis of digital footprints associated with cybersecurity behavior patterns of users of University Information and Education Systems. *International journal of electronics and telecommunications*. 2024; 70(3): 673-682. DOI: 10.24425/ijet.2024.149596.
13. Gasanov I.Z., Liksakov M.V. Efficient work with community data using the VKontakte API. *Innovatsii i investitsii* = Innovations and Investments. 2023; 6: 144-146. (In Russ.)
14. Ostanina Ye.A., Pokolodina Ye.V. Assessing the digital footprint of an online participant using mathematical statistics methods. *Otkrytoye obrazovaniye* = Open Education. 2025; 29(4): 64-74. DOI: 10.21686/1818-4243-2025-4-64-74. (In Russ.)
15. Kalinichenko A.V. Digital Footprint of a Student in the Electronic Educational Environment: Goals and Tools of Analysis. *Aktual'nyye problemy pedagogiki* = Actual Problems of Pedagogy. 2025; 68-72. (In Russ.)
16. Mantulenko V.V. Prospects for Using the Digital Footprint in Higher Education. *Prepodavatel' XXI vek* = Teacher XXI Century. 2020; 3-1: 32-42. DOI: 10.31862//2073-9613-2020-3-32-42. (In Russ.)
17. Standart organizatsii. Standart tsifrovogo sleda 1.0.3 = Organization Standard. Digital Footprint Standard 1.0.3 [Elektron. resurs]. *Rezhim dostupa: https://standard.2035.university/*. (In Russ.)
18. Vayndorf-Sysoyeva M.Ye., Pchelyakova V.V. Prospects for Using the Digital Footprint in the Educational and Scientific Processes. *Vestnik Mininskogo universiteta* = Bulletin of Minin University. 2021; 9 ; 3: 1-14. DOI: 10.26795/2307-1281-2021-9-3-1.
19. Kalinichenko A.V. Dialog method for automating the search for semantically similar documents. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = Bulletin of the Voronezh State Technical University. 2012; 8(8): 15-17. (In Russ.)
20. Kalinichenko A.V. Approach to searching for semantically similar documents. *Informatsionnyye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya* = Information Technologies of Modeling and Control. 2012; 1(73): 60-65. (In Russ.)
21. Gerardo Bárcena Ruiz, Richard De Jesús Gil Herrera. Textual emotion detection with complementary BERT transformers in a Condorcet's Jury theorem assembly. *Knowledge-Based Systems*. 2025; 326: 1-17. DOI: 10.1016/j.knosys.2025.114070.

Сведения об авторе

*Алла Викторовна Калиниченко
Северо-Осетинский государственный
университет имени К.Л. Хетагурова,
Владикавказ, Россия
Эл. почта: kalinichenkoalla@mail.ru*

Information about the author

*Alla V. Kalinichenko
North Ossetian State University
named after K.L. Khetagurov
Vladikavkaz, Russia
E-mail: kalinichenkoalla@mail.ru*



Оптимальная оценка состояния производственного оборудования на основе анализа рекламаций

Целью исследования является разработка методов оптимальной по критерию максимального правдоподобия оценки неизвестных неслучайных факторов, влияющих на качество производственного оборудования, а также случайных факторов по критерию минимума среднеквадратической ошибки на основе обработки информации, связанной с поступившими рекламациями с применением математической теории случайных точечных процессов и теории статистических решений.

Метод исследования состоит в применении известной гипотезы о распределении времени наработки на отказ технических систем в виде экспоненциального распределения, зависящего от функции интенсивности отказов. Использован тот факт, что соответствующее распределение числа отказов распределено по пуассоновскому закону с этой же функцией интенсивности отказов. Сделано предположение о том, что функция интенсивностей зависит не только от времени, но и от совокупности неизвестных неслучайных параметров, или от случайных параметров. Подчеркивается, что такие факторы могут отражать обобщенное состояние технической системы, а информация об этом может быть заключена в фактах предъявления рекламаций на продукцию. Поставлена задача оптимальной оценки параметров, от которых зависит функция интенсивности отказов. Поскольку в данной постановке задачи обработке доступны только факты предъявления рекламаций, а также времена их предъявления, то для оптимальной оценки неслучайных параметров применен метод максимума функции правдоподобия, а для случайных — оптимальный фильтр Калмана. Рассмотрена задача оптимальной оценки неизвестных параметров с мультипликативно сепарабельной функции интенсивности отказов, т.е. такой, которая представима в виде произведения отдельно функции времени и функции вектора неизвестных параметров. Показано, что для такой функции задача оптимальной оценки сводится к

задаче оценки одного скалярного параметра, масштабирующего функцию времени. Известный алгоритм Калмана для непрерывных параметров применен для случая наблюдаемого процесса в виде числа событий предъявления рекламация и времени их появления. Примеры оценки как неизвестного, так и случайного фактора, приведены для единых реальных данных о пороках ткани, и подтверждают работоспособность алгоритмов и их применимости для простейших оценок состояния производственного оборудования.

Новыми результатами исследования являются постановка задачи исследования функции интенсивности отказов, зависящей от совокупности неизвестных неслучайных или случайных параметров, применение методов максимального правдоподобия и алгоритма Калмана для оптимальной оценки этих параметров, а также доказательство утверждения о том, что для сепарабельной функции интенсивностей отказов оптимальная оценка неслучайных параметров сводится к оценке скалярной величины, масштабирующей зависящую от времени функцию интенсивности.

В заключении указывается, что примеры оценки факторов, влияющих на функцию интенсивности отказов, подтверждает работоспособность алгоритма и его применимости для простейших оценок состояния производственного оборудования. Отдельной задачей является разработка аналитических выражений для функции интенсивности отказов, зависящей от параметров, а также методов сравнения оценок, полученных различными методами. Решение этих задач позволит разработать методы уточнения состояния производственного оборудования.

Ключевые слова: надежность технических систем, функция интенсивности отказов, экспоненциальное распределение, пуассоновский процесс, оценка максимального правдоподобия, алгоритм Калмана.

Alexander A. Solodov¹, Tatyana G. Trembach²

¹ Russian State University A. N. Kosygin, Moscow, Russia

² Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

Optimal Estimation of the Condition of Production Equipment Based on the Analysis of Claims

The purpose of the study is to develop methods for optimal estimation of unknown non-random factors affecting the quality of production equipment by the criterion of maximum likelihood, as well as random factors by the criterion of minimum standard error based on the processing of information related to claims received using the mathematical theory of random point processes and the theory of statistical solutions.

The research method consists in applying the well-known hypothesis about the distribution of operating time for failure of technical systems in the form of an exponential distribution depending on the failure rate function. The fact is used that the

corresponding distribution of the number of failures is distributed according to the Poisson law with the same function of failure rates. It is assumed that the intensity function depends not only on time, but also on a set of unknown non-random parameters, or on random parameters. It is emphasized that such factors may reflect the generalized state of the technical system, and information about this may be contained in the facts of product claims. The task of optimal estimation of the parameters on which the failure rate function depends is set. Since in this formulation of the problem, only the facts of filing claims, as well as the times of their presentation, are available for processing, the maximum

likelihood function method is used for optimal estimation of non-random parameters, and the optimal Kalman filter is used for random parameters. The problem of optimal estimation of unknown parameters from a multiplicatively separable failure rate function, i.e. one that is representable as a product of a separate function of time and a vector function of unknown parameters, is considered. It is shown that for such a function, the optimal estimation problem is reduced to the problem of estimating a single scalar parameter that scales the time function. The well-known Kalman algorithm for continuous parameters is applied to the case of the observed process in the form of the number of claims' events and the time of their occurrence. Examples of evaluation of both unknown and random factors are given for unified real data on tissue defects, and confirm the operability of the algorithms and their applicability for the simplest assessments of the condition of production equipment. **The new results** include the formulation of the problem of studying a failure intensity function that depends on a set of unknown non-

random parameters, the application of the maximum likelihood method and Kalman algorithm for optimal estimation of these parameters, and the proof that for a separable failure intensity function, the optimal estimation reduces to the estimation of a scalar quantity that scales the time-dependent intensity function.

The conclusion states that examples of assessment of factors affecting the function of the failure rate confirm the operability of the algorithm and its applicability for the simplest assessments of the condition of production equipment. A separate task is to develop analytical expressions for the failure rate function that depends on parameters, as well as methods for comparing estimates obtained by different methods. Solving these tasks will make it possible to develop methods for clarifying the condition of production equipment.

Keywords: reliability of technical systems, failure rate function, exponential distribution, Poisson process, maximum likelihood estimation, Kalman algorithm.

Введение

Определению состояния производственного оборудования посвящена научная область — теория надежности со своей специфической терминологией. Имеется обширная литература, включающая фундаментальные монографии, например, А.М. Половко [1], Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьёв [2], В.А. Острейковский [3], Р.Барлоу, Ф. Прошан [4], В.А. Каштанов, А.И. Медведев [5], в которых детально рассматриваются основные аспекты теории. Обобщающими работами по теории надежности являются ГОСТы, например, [6] и справочники по надежности, например, Б.Р. Левин [7].

Дальнейшее развитие теории надежности зависит, конечно, от конкретной области применения ее фундаментальных понятий.

Так, в работе А.А. Яблонский [8] рассмотрено функционирование производственных процессов в строительстве как систем массового обслуживания с отказами, В.Д. Райзер [9] рассматривает основные положения вероятностного анализа надежности строительных конструкций.

А.Н. Чеканов [10], В.С. Пряников [11] И.М. Маликов [12] рассматривали специфические методы расчета надежности электронной и радио аппаратуры. При этом для изучения отказов отдельных элементов радиоаппаратуры часто приходится рассматривать физико-химические свойства таких элементов.

Особенно интересной и специфической является область изучения надежности программного обеспечения. Первой монографией на русском языке стала книга Г.Д. Майерса [13]. В настоящее время эту тему развивают многие авторы, например, в работе А.С. Кузнецов, С.В. Ченцова, Р.Ю. Царева [14] предложен комплекс математических моделей и алгоритмов анализа надежности программного обеспечения сложных систем с учетом их многоуровневости и распределенности архитектуры.

Анализ работ по теории надежности позволяет сделать общий вывод о том, что ключевым

при разработке приложений в различных областях, является расчет надежности элементов оборудования, аппаратуры или вычислительной архитектуры. При необходимости расчета сложных неоднородных систем, например, в космической технике, используются приближенные методы расчета для отказов определенного типа [15].

Между тем, в практике часто возникает необходимость в грубой, но простой оценке текущей надежности, а также изменений надежности в зависимости от времени. В данной работе предлагается возможный подход к решению этой задачи с использованием только событий о рекламациях, поступающих на изделие.

Общим в разработке теории надежности является предположение об экспоненциальном законе времени T наработки до отказа

$$P(T) = \lambda e^{-\lambda T}, \quad (1)$$

где λ -положительная величина, называемая интенсивностью отказов. В теории надежности величина λ является основной характеристикой, имеющей смысл среднего числа отказов за единицу времени и соответственно, размерность [отказ/время] или [1/время].

Применение соотношения (1) предполагает, что отказ является точечным событием или появлением точки на временной оси и, таким образом, устанавливает связь с математической теорией случайных точечных процессов.

Рассмотрим произвольный интервал времени $[s, t)$, такой, что $t - s = T$ и предположим, что число точек, появившихся к моментам времени t и s равно соответственно $N(t)$ и $N(s)$. Обозначим через $N(T) = N(t) - N(s)$ число точек, появившихся на этом интервале, а через $P[N(T) = n]$ вероятность того, что это число точек окажется равным n . Таким образом, единственной величиной, доступной наблюдению, фиксации, анализу, являются точки, моделирующие отказы. В соответствии с общей теорией статистических оценок далее будем называть процесс появления отказов наблюдаемым процессом.

Хорошо известно, например, В.И. Тихонов, М.А. Миронов [16], Donald L. Snyder,

Michael I. Miller [17], Р.Н. Вадзинский [18], что экспоненциальное распределение времени (1) между точками точечного процесса соответствует пуассоновскому закону распределения числа точек n на временной оси:

$$P[N(T) = n] = \frac{1}{n!} (\lambda T)^n e^{-\lambda T}, \quad (2)$$

и обратно, пуассоновское распределение числа точек (2) соответствует экспоненциальному распределению времени между точками (1).

Если теперь интенсивность отказов зависит от времени, то выражение (2) модифицируется очевидным образом:

$$P[N(T = t - s) = n] = \frac{1}{n!} \left[\int_s^t \lambda(\tau) d\tau \right]^n \exp \left(- \int_s^t \lambda(\tau) d\tau \right). \quad (3)$$

Работы, посвященные теории надежности, ограничиваются, как правило, соотношениями (2) и (3).

Сделаем ключевое предположение о том, что существует совокупность неизвестных факторов $x_1, \dots, x_n$, которые влияют на работоспособность технических систем и не зависят от времени. Такую совокупность можно представить в виде вектора

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}.$$

Очевидно, что величина $\mathbf{X}$ в зависимости от постановки задачи, может рассматриваться как неизвестная, но неслучайная величина, или как случайная.

В данной работе ограничимся только самым общим подходом и будем полагать, что вектор $\mathbf{X}$ влияет на функцию интенсивности обобщенным образом. Соответственно этому предположению и наблюдаемый процесс, т.е. появление отказов будет зависеть от $\mathbf{X}$ обобщенным образом. Такие условия возникают, например, при рассмотрении рекламаций потребителей готовой продукции, в которых, как правило, указывается только факт наличия дефекта.

Для учета наличия в постановке задачи вектора $\mathbf{X}$ введем в рассмотрение функцию интенсивности отказов $\lambda(t, \mathbf{X})$, которая теперь является известной функцией времени и переменных $x_1, \dots, x_n$.

Появление в описании функции интенсивности фактора $\mathbf{X}$ приводит к тому, что характер наблюдаемого процесса, т.е. наблюдаемых случайных величин существенно меняется, так как он оказывает влияние на интенсивность появ-

ления точек и, следовательно, на работоспособность технических систем. Необходимо еще раз отметить, что компоненты вектора $\mathbf{X}$ не наблюдаются непосредственно.

Предположение о неслучайности факторов, влияющих на интенсивность отказов, определяет и предположение о характере наблюдаемого процесса, т.е. процесса, доступного наблюдению, измерению, обработке и т.п.

Вероятность появления n отказов на протяжении времени $t-s$ при условии, что вектор $\mathbf{X}$ принял конкретное значение, выражается теперь обобщением соотношения (3):

$$P[N(t, s) = n | \mathbf{X}] = \frac{1}{n!} \left[\int_s^t \lambda(\tau, \mathbf{X}) d\tau \right]^n \exp \left(- \int_s^t \lambda(\tau, \mathbf{X}) d\tau \right). \quad (4)$$

Очевидно, что конструирование функции $\lambda(t, \mathbf{X})$ является отдельной задачей и зависит от механизмов появления отказов в различных областях функционирования продукта или изделия.

В выражении (4) вектор $\mathbf{X}$ является неизвестным неслучайным параметром вероятностного распределения. Традиционным критерием оценки таких параметров является критерий максимального правдоподобия.

Таким образом, постановка задачи в этих предположениях формулируется в следующем виде.

Необходимо на основании анализа наблюдаемых данных, представляющих собой последовательность во времени сообщений о дефектах (рекламациях) сформировать оптимальную по критерию максимального правдоподобия оценку $\mathbf{X}_{\text{opt}}$ вектора $\mathbf{X}$ для любого текущего момента времени t .

Другим, значительно более содержательным может явиться предположение о том, что вектор $\mathbf{X}(t)$ является случайным процессом, зависящим от времени. Теперь функция интенсивности отказов $\lambda[t, \mathbf{X}(t)]$ также является случайной, а пуассоновский процесс становится процессом с двойной случайностью.

Общая задача оценки случайного процесса на основании наблюдения другого, стохастически связанного с оцениваемым процессом, была изучена Р.Л. Стратоновичем [19] и Ю.Г. Сосулиным [20], которые заложили основы теории нелинейной фильтрации. Они показали, что оптимальной по критерию минимума среднеквадратической ошибки является оценка, представляющая собой условное апостериорное математическое ожидание оцениваемого процесса. Уравнения для апостериорного математического ожидания оказались весьма сложными даже для гауссовских процессов. Если имеется наблюдаемый пуассоновский процесс с

двойной случайностью, то искомая оценка принимает вид

$$X_{\text{opt}} = M[\lambda(t, X(t)) | N(s), 0 \leq s < t], \quad (5)$$

где через M обозначена процедура вычисления математического ожидания по всей доступной информации о появлениях точек, включая и времена их появления.

Нетривиальность задачи фильтрации пуассоновского процесса заключается в том, что наблюдаемые данные представляют собой дискретные события, которые происходят в случайные моменты времени, а оценке подлежит непрерывный процесс. Однако, несмотря на эту сложность, разработана общая теория непрерывной оптимальной оценки пуассоновской интенсивности, основанная на методах теории случайных процессов и фильтрации.

Для вычисления оператора (5) необходимо иметь статистические характеристики как случайной функции $X(t)$, так и процесса $N(s)$, $0 \leq s < t$.

В данной работе для простоты ограничимся линейными операторами вида (5). Это означает, что процесс $X(t)$ определяется линейным дифференциальным уравнением, в правой части которого стоит стандартный винеровский процесс, и функция $\lambda[t, (t)]$ является линейной по X .

Теория линейной фильтрации для пуассоновских процессов с двойной случайностью впервые была изложена в работе J. Grandell [21] и систематически представлена в работе Donald L. Snyder, Michael I. Miller [17]. Ниже для оценки функции надежности будем пользоваться указанными работами.

Оптимальная оценка неслучайных неизвестных факторов

Для создания математической модели неслучайных факторов, влияющих на состояние производственного оборудования, необходимо задать базовые статистические характеристики доступных наблюдению случайных величин. Для простоты проигнорируем времена появления точек и рассмотрим только их число, появившееся на интервале времени $[t_0, t)$. Очевидно, что тогда единственными наблюдаемыми величинами является количество появившихся к некоторому моменту времени точек.

Поскольку пуассоновский процесс по определению имеет статистически независимые приращения, то это означает, что число точек на неперекрывающихся временных интервалах являются независимыми случайными числами с вероятностями (4) появления точек.

Обозначим число точек, появившихся на первом интервале времени $[t_0, t_1)$ через n_1 , на втором интервале $[t_1, t_2)$ через n_2 и т.д. Таким

образом, на интервале наблюдения $[t_0, t)$ возникнет совокупность наблюдаемых данных в виде чисел $(n_1, n_2, \dots, n_k)$, n_k есть число точек на последнем, текущем интервале времени $[t_k, t)$. Вероятность наблюдать совокупность данных $(n_1, n_2, \dots, n_k)$ при заданном векторе X , равна, поэтому, произведению индивидуальных вероятностей (4):

$$\begin{aligned} P[N(t_{i-1}, t_i) = n_i, i = 1, \dots, k | X] = \\ P[N(t_{i-1}, t_i) = n_i, i = 1, \dots, k | X] = \\ = \prod_{i=1}^k \left[\frac{1}{n_i!} \left[\int_{t_{i-1}}^{t_i} \lambda(\tau, X) d\tau \right]^{n_i} \exp \left(- \int_{t_{i-1}}^{t_i} \lambda(\tau, X) d\tau \right) \right]. \quad (6) \end{aligned}$$

Вероятность (6) содержит всю статистическую информацию, получаемую при известных данных $(n_1, n_2, \dots, n_k)$ и может быть использована для формирования статистических оценок. Отметим, что в этой совокупности отсутствует информация о временах появления событий, которая, вообще говоря, может быть использована для улучшения оценок. Ниже приводятся алгоритмы фильтрации пуассоновских процессов с двойной случайностью, использующие всю доступную информацию.

Оценке параметров стохастических процессов посвящена обширная литература, причем до аналитических выражений доводятся, в основном, задачи, ограниченные непрерывными гауссовскими распределениями фигурирующих в них величин. Значительно меньше результатов известно для точечных пуассоновских случайных процессов.

Общая постановка задачи оценки факторов X состоит в следующем.

Пусть на интервале времени $[t_0, t)$ пуассоновского процесса с функцией интенсивности $\lambda(t, X)$ наблюдаются данные $(n_1, n_2, \dots, n_k)$. Необходимо на основании анализа этих данных определить наилучшим образом вектор X и, следовательно, функцию $\lambda(t, X)$.

Поскольку имеется вероятности реализации наблюдаемых данных (6), которая в терминах оценок является функцией правдоподобия, то будем применять оценку максимального правдоподобия, которая максимизирует функцию (6).

Прологарифмируем выражение (6), обозначив полученную функцию через $L(\omega)$:

$$L(\omega) = - \int_{t_0}^t \lambda(\tau, X) d\tau + \sum_{i=1}^{N(t)} n_i \ln \int_{t_{i-1}}^{t_i} \lambda(t, X) dt. \quad (7)$$

Поскольку логарифм является монотонной функцией, то отыскивать оценку максимального правдоподобия можно максимизируя по X выражение (7).

Функцию (7) будем в дальнейшем называть функцией правдоподобия. Максимизация функции правдоподобия (7) в аналитическом (конечном) виде возможна только для простей-

ших ситуаций, одна из которых рассмотрена ниже. Тем не менее, сформулированный результат позволяет применять известные численные методы отыскания экстремумов функционалов этого вида. Некоторые вычислительные аспекты максимизации функции правдоподобия (7) для практически интересных случаев рассматриваются, например, в работах М. Aoki [21], J. Markham, D. L. Snyder, and J. R. Cox. [22], J. Ortega and W. Rheinholdt [23].

В качестве простейшего частного случая рассмотрим функцию интенсивности $\lambda(t, \mathbf{X})$ с разделяющимися аргументами, т.е. которую можно представить в виде

$$\lambda(t, \mathbf{X}) = \mu(t) g(\mathbf{X}), \quad (8)$$

где функции μ и g являются известными функциями своих аргументов. Такие функции называются мультипликативно-сепарабельными или просто сепарабельными.

Функция правдоподобия (7) с учетом (8) принимает вид

$$\begin{aligned} L(\mathbf{X}) &= -\int_{t_0}^T \mu(t) g(\mathbf{X}) dt + \sum_{i=1}^{N(T)} n_i \ln \left[\int_{t_{i-1}}^{t_i} \mu(t) g(\mathbf{X}) dt \right] = \\ &= -g(\mathbf{X}) \int_{t_0}^T \mu(t) dt + \sum_{i=1}^{N(T)} n_i \ln \left[g(\mathbf{X}) \int_{t_{i-1}}^{t_i} \mu(t) dt \right] = \\ &= -g(\mathbf{X}) \int_{t_0}^T \mu(t) dt + N(T) \ln g(\mathbf{X}) + \sum_{i=1}^{N(T)} n_i \int_{t_{i-1}}^{t_i} \mu(t) dt. \end{aligned} \quad (9)$$

Вектор $\mathbf{X}_{\text{мп}}$ оптимальных по критерию максимума правдоподобия оценок параметров $\mathbf{X}$ дается, очевидно, как решение уравнения

$$\frac{\partial L(\mathbf{X})}{\partial \mathbf{X}} = 0, \quad (10)$$

причем вектор $\frac{\partial L(\mathbf{X})}{\partial \mathbf{X}}$ определяется обычным образом, как вектор градиента $L(\mathbf{X})$ по отношению к $\mathbf{X}$, т.е. i -тый элемент вектора равен

$$\left(\frac{\partial L(\mathbf{X})}{\partial \mathbf{X}} \right)_i = \frac{\partial L(\mathbf{X})}{\partial x_i}.$$

Учитывая, что последнее слагаемое в (9) не зависит от $\mathbf{X}$, и, полагая, что производная $g'_x(\mathbf{X}) \neq 0$, из (10) получим следующее соотношение

$$g(\mathbf{X}_{\text{мп}}) = \frac{N(T)}{\int_{t_0}^T \mu(\tau) d\tau}. \quad (11)$$

Соотношение (11) показывает, что оценка максимального правдоподобия отдельно для составляющих вектора $\mathbf{X}$ получена быть не может для сепарабельных функций вида (7). Это, в свою очередь, означает, что в указанной постановке задачи нет смысла в конструировании сложных зависимостей функции интенсивности от нескольких аргументов.

Это утверждение является основным результатом настоящей работы.

Сделаем замену переменной вида

$$g(\mathbf{X}_{\text{мп}}) = X_{\text{мп}} \quad (12)$$

где $x_{\text{мп}}$ — положительный скалярный аргумент, удовлетворяющий (11).

Очевидно, что такая замена приводит к простому масштабированию функции интенсивности в (8) скалярной неизвестной положительной величиной x :

$$\lambda(t, \mathbf{X}) = \mu(t) X, \quad (13)$$

оценка максимального правдоподобия $x_{\text{мп}}$ которой дается соотношением (11)

$$X_{\text{мп}} = \frac{N(t)}{\int_{t_0}^t \mu(\tau) d\tau}. \quad (14)$$

Поскольку число точек $N(t)$ является случайным, то и оценка (14) тоже является случайной. Очевидно, что математическое ожидание оценки совпадает с X , поэтому оценка является несмещенной.

Если положить в формуле (8) $\mu(t) = 1$, то получим модель неизвестной постоянной функции интенсивности $\lambda(t, \mathbf{X}) = X$ и оценка (14) принимает вид

$$X_{\text{мп}} = \frac{N(t)}{t - t_0}, \quad (15)$$

сохраняя перечисленные выше свойства.

Соотношения вида (14) и (15) широко применяются на практике для получения оценок функции интенсивности отказов. В данной работе они получены в качестве примера путем последовательного применения теории оценок максимального правдоподобия для сепарабельных функций интенсивности.

Пример.

В качестве примера применения указанных соотношений применим реальные данные, связанные с производством текстиля. С. В. Соболев в [24] привел результаты исследования различных пороков в 56 кусках ткани миткаль длиной 50 метров каждый. Всего было обнаружено 113 пороков, причем не обнаружено ни одного порока в 13 кусках, один порок в 12 кусках и т.д. Распределение числа кусков ткани с фиксированным числом пороков дается таблицей 1.

Таблица 1 / Table 1

Число пороков	0	1	2	3	4	5	6
Число кусков	13	12	10	10	6	3	2

Ясно, что пороки ткани характеризуют состояние производственного текстильного оборудования.

Для применения оценки максимального правдоподобия сделаем следующие предположения:

— Будем полагать, что число пороков распределено по пуассоновскому закону с переменной функцией интенсивности. Обоснование этого обстоятельства является отдельной задачей, которая может быть решена с применением хи квадрат критерия.

— Далее, положим, что куски ткани предъявлялись потребителю раз в неделю, поэтому размерность функции интенсивности становится равной [порок/неделя] или [1/неделя] и время, фигурирующее в приведенных соотношениях, измеряется, таким образом, в неделях.

— Распределим случайным образом появление у потребителя кусков с определенным числом пороков. Это распределение иллюстрируется на рисунке 1 ординатами, помеченными квадратами и соединенными для наглядности тонкими линиями. Таким образом, на первой неделе было 2 порока в куске, на второй 3, на третьей пороков не было и т.д. Общее число пороков на протяжении 56 недель равно 113.

На рис. 1 представлено выполненное распределение отказов по кускам ткани, а также вычисленная по формуле (15) оптимальная по критерию максимального правдоподобия оценка, обозначенная точками. Отметим, что график поведения оценки функции отказов является дискретным, т.е. представляет собой совокупность точек. Это объясняется тем, что в соответствии с (15) оценка может измениться только при появлении нового события. Понятно, что это является неудобством, поскольку желательно иметь непрерывную оценку функции интенсивности.

С точки зрения теории надежности задача принципиально решена, поскольку рассчитаны интенсивности отказов для конца каждого интервала наблюдения. На основании этого могут быть решены многие задачи теории надежности.

Однако, если ставится задача более подробной оценки текущего состояния оборудования, то необходимо разработать аналитическое выражение для функции интенсивности отказов, зависящей от совокупности факторов, влияющих на конкретные характеристики оборудования. Это, в свою очередь, может потребовать привлечения к рассмотрению физических принципов функционирования и выхода из строя как элементов систем, так и технических систем в целом.

Оптимальная оценка случайных факторов

В рамках дальнейшего анализа предполагается, что функция интенсивности $\lambda[t; X(t)]$ зависит от случайного процесса $X(t)$. Это приводит к тому, что случайный точечный процесс становится процессом с двойной случайностью, что, как уже отмечалось, усложняет задачу его оценки.

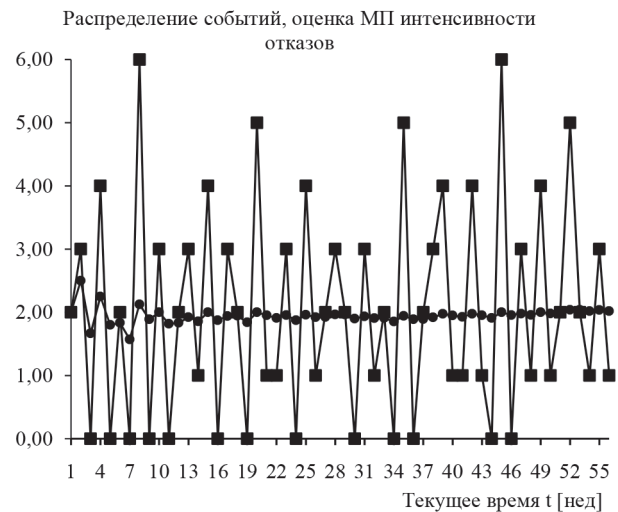


Рис. 1. Распределение числа пороков и оценка неизвестного параметра

Fig. 1. Distribution of the number of defects and evaluation of an unknown parameter

Рассмотрим постановку задачи оптимальной линейной фильтрации.

Как уже отмечалось, будем полагать, что процесс, подлежащий оценке, формируется как решение линейного дифференциального уравнения со стандартным винеровским процессом в правой части.

Проблематичным представляется вопрос о способе описания процесса $X(t)$. С одной стороны, он должен описывать характерные черты изменения факторов, влияющих на отказы, а с другой - позволять развить содержательную математическую теорию. В качестве компромисса будем полагать, что процесс $X(t)$ является одномерным и определяется следующей парой линейных соотношений:

$$dX(t) = A(t)X(t)dt + B(t)d\omega(t), X(0) = X_0, \quad (16)$$

где $A(t)$ и $B(t)$ известные функции времени, $\omega(t)$ — стандартный винеровский процесс, т.е. нормальный процесс с нулевым математическим ожиданием и дисперсией Rt , пропорциональной времени, X_0 — начальная случайная величина с нулевым математическим ожиданием.

Поскольку уравнение (16) является линейным по X , то и процесс X является гауссовским с нулевым математическим ожиданием.

Простейшая форма уравнения (16), которую будем использовать в дальнейшем, имеет вид

$$dX(t) = -\frac{1}{\tau}X(t)dt + \frac{1}{\tau}d\omega(t), X(0) = X_0. \quad (17)$$

В уравнении (18) τ является постоянной времени и определяет динамические характеристики процесса $X(t)$, а именно, уменьшение τ приводит к увеличению $dX(t)$, приращений процесса $X(t)$.

Выбор модели (17) может быть проиллюстрировано тем обстоятельством, что элемен-

тарное инерционное электрическое звено (интегрирующая цепь) на входе которого действует процесс $d\omega(t)$, описывается этим уравнением. Инерционное звено применяется в технических устройствах для приближенного интегрирования входной функции и, поэтому, сглаживания входного воздействия.

В задаче определения интенсивности отказов постоянная τ может характеризовать время реакции системы контроля качества или формирования потока рекламаций во времени.

Выберем описание функции интенсивности в виде простейшего линейного выражения

$$t, X(t)] = \lambda_0[1 + X(t)]. \quad (18)$$

Вычисляя математическое ожидание от обеих частей (17), убедимся, что λ_0 является математическим ожиданием функции $\lambda[t, X(t)]$. Поскольку функция $\lambda[t, X(t)]$ неотрицательна, то при выборе параметров уравнения (17) следует предусмотреть, чтобы с определенной вероятностью выполнялось условие

$$X(t) > -1. \quad (19)$$

Задача состоит в разработке такого алгоритма обработки наблюдаемого процесса $N(t)$ с функцией интенсивности (17), чтобы получить оптимальную по критерию минимума среднеквадратической ошибки оценку $X^*(t)$ процесса $X(t)$.

Последовательное решение сформулированной задачи, содержащееся в ранее упомянутых работах, приводит в частном случае уравнений (17) и (18) к следующей системе связанных дифференциальных уравнений, которые называются фильтром Калмана.

$$dX^*(t) = -\left(\frac{1}{\tau}\right)X^*(t)dt + D(t)[dN(t) - (1 + \lambda_0 X^*(t))dt],$$

$$X^*(0) = 0 \quad (20)$$

$$\frac{dD(t)}{dt} = \frac{-2D(t)}{\tau} + \left(\frac{R}{\tau^2}\right) - D(t)^2 \lambda_0, D(0) = D_0 \quad (21)$$

$$\lambda^*(t) = \lambda_0[1 + X^*(t)]. \quad (22)$$

В этих уравнениях $dN(t)$ является дифференциалом счетного процесса $N(t)$, который равен единице, если событие произошло на интервале времени dt и нулю в противоположном случае, $D(t)$ является текущей дисперсией ошибки оценки процесса $X(t)$. Уравнение (21) характеризуется особенностью, заключающейся в отсутствии зависимости от наблюдаемого процесса $N(t)$. Все коэффициенты данного уравнения являются априори известными величинами, что позволяет его решить аналитически до начала процедуры фильтрации. Таким образом, функция $D(t)$ может быть определена для любого значения аргумента t независимо от решения уравнения (20), что свидетельствует о независи-

мости качества оценки от характеристик наблюдаемого процесса $N(t)$.

С точки зрения математической классификации, уравнение (21) представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение первого порядка, известное как уравнение Риккати. Следует отметить, что аналитическое решение данного уравнения в общем виде не представляется возможным, что обуславливает необходимость применения численных методов для его интегрирования.

Таким образом, задача оптимальной линейной оценки в рассматриваемой постановке сводится к решению системы дифференциальных уравнений (20) и (21). Важно подчеркнуть, что алгоритм Калмана, основанный на данной системе, является оптимальным в классе линейных алгоритмов, что означает невозможность достижения более высокого качества оценки при сохранении линейности.

В задаче оценки состояния производственного оборудования теория линейной фильтрации играет важную роль. Она позволяет непрерывно оценивать функция интенсивности отказов. Это позволяет получить объективную характеристику качества оборудования в реальном непрерывном времени.

Практическое применение фильтра Калмана в области надежности оборудования позволяет непрерывно контролировать качество изделий и оперативно реагировать на изменения параметров процесса.

Очевидно, что для получения теоретического результата необходимо провести вычислительный эксперимент, моделируя поведение наблюдаемого процесса $N(t)$.

Пример.

В качестве примера применения изложенной теории рассмотрим применение фильтра Калмана для тех же реальных данных, которые были использованы при отыскании оценок максимального правдоподобия.

Организация вычислительного эксперимента состоит в следующем:

– Дифференциальные уравнения непрерывного аргумента заменены соответствующими разностными уравнениями, при этом шаг Δt численного интегрирования выбран как 0,1 [порок/неделя]. Таким образом, на интервал наблюдения в одну неделю, принятый в предыдущем параграфе, приходится десять отсчетов.

– Пороки ткани распределены по кускам в соответствии с распределением, указанным на рис. 1. Поскольку в работе С.В. Соболева [24] не указаны и моменты выявления пороков, то промоделировано и расположение пороков на оси времени размерности [неделя]. Таким образом, в эксперименте было промоделировано 560 отсчетов. На рис. 1 уже представлено распреде-

ление числа дефектов по отрезкам ткани, полученное с помощью метода случайного назначения дефектов. Кроме того, необходимо было случайным образом определить расположение каждого дефекта на оси координат. В ходе эксперимента данные процедуры были тщательно выполнены.

– Выбраны следующие значения параметров, приведенные к единице времени [неделя]: $\tau = 0,28$; $\lambda_0 = 2$.

– Для обеспечения выполнения неравенства (19) с вероятностью 0,99 параметр R, фигурирующий в уравнении (16), выбран как $R = \frac{4}{7}\tau$.

– В качестве начального условия D_0 в уравнении (21) выбрано стационарное решение D_{st} уравнения (21) при $\frac{dD(t)}{dt} = 0$, равное $D_{st} = \frac{\sqrt{1 + R\lambda_0} - 1}{\tau\lambda_0}$, которое вычисляется по уже выбранным параметрам.

На рис. 2 представлено детальное поведение (фрагмент общей картины) оптимальной оценки функции интенсивности с указанием времени появления каждого порока (рекламации). Вычисление охватывает 60 дискретных отсчетов, распределенных по шести первым отрезкам ткани, на которых зафиксировано 11 событий (пороков, рекламаций), отмеченных на оси аргумента жирными точками. Рисунок наглядно демонстрирует ключевое преимущество предложенного алгоритма, заключающееся в его способности оценивать интенсивность отказов не только в моменты их фактического появления, но и в промежутках между ними. Степень детализации зависит, очевидно, от шага численного интегрирования уравнений. Таким образом, алгоритм обеспечивает работоспособность оценки интенсивности теоретически в непрерывном времени. Это особенно актуально для оценки интенсивности появления неравномерных дефектов, то есть как частых, так и редких.

Понятно, что поскольку график представлен в единицах [порок/отсчет], то для приведения к

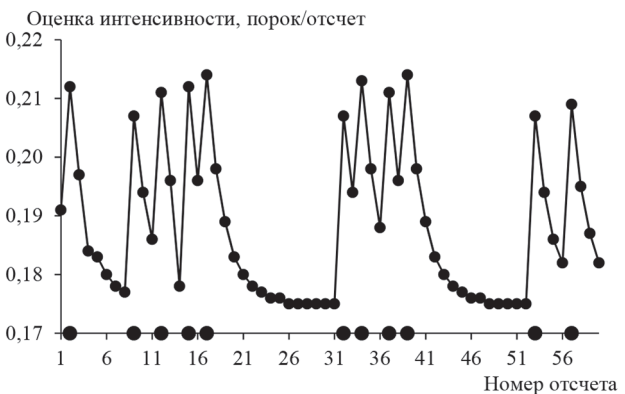


Рис. 2. Детальная оптимальная оценка интенсивности отказов

Fig. 2. Detailed optimal failure rate assessment

единицам [порок/неделю] необходимо текущие оценки умножить на 10.

На рис.3. представлено поведение оптимальной оценки функции интенсивности отказов на всем промежутке наблюдения длительностью 56 кусков или, что то же самое, недель, приведенной к размерности [дефект/кусок] или [дефект/неделя], в конце анализа каждого куска. Для наглядности на рис.3 воспроизведены числа пороков в куске ткани, совпадающие с таковыми на рис.1. Данная оценка отражает среднюю интенсивность возникновения дефектов во времени, и является случайной функцией, зависящей от конкретной реализации наблюдаемого процесса возникновения дефектов. Наблюдается очевидная корреляция оценки с наблюдаемым числом дефектов в отрезках ткани, что подтверждает работоспособность предложенного метода.

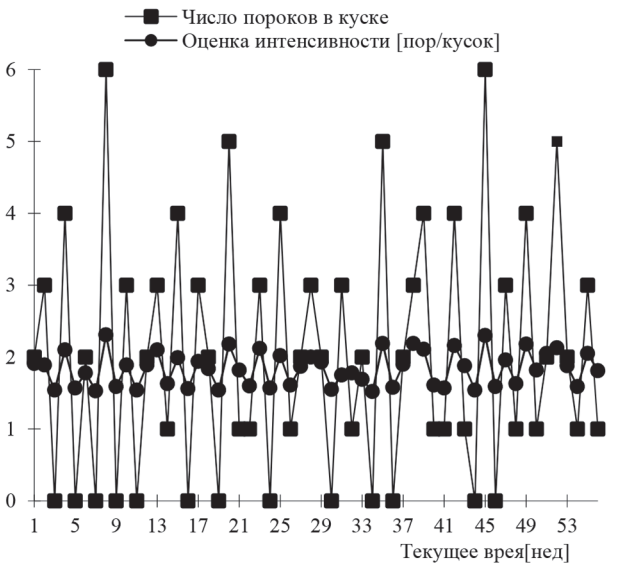


Рис. 3. Оптимальная непрерывная оценка интенсивности отказов

Fig. 3. Optimal continuous failure rate assessment

Применение алгоритмов оптимальной фильтрации представляет собой ключевой аспект в оценке прогнозируемого числа дефектов. В отличие от традиционных методов, основанных на простой формуле (15), алгоритмы фильтрации позволяют осуществлять текущую оценку состояния производственного оборудования, используя ограниченный объем наблюдаемых данных.

Оптимальные оценки, сделанные по критерию максимального правдоподобия и минимуму среднеквадратической ошибки, представленные на рис. 1 и рис. 3 ведут себя подобным образом, отсутствуют выбросы и текущие оценки группируются около значения 2 [порока/неделю]. Это позволяет сформулировать предположение о том, что все образцы (куски) ткани были выработаны на оборудовании, находящемся в одном и том же техническом состоянии.

По какой рассчитываемой величине можно судить о наличии существенных выбросов и что именно считать существенным выбросом-вопрос, требующий дополнительного исследования.

Общий вывод состоит в том, что алгоритм оптимальной фильтрации предоставляет инструмент наилучшей оценки важнейшего параметра, определяющего состояние производственного оборудования, - интенсивности возникновения пороков. Принципиальное значение этого подхода состоит в том, что достигаемое при этом качество фильтрации не может быть улучшено никаким линейным алгоритмом.

Заключение

В работе предложен новый метод учета неизвестных факторов, влияющих на состояние технических систем путем включения таких факторов в число аргументов функции интенсивности отказов. Рассмотрены две модели таких факторов – неслучайные неизвестные факторы и случайные факторы. Соответственно предложены методы оптимальной оценки таких фактов. Для оценки неслучайных факторов применен ал-

горитм оптимальной по критерию максимума правдоподобия оценки по результатам анализа числа рекламаций, направленных производителю от потребителя. Для оценки случайных факторов сделаны предположения о статистических характеристиках этих факторов и применен алгоритм Калмана, наилучший по выбранному критерию для линейных алгоритмов.

Примеры оценки как неизвестного, так и случайного фактора, приведены для единых реальных данных о пороках ткани, подтверждающих работоспособность алгоритмов и их применимость для простейших оценок состояния производственного оборудования.

Отдельной задачей является разработка аналитических выражений для функции интенсивности отказов, зависящей от неизвестных параметров. Решение этой задачи позволит применить предложенный метод для более детальной оценки состояния производственного оборудования.

Другим направлением исследований может быть разработка способов сравнения результатов различных оптимальных оценок функции интенсивности отказов для уточнения состояния производственного оборудования.

Литература

1. Половко А.М. Основы теории надёжности. М.: Наука, 1964. 446 с.
2. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьёв А.Д. Математические методы в теории надёжности. М.: Наука, 1965. 524 с.
3. Острейковский В.А. Теория надёжности. М.: Высшая школа, 2003. 463 с.
4. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надёжности. М.: Советское радио, 1969. 488 с.
5. Каштанов В.А., Медведев А.И. Теория надёжности сложных систем. М.: Физматлит, 2010. 608 с.
6. ГОСТ Р 27.013-2019 (МЭК 62308:2006). Надёжность в технике. Методы оценки показателей безотказности. М.: Стандартинформ, 2019.
7. Левин Б.Р. Справочник по надёжности / Под ред. Левина Б.Р. М.: Мир, 1969. 339 с.
8. Яблонский А.А. Надёжность систем управления в строительстве. М.: Издательство Ассоциации Строительных Вузов, 2018. 180 с.
9. Райзер В.Д. Теория надёжности в строительном проектировании. М.: Издательство Ассоциации Строительных Вузов, 1998. 302 с.
10. Чеканов А.Н. Расчеты и обеспечение надёжности электронной аппаратуры. М.: Кнорус, 2016. 438 с.
11. Пряников В.С. Прогнозирование отказов полупроводниковых приборов. М.: Энергия, 1978. 112 с.
12. Маликов И. М. Надёжность судовой электронной аппаратуры и систем автоматического управления. Ленинград: Судостроение, 1967. 316 с.
13. Майерс Г.Д. Надёжность программного обеспечения / Пер. с англ. Ю. Ю. Галимова. М.: Мир, 1980. 360 с.
14. Кузнецов А.С., Ченцов С.В., Царев Р.Ю. Многоэтапный анализ архитектурной надёжности и синтез отказоустойчивого программного обеспечения сложных систем. 2013. 142 с.
15. Алатырцев А.А., Алексеев А.И., Байков М.А. и др. Инженерный справочник по космической технике / Под ред. А.В. Солодова. М.: Воениздат, 1977. 430 с.
16. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. М.: Советское радио, 1977. 488 с.
17. Donald L. Snyder, Michael I. Miller. Random Point Processes in Time and Space. New York: Second Edition Springer-Verlag, Inc, 1991. 488 с.
18. Вадзинский Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям. СПб.: Наука, 2001. 295 с.
19. Стратонович Р.Л. Условные марковские процессы и их применение к теории оптимального управления. М.: Издательство Московского университета, 1966. 319 с.
20. Сосулин Ю.Г. Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов. М.: Советское радио, 1978. 320 с.
21. Grandell J. On Stochastic Processes Generated by a Stochastic Intensity Function // Skandinavisk Aktuarietidskrift. 1971. С. 204–240.

22. Aoki M. Introduction to Optimization Techniques. New York: Macmillan, 1971.

23. Markham J., Snyder D. L., Cox J. R. «A Numerical implementation of the Maximum-Likelihood Method of Parameter Estimation for TracerKinetic Data» // J. Mathematical Biosciences. 1976. № 28. С. 275–300.

24. Ortega J., Rheinholdt W. Iterative Solution of Nonlinear Equations in Several Variables. New York: Academic Press, 1970.

25. Соболев С. В. Технология текстильной промышленности // Известия вузов. 1991. С. 8–11.

References

1. Polovko A.M. Osnovy teorii nadozhnosti = Fundamentals of Reliability Theory. Moscow: Science; 1964. 446 p. (In Russ.)

2. Gnedenko B.V., Belyayev Yu.K., Solov'yov A.D. Matematicheskiye metody v teorii nadozhnosti = Mathematical Methods in Reliability Theory. Moscow: Science; 1965. 524 p. (In Russ.)

3. Ostreykovskiy V.A. Teoriya nadozhnosti = Reliability Theory. Moscow: Higher School Publishing House; 2003. 463 p. (In Russ.)

4. Barlou R., Proshan F. Matematicheskaya teoriya nadezhnosti = Mathematical Theory of Reliability. Moscow: Soviet Radio; 1969. 488 p. (In Russ.)

5. Kashtanov V.A., Medvedev A.I. Teoriya nadezhnosti slozhnykh system = Reliability Theory of Complex Systems. Moscow: Fizmatlit; 2010. 608 p. (In Russ.)

6. GOST R 27.013—2019 (MEK 62308:2006). Nadezhnost' v tekhnike. Metody otsenki pokazateley bezotkaznosti = GOST R 27.013—2019 (IEC 62308:2006). Reliability in Engineering. Methods for Assessing Failure-Safe Performance Indicators. Moscow: Standartinform; 2019. (In Russ.)

7. Levin B.R. Spravochnik po nadezhnosti = Reliability Handbook- Ed. Levin B.R. Moscow: Mir; 1969. 339 p. (In Russ.)

8. Yablonskiy A.A. Nadezhnost' sistem upravleniya v stroitel'stve = Reliability of Control Systems in Construction. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities; 2018. 180 p. (In Russ.)

9. Rayzer V.D. Teoriya nadezhnosti v stroitel'nom proyektirovanii = Reliability Theory in Construction Design. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities; 1998. 302 p. (In Russ.)

10. Chekanov A.N. Raschety i obespecheniye nadezhnosti elektronnoy apparatury = Calculations and Reliability Assurance of Electronic Equipment. Moscow: Knorus; 2016. 438 p. (In Russ.)

11. Pryanikov V.S. Prognozirovaniye otkazov poluprovodnikovyykh priborov = Forecasting Failures of Semiconductor Devices. Moscow: Energia; 1978. 112 p. (In Russ.)

12. Malikov I.M. Nadezhnost' sudovoy elektronnoy apparatury i sistem avtomaticheskogo upravleniya = Reliability of Shipboard Electronic Equipment and Automatic Control Systems. Leningrad: Sudostroenie; 1967. 316 p. (In Russ.)

13. Mayyers G.D. Nadezhnost' programmnoy obespecheniya = Software Reliability / Tr. from Eng. Yu.Yu. Galimova. Moscow: Mir; 1980. 360 p. (In Russ.)

14. Kuznetsov A.S., Chentsov S.V., Tsarev R.Yu. Mnogoetapnyy analiz arkhitekturnoy nadezhnosti i sintez otkazoustoychivogo programmnoy obespecheniya slozhnykh system = Multistage Analysis of Architectural Reliability and Synthesis of Fault-Tolerant Software for Complex Systems. 2013. 142 p. (In Russ.)

15. Alatyrtsev A.A., Alekseyev A.I., Baykov M.A. et al. Inzhenernyy spravochnik po kosmicheskoy tekhnike = Engineering Handbook on Space Technology — Ed. A.V. Solodova. Moscow: Voenizdat; 1977. 430 p. (In Russ.)

16. Tikhonov V.I., Mironov M.A. Markovskiy protsessy = Markov Processes. Moscow: Soviet Radio; 1977. 488 p. (In Russ.)

17. Donald L. Snyder, Michael I. Miller. Random Point Processes in Time and Space. Second Edition New York: Springer-Verlag, Inc; 1991. 488 p.

18. Vadzinskiy P. H. Cppavochnik po vepoyatnostnym raspredeleniyam = Handbook of Probability Distributions. Saint Petersburg: Science; 2001. 295 p. (In Russ.)

19. Stratonovich R.L. Uslovyne markovskiy protsessy i ikh primeneniye k teorii optimal'nogo upravleniya = Conditional Markov Processes and Their Application to Optimal Control Theory. Moscow: Moscow University Press; 1966. 319 p. (In Russ.)

20. Sosulin Yu.G. Teoriya obnaruzheniya i otsenivaniya stokhasticheskikh signalov = Theory of Detection and Estimation of Stochastic Signals. Moscow: Soviet Radio; 1978. 320 s. (In Russ.)

21. Grandell J. On Stochastic Processes Generated by a Stochastic Intensity Function. Skandinavisk Aktuarietidskrift. 1971: 204-240.

22. Aoki M. Introduction to Optimization Techniques. New York: Macmillan; 1971.

23. Markham J., Snyder D.L., Cox J.R. «A Numerical implementation of the Maximum-Likelihood Method of Parameter Estimation for TracerKinetic Data» . J. Mathematical Biosciences. 1976; 28: 275-300.

24. Ortega J., Rheinholdt W. Iterative Solution of Nonlinear Equations in Several Variables. New York: Academic Press; 1970.

25. Sobolev S. V. Technology of the Textile Industry. Izvestiya vuzov = Proceedings of Universities. 1991: 8 - 11. (In Russ.)

Сведения об авторах

Александр Александрович Солодов

Д.т.н., профессор, профессор
Российский государственный университет
им. А.Н. Косыгина
Москва, Россия
Эл. почта: aasol@rambler.ru

Татьяна Германовна Трембач

Старший преподаватель кафедры И13
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
«МАИ», Москва, Россия
Эл. почта: tat-trembach@yandex.ru

Information about the authors

Alexander A. Solodov

Dr. Sci. (Engineering), Professor, Professor
Russian State University
named after A.N. Kosygin,
Moscow, Russia.
E-mail: aasol@rambler.ru

Tatiana G. Trembach

Senior Lecturer at the Department of I13
Moscow Aviation Institute (National Research
University) "MAI",
Moscow, Russia
E-mail: tat-trembach@yandex.ru



УДК 318.1

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/1818-4243-2026-1-57-67>

А.А. Ворновская, В.С. Киселев

Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»,
Калининград, Россия

Нормативно-правовые основы развития цифровой грамотности будущих учителей иностранных языков в условиях цифровой трансформации образования

Цель исследования: заключается в комплексном анализе и систематизации нормативно-правовой базы, регулирующей развитие цифровой грамотности будущих учителей иностранных языков, выявлении ключевых противоречий и дефицитов её содержания, а также в теоретическом обосновании и разработке концепции профессиональной цифровой грамотности учителя иностранного языка, соотносенной с действующими стратегическими документами, профессиональным стандартом и образовательными стандартами и ориентированной на последующее проектирование образовательных программ и модулей по развитию цифровых компетенций. В рамках исследования уточняется содержание понятия «профессиональная цифровая грамотность учителя иностранного языка» и его связь с требованиями действующих стратегических документов, профессионального стандарта и образовательных стандартов высшего образования.

Материалы и методы: в исследовании применялся системный анализ современных нормативно-правовых документов в сфере образования, включая Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», профессиональный стандарт «Педагог», Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование», а также национальные проекты и стратегии цифрового развития. Использовались методы сравнительно-сопоставительного анализа, контент-анализа научных публикаций, синтеза и систематизации полученных данных. Эмпирическую базу составили двадцать четыре источника, включая научные статьи, монографии и нормативно-правовые акты, отобранные по критериям релевантности теме цифровой грамотности педагогов и специфике подготовки учителей иностранных языков.

Результаты: выявлена многоуровневая система нормативно-правового регулирования цифровой грамотности педагогов, включающая стратегические документы (национальные проекты «Экономика данных и цифровая трансформация государства», «Образование»), отраслевые стандарты (Федеральный госу-

дарственный образовательный стандарт высшего образования, профессиональный стандарт педагога) и ведомственные положения. Показано, что существующие нормативные требования, задавая общую рамку цифровой трансформации образования, в ограниченной степени учитывают специфику профессиональной деятельности учителя иностранного языка, связанную с интенсивным использованием цифровых языковых ресурсов, онлайн-платформ и средств искусственного интеллекта. Определены ключевые противоречия между динамичным развитием цифровых технологий и относительно статичным характером нормативной базы, а также между интегральным характером профессиональной цифровой грамотности и фрагментарностью её нормативного закрепления в различных документах.

Заключение: разработана концепция профессиональной цифровой грамотности учителя иностранного языка, включающая лингводидактический, технологический, коммуникативный и этико-правовой компоненты. Предложены направления совершенствования нормативно-правовой базы: разработка отраслевых рекомендаций по цифровой грамотности учителей иностранных языков, создание системы непрерывного развития цифровых компетенций на этапах базовой подготовки и повышения квалификации, интеграция требований к работе с искусственным интеллектом и большими языковыми моделями в образовательные стандарты и примерные основные профессиональные образовательные программы. Практическая значимость результатов состоит в возможности использовать разработанную концепцию и предложенные направления при обновлении учебных планов, формировании модулей по цифровой грамотности в педагогических вузах и проектировании программ дополнительного профессионального образования.

Ключевые слова: цифровая грамотность, учителя иностранных языков, нормативно-правовая база, цифровая трансформация образования, профессиональный стандарт, федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, цифровые компетенции, лингводидактика.

Anastasia A. Vornovskaya, Vladislav S. Kiselev

Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

Legal and Regulatory Framework for the Development of Digital Literacy Among Future Foreign Language Teachers in the Context of the Digital Transformation of Education

The aim of the paper is to conduct a comprehensive analysis and systematization of the legal and regulatory framework governing the development of digital literacy among future foreign language teachers, identify key contradictions and deficiencies in its content, and provide a theoretical justification and develop a concept of professional digital literacy for foreign language teachers, correlated with current strategic

documents, professional standards, and educational standards, and focused on the subsequent design of educational programs and modules for the development of digital competencies. The study clarifies the content of the concept of “professional digital literacy of foreign language teachers” and its connection with the requirements of current strategic documents, professional standards, and educational standards of higher education.

Materials and methods: the study used a systematic analysis of current legal and regulatory documents in the field of education, including the Federal law "On Education in the Russian Federation", the professional standard "Teacher," the Federal state educational standard of higher education in the field of training 44.03.05 "Pedagogical education," as well as national projects and strategies for digital development. Methods of comparative analysis, content analysis of scientific publications, synthesis, and systematization of the data obtained were used. The empirical base consisted of twenty-four sources, including scientific articles, monographs, and legal regulatory acts, selected according to criteria of relevance to the topic of digital literacy of teachers and the specifics of training foreign language teachers.

Results: a multi-level system of legal and regulatory support for teachers' digital literacy has been identified, including strategic documents (the national projects "Data economy and digital transformation of the state" and "Education"), sectoral standards (the Federal state educational standard of higher education and the professional standard for teachers) and departmental regulations. It is shown that existing regulatory requirements, while providing a general framework for the digital transformation of education, only partially consider the specifics of the professional activities of a foreign language teacher, associated with the intensive use of digital language resources, online platforms and artificial intelligence tools. Key contradictions have been identified between the dynamic

development of digital technologies and the relatively static character of the regulatory framework, as well as between the integral nature of professional digital literacy and the fragmentarity of its normative consolidation in different documents.

Conclusion: a concept of professional digital literacy for foreign language teachers has been developed, including linguo-didactic, technological, communicative, and ethical-legal components. The following areas for improving the legal and regulatory framework have been proposed: the development of industry recommendations on digital literacy for foreign language teachers, the creation of a system for the continuous development of digital competencies at the stages of basic training and professional development, and the integration of requirements for working with artificial intelligence and large language models into educational standards and model basic professional educational programs. The practical significance of the results lies in the possibility of using the developed concept and proposed directions when updating curricula, forming modules on digital literacy in pedagogical universities, and designing programs for additional professional education.

Keywords: digital literacy, foreign language teachers, legal and regulatory framework, digital transformation of education, professional standard, federal state educational standard of higher education, digital competencies, linguo-didactics.

Введение

Современный этап развития общества характеризуется беспрецедентной по своим масштабам и темпам цифровой трансформацией всех сфер жизнедеятельности. В контексте перехода к цифровой экономике и формирования информационного общества возрастает значимость цифровых компетенций выпускников вузов [1]. Как справедливо отмечает М.В. Холодкова, «цифровая трансформация образования — это не просто внедрение новых технологий, а фундаментальное изменение образовательной парадигмы, требующее пересмотра содержания, методов и организационных форм обучения» [2, с. 57]. Это изменение радикально меняет требования к профессиональной подготовке будущих учителей, включая специалистов в области преподавания иностранных языков.

Особую значимость глобальная трансформация приобретает в контексте преподавания иностранных языков, поскольку цифровые технологии открывают новые возможности для создания аутентичной языковой среды, организации межкультурной коммуникации и персонализации обучения. Современный

педагог должен быть знаком не только с традиционными методиками обучения, но и быть компетентным пользователем цифровой образовательной среды, используя мультимедийные и интерактивные ресурсы, формируя у обучающихся критическое и безопасное отношение к цифровым источникам информации. В связи с этим актуализируется проблема анализа нормативно-правовой базы, определяющей цели, содержание и условия развития цифровой грамотности будущих педагогов, что и предопределяет цель настоящей работы.

Постановка задачи исследования обусловлена стремительным внедрением цифровых технологий и искусственного интеллекта в образовательный процесс, что представляет собой актуальный тренд высшей школы в последние годы. Однако, несмотря на уже известные работы ведущих исследователей (И.В. Абрамова, Е.С. Белова, С.В. Панюкова, С.В. Титовой, Р. Gilster), вопросы определения сущности цифровой грамотности применительно к учителям иностранных языков, проблемы, связанные с эффективностью внедрения цифровых ресурсов и поиском оптимальных моделей их интеграции в профес-

сиональное языковое образование остаются недостаточно изученными.

Современный педагог не только владеет традиционными методиками, но и должен быть способен эффективно функционировать в цифровой образовательной среде, использовать мультимедийные и интерактивные ресурсы, а также формировать у обучающихся критическое и безопасное отношение к цифровым источникам информации. В связи с этим актуализируется проблема анализа нормативно-правовой базы, определяющей цели, содержание и условия развития цифровой грамотности будущих педагогов, что и предопределяет цель настоящей работы.

Глобальная цифровая трансформация образования приобретает особую значимость в контексте преподавания иностранных языков. Цифровые технологии кардинальным образом изменяют методологию преподавания, открывая новые возможности для создания аутентичной языковой среды, организации межкультурной коммуникации и персонализации обучения. Наличие системного государственного запроса на подготовку педагогов, готовых к работе в условиях цифро-

вой образовательной среды, обуславливает необходимость формирования не просто общей цифровой грамотности, а профессиональной цифровой грамотности учителя иностранного языка, основанной на нормативно-правовой базе.

Современное состояние проблемы характеризуется наличием значительного количества исследований, посвященных различным аспектам цифровизации образования. Так, работы Н.А. Селиверстовой [3], Е.А. Гавриловой [4], В.В. Иванова и С.М. Петровой [5] раскрывают общие теоретические аспекты цифровой грамотности. Специфике цифровой грамотности учителей иностранных языков посвящены работы И.В. Абрамовой [6], Е.С. Беловой [7], Н.А. Щербаковой [8].

Однако проведенный анализ позволяет выявить существенное противоречие между комплексным, интегральным характером профессиональной цифровой грамотности учителя иностранного языка и фрагментарностью ее нормативного закрепления в существующей правовой базе. Следовательно, возникает необходимость в системном анализе нормативно-правовых основ развития цифровой грамотности будущих учителей иностранных языков и разработке целостной концепции ее формирования.

Цель исследования: провести комплексный анализ нормативно-правовой базы развития цифровой грамотности будущих учителей иностранных языков и определить перспективные направления ее совершенствования.

Задачи исследования:

1. Провести системный анализ существующих исследований по цифровой грамотности в сфере преподавания иностранных языков в высшей школе.

2. Проанализировать иерархию нормативно-правовых

документов, регулирующих развитие цифровой грамотности педагогов.

3. Выявить специфику профессиональной цифровой грамотности учителя иностранного языка.

4. На основе проведенного анализа сформулировать перспективные направления совершенствования нормативно-правовой базы.

Методология исследования. В процессе работы использовались методы системного анализа научных публикаций и нормативно-правовых источников, опубликованных в 2018–2024 годах, сравнительная характеристика подходов к определению цифровой грамотности, контент-анализ требований профессионального стандарта и ФГОС ВО. Теоретические методы включали анализ, синтез, классификацию и систематизацию. Эмпирические методы заключались в сравнительно-сопоставительном анализе нормативных документов и научных публикаций.

1. Теоретические аспекты цифровой грамотности педагога

1.1. Эволюция понятия «цифровая грамотность» в отечественной и зарубежной науке

В «Энциклопедии гуманитарных наук» цифровая грамотность определяется как совокупность базовых знаний, практических умений и навыков, необходимых для эффективного использования цифровых устройств, коммуникационных сетей и программного обеспечения. Это понятие служит фундаментом для успешной адаптации личности в информационном обществе. Н.А. Селиверстова подчеркивает, что «цифровая грамотность представляет собой многоаспектное явление, включающее технические навыки, критическое мышле-

ние и способность к созданию цифрового контента» [3, с. 46]. Е.А. Гаврилова акцентирует внимание на том, что «содержание цифровой грамотности постоянно расширяется параллельно с технологическим прогрессом» [4, с. 20]. В.В. Иванов и С.М. Петрова рассматривают цифровую грамотность как «базовый компонент цифровых компетенций, необходимый для эффективной профессиональной деятельности в современном мире» [5, с. 80].

Исследования по цифровой грамотности педагога демонстрируют разнообразие подходов к определению и структурированию данного понятия. О.Ю. Маркова обосновывает компетентностный подход к цифровой грамотности в профессиональной подготовке педагогов, выделяя когнитивный, операционно-технический и ценностно-смысловой компоненты [9]. С.В. Панюкова исследует формирование ИКТ-компетентности будущих учителей, подчеркивая необходимость учета предметной специфики [10].

Вопрос о структуре цифровых компетенций педагога также находит отражение в отечественных исследованиях. Например, И.Е. Хоченкова [11] предлагает развернутую модель, включающую концептуальный, технологический, критериальный и рефлексивный компоненты, что подчеркивает комплексный и системный характер данного феномена. Таким образом, в отечественной науке наблюдается переход от понимания цифровой грамотности как набора навыков к ее восприятию как многокомпонентной профессиональной компетенции.

В зарубежной научной литературе термин «digital literacy», введенный Р. Gilster в 1997 году, трактуется значительно шире [12]. Мы видим переход от понимания «digital literacy» как набора технических и информационных

навыков к более объемному понятию «digital competence» педагога. Современные исследователи понимают его не просто как техническое умение работать с компьютером, а как способность к критическому осмыслению, созданию и распространению цифрового контента, эффективной коммуникации и сотрудничеству с использованием технологий, а также пониманию социокультурного контекста цифрового пространства. Европейская рамка цифровых компетенций для педагогов (DigCompEdu) выделяет шесть основных областей: профессиональная деятельность, цифровые ресурсы, преподавание и обучение, оценка, расширение возможностей обучающихся и развитие цифровых компетенций обучающихся [13] (см. табл. 1).

Европейская рамка цифровых компетенций граждан DigComp задаёт общий на-

бор таких умений; она широко используется для оценки и сертификации цифровой грамотности, а также как основа программ подготовки и повышения квалификации учителей в Европе и за её пределами. Рамка DigCompEdu выделяет шесть областей и 22 компетенции. Ядро составляет блок областей 2–5, описывающий цифровую педагогическую компетентность: использование технологий на этапах планирования (область 2), реализации учебного процесса (область 3) и оценивания (область 4). Область 5 подчеркивает потенциал цифровых средств для ученико-центричных стратегий и задаёт сквозные принципы, дополняющие области 2–4. Области 1–3 соотносятся с универсальными стадиями преподавания вне зависимости от степени технологической поддержки, а DigCompEdu конкретизирует,

как делать их более эффективными за счёт цифровых инструментов.

Перечисленные в таблице компетенции DigCompEdu не существуют изолированно: каждая из них проявляется на уровнях освоения – от A1 до C2. Уровни кумулятивны (каждый следующий включает предыдущий) и описывают качество применения технологий в педагогике. Это позволяет оценивать прогресс по каждой области и сопоставлять уровни владения внутри шести областей модели.

G. Falloon рассматривает переход от цифровой грамотности к цифровой компетентности, предлагая модель цифровых компетенций учителя [14]. Исследователь отмечает, что ориентация только на «инструментальные» навыки приводит к редукции цифровой грамотности до уровня вспомогательного сервиса, не затраги-

Таблица 1 / Table 1

Цифровые компетенции в образовании по модели DigCompEdu
Digital competencies in education according to the DigCompEdu model

Кластер модели	Область компетенций	Компетенции
Профессиональные компетенции педагогов	1. Профессиональная вовлеченность	1.1. Организационная коммуникация
		1.2. Профессиональное сотрудничество
		1.3. Рефлексивная практика
		1.4. Цифровое повышение квалификации
Педагогические компетенции преподавателей	2. Цифровые ресурсы	2.1. Выбор цифровых ресурсов
		2.2. Создание и модификация цифровых ресурсов
		2.3. Управление, защита и обмен информацией
	3. Преподавание и обучение	3.1. Преподавание с применением цифровых технологий
		3.2. Методическое сопровождение обучающихся в цифровой среде
		3.3. Коллаборативное обучение
		3.4. Саморегулируемое обучение
	4. Оценка	4.1. Стратегии оценивания
		4.2. Сбор и анализ учебных данных
		4.3. Обратная связь и планирование
	5. Расширение прав и возможностей учащихся	5.1. Доступность и инклюзия
		5.2. Индивидуализация обучения
		5.3. Активное вовлечение обучающихся
Компетенции учащихся	6. Повышение цифровой компетентности учащихся	6.1. Критическая информационная грамотность
		6.2. Коммуникация в цифровой среде
		6.3. Создание цифрового контента
		6.4. Цифровая ответственность и безопасность
		6.5. Решение проблем в цифровой среде

вая вопросы этики, цифрового гражданства, безопасности, здоровья и благополучия обучающихся. В этой связи digital competence трактуется как более широкое интегративное образование, включающее не только технические, но и социокультурные, ценностные и рефлексивные компоненты, позволяющие учителю критически осмысливать роль технологий в образовании и обществе в целом. N. Hockly рассматривает цифровую грамотность в контексте преподавания языков, подчеркивая важность критического использования цифровых ресурсов [15]. Ученый подчеркивает, что цифровая грамотность преподавателя не ограничивается владением техническими инструментами, а предполагает умение осмысленно интегрировать технологии в учебный процесс. Таким образом, цифровая грамотность педагога выступает не просто профессиональной компетенцией, а основой формирования у обучающихся культуры ответственного и эффективного взаимодействия в цифровом пространстве.

Проведенный анализ эволюции понятия «цифровая грамотность» позволяет выявить тренд, общий как для отечественной, так и для зарубежной науки. Он заключается в переходе от узкотехнической трактовки, сводящейся к навыкам использования устройств и программ, к комплексному пониманию цифровой грамотности как **интегративной профессионально-педагогической компетенции**. Эта компетенция включает не только операционно-технический, но и когнитивный, ценностно-смысловой, рефлексивный и социокультурный компоненты. Именно такое, расширенное понимание цифровой грамотности будущего учителя, и должно найти отражение в нормативно-правовой базе, регламентирующей его подготовку.

1.2. Специфика цифровой грамотности учителя иностранного языка

Применительно к педагогам иностранных языков концепция цифровой грамотности приобретает ярко выраженную предметную специфику [6, 7, 8]. Она трансформируется в предметно-педагогическую ИКТ-компетентность, которая включает:

- Умение использовать цифровые инструменты для формирования иноязычной коммуникативной компетенции (аудирования, говорения, чтения, письма) [16].

- Навыки работы с онлайн-платформами для организации межкультурного общения и создания аутентичной языковой среды [10].

- Способность критически оценивать и интегрировать в учебный процесс цифровые образовательные ресурсы (ЦОР), направленные на изучение иностранного языка [8].

- Владение специализированным программным обеспечением для создания интерактивных упражнений, лингвистических корпусов и средств визуализации языка [6].

Эффективность применения цифровых инструментов в лингводидактике подробно исследуется в работах отечественных и зарубежных авторов. Так, С.В. Титова в своей монографии подробно анализирует использование подкастов, видео, мобильных приложений (Duolingo, Quizlet), социальных сетей, платформ для создания интерактивных упражнений (LearningApps, Wordwall), виртуальных досок (Miro, Padlet) в лингводидактике [16]. Автор подчеркивает, что «цифровые технологии не просто дополняют традиционные методы обучения, а качественно преобразуют образовательный процесс, открывая новые возможности для формирования иноязычной коммуникативной компетенции» [16, с. 45]. В контексте смешанного и дис-

танционного обучения акцент смещается на компетенции, необходимые для организации образовательной коммуникации в цифровой среде. Е.С. Белова, например, отмечает, что «онлайн-эпоху цифровая грамотность преподавателя иностранного языка включает не только технические навыки, но и способность создавать и поддерживать эффективную образовательную коммуникацию в цифровом пространстве» [7, с. 48]. Этот взгляд развивается в моделях зарубежных исследователей (G. Dudeney, N. Hockly и M. Pegrum [17], E. Tour [18]), которые выделяют лингводидактические и технологические аспекты, а также роль цифровых установок педагога.

Таким образом, проведенный анализ позволяет констатировать, что научная база по проблеме цифровой грамотности педагогов обширна и многогранна. Однако большинство работ носят частный характер: они фокусируются либо на общих цифровых компетенциях педагога, либо на применении отдельных инструментов на уроке иностранного языка, но не на исследовании цифровой грамотности как интегративном личностном качестве будущего преподавателя иностранных языков.

Важно подчеркнуть, что как отечественные, так и зарубежные ученые единодушно отмечают неоднозначность и динамичную природу термина «цифровая грамотность» [5, 7, 14, 17]. Ее содержание постоянно эволюционирует и усложняется параллельно с технологическим прогрессом, появлением новых цифровых инструментов и углублением научных исследований в данной области. Эта изменчивость понятия ставит перед системой педагогического образования сложную задачу, требующую от нее адаптации и непрерывного совершенствования.

2. Нормативно-правовая база формирования цифровой грамотности будущего учителя иностранного языка

2.1. Иерархия нормативно-правовых документов, определяющих требования к цифровой грамотности педагога

Нормативно-правовые документы задают вектор и направляют обязательные требования к уровню подготовки будущих учителей, в том числе и в области цифровых компетенций. Проведенный анализ позволяет выстроить иерархию нормативно-правовых документов, регулирующих развитие цифровой грамотности педагогов.

Общий контекст определяется ключевыми государственными и международными документами по цифровизации образования и формированию цифровых компетенций. Развитие информационного общества в РФ определяется Стратегией развития информационного общества на 2017–2030 годы [19]. Этот основополагающий документ задает долгосрочные ориентиры для всей государственной политики в цифровой сфере. В контексте нашего исследования особую значимость приобретают закрепленные в Стратегии целевые показатели, связанные с повышением цифровой грамотности граждан и формированием цифровой культуры. Документ акцентирует необходимость создания условий для развития компетенций, необходимых для жизни и работы в цифровую эпоху, что напрямую проецируется на систему педагогического образования. Таким образом, подготовка учителя, готового не только самому использовать цифровые технологии, но и воспитывать цифровую культуру у своих учеников, становится одной из практических задач по реализации данной государственной стратегии.

Существенный вклад вносит национальный проект «Образование», в рамках которого реализуются федеральные проекты «Цифровая образовательная среда» и «Учитель будущего», направленные на оснащение образовательных организаций технологической инфраструктурой и внедрение современных цифровых учебных материалов [20]. Национальный проект выступает в роли ключевого драйвера практических изменений в образовательной системе. Федеральный проект «Цифровая образовательная среда» (ЦОС) обеспечивает материально-техническую и содержательную основу для этого процесса. Его реализация предполагает не только масштабное оснащение школ и вузов высокоскоростным интернетом, компьютерами и интерактивным оборудованием, но и создание единого верифицированного контента – цифровых учебно-методических комплексов, платформ и сервисов. Для будущего учителя иностранного языка это означает, что его профессиональная деятельность будет неразрывно связана с работой в этой единой экосистеме, что делает владение соответствующими компетенциями не факультативным, а обязательным условием его профессиональной пригодности.

В государственной программе «Цифровая экономика» часто встречается термин «цифровая зрелость». Ученые трактуют цифровую зрелость как высшую степень развития цифровых компетенций, характеризующуюся не просто навыками использования технологий, а способностью к их интеграции, трансформации образовательных процессов и созданию новой цифровой образовательной ценности [19]. Таким образом, цифровая грамотность является базовым фундаментом, на котором строится цифровая зрелость педагога [21]. Если грамотность

– это умение пользоваться инструментами, то зрелость – это способность этими инструментами перестраивать свою профессиональную деятельность. Международные документы, такие как DigCompEdu, предоставляют методическую основу для разработки национальных стандартов и программ развития цифровых компетенций педагогов.

2.2. Требования профессионального стандарта «Педагог»

Ключевым нормативным актом, регламентирующим профессиональную деятельность учителя, является Профессиональный стандарт «Педагог» [22]. В рамках общепедагогической функции «Обучение» (А/01.6) прямо закреплена необходимость владения педагогом ИКТ-компетентностями:

- Общепользовательская ИКТ-компетентность включает базовые навыки работы с цифровыми устройствами и программным обеспечением.

- Общепедагогическая ИКТ-компетентность предполагает умение применять технологии для решения широкого круга педагогических задач.

- Предметно-педагогическая ИКТ-компетентность (для будущего учителя иностранного языка это означает владение специализированным программным обеспечением, цифровыми лингвистическими ресурсами, онлайн-платформами для языковой практики и средствами создания мультимедийных учебных материалов) [6; 22].

2.3. Отражение цифровых компетенций в ФГОС ВО

ФГОС высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» закрепляют универсальные (УК) и общепрофессиональные (ОПК) компетенции, непосредственно связанные с цифровой грамотностью [23].

Матрица компетенций будущего учителя иностранного языка в области цифровой грамотности
Matrix of competencies of a future foreign language teacher in the field of digital literacy

Код компетенции	Формулировка по ФГОС	Индикаторы достижения (декомпозиция)
ОПК-9	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-9.1 Демонстрирует знание современных информационных технологий и способов их применения для решения задач профессиональной деятельности. ОПК-9.2 Осуществляет выбор современных информационных технологий и программных средств в соответствии с задачами профессиональной деятельности. ОПК-9.3 Демонстрирует умение применить цифровые ресурсы для оптимизации решения задач профессиональной деятельности.
ПК-3	Способен осуществлять обучение учебному предмету... в том числе в современной цифровой образовательной среде.	ПК-3.1: Проектирует уроки с использованием элементов цифровой образовательной среды. ПК-3.2: Применяет цифровые инструменты для организации различных видов речевой деятельности (аудирование, говорение и т.д.). ПК-3.3: Оценивает эффективность использования цифровых ресурсов на уроке иностранного языка.

На их основе формируется так называемая «матрица компетенций», которая детализирует требуемые результаты обучения (см. табл. 2).

2.4. Ведомственные документы и программы развития

Развитие цифровой грамотности будущих учителей осуществляется в рамках более широкого стратегического контекста, задаваемого рядом ключевых государственных программ и концепций, которые формируют общую экосистему цифровизации отечественного образования.

Важнейшим из них является стратегия развития информационного общества в РФ, которая определяет цели формирования цифровой культуры населения [19]. Этот основополагающий документ задает долгосрочные ориентиры для всей государственной политики в цифровой сфере. В контексте нашего исследования особую значимость приобретают закрепленные в Стратегии целевые показатели, связанные с повышением цифровой грамотности граждан и формированием цифровой культуры. Документ акцентирует необходимость создания условий для развития компетенций, необходимых для жизни и работы

в цифровую эпоху, что напрямую проецируется на систему педагогического образования. Таким образом, подготовка учителя, готового не только самому использовать цифровые технологии, но и воспитывать цифровую культуру у своих учеников, становится одной из практических задач по реализации данной государственной стратегии.

Существенный вклад вносит национальный проект «Образование», в рамках которого реализуется федеральный проект «Цифровая образовательная среда», направленный на оснащение образовательных организаций технологической инфраструктурой и внедрение современных цифровых учебных материалов [20]. Национальный проект выступает в роли ключевого драйвера практических изменений в образовательной системе. Федеральный проект «Цифровая образовательная среда» (ЦОС) обеспечивает материально-техническую и содержательную основу для этого процесса. Его реализация предполагает не только масштабное оснащение школ и вузов высокоскоростным интернетом, компьютерами и интерактивным оборудованием, но и создание единого верифицированного контента — цифровых учебно-методи-

ческих комплексов, платформ и сервисов. Для будущего учителя иностранного языка это означает, что его профессиональная деятельность будет неразрывно связана с работой в этой единой экосистеме, что делает владение соответствующими компетенциями не факультативным, а обязательным условием его профессиональной пригодности.

Дополняет эту систему концепция развития непрерывного педагогического образования, акцентирующая внимание на необходимости постоянного обновления цифровых компетенций педагогов на протяжении всей профессиональной карьеры [24]. Данная концепция смещает акцент с разовой подготовки в вузе на принцип непрерывности профессионального развития педагога. Она прямо указывает на динамичный характер цифровых технологий и, как следствие, на невозможность ограничиться базовым набором знаний и умений, полученных в университете. В документе подчеркивается важность создания гибкой системы повышения квалификации и профессиональной переподготовки, позволяющей учителю регулярно актуализировать свои цифровые компетенции, осваивать новые инструменты

и методики. Это напрямую соотносится с задачей формирования у будущего учителя иностранного языка установки на постоянное самообразование и адаптацию к технологическим изменениям, обеспечивая его профессиональную долгосрочную состоятельность.

Вывод: существует системный государственный запрос на подготовку компетентного педагога в сфере цифровизации с соответствующими умениями, навыками и способностями. Однако требования ФГОС и Профстандарта носят слишком общий характер. Они не конкретизируют, в чем именно должна заключаться цифровая грамотность именно учителя иностранного языка, а не учителя-предметника вообще. Кроме того, исследования носят фрагментарный характер — отсутствует единая модель, которая бы интегрировала все аспекты цифровой грамотности (от технического владения до этико-правового) в контекст профессиональной деятельности учителя иностранного языка. В учебных планах педагогических вузов часто нет целостного курса, формирующего именно профессиональную цифровую грамотность учителя иностранного языка. Освоение цифровых инструментов происходит стихийно или в рамках дисциплин, не связанных напрямую с методикой преподавания иностранного языка.

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что нормативно-правовая база развития цифровой грамотности будущих учителей иностранных языков в Российской Федерации представляет собой многоуровневую систему. Она включает как стратегические документы, задающие общие ориентиры («цифровая зрелость»), так и конкретные регламентирующие акты

(Профстандарт, ФГОС ВО), которые переводят эти ориентиры в систему обязательных компетенций.

Однако динамичный характер самого понятия «цифровая грамотность» и стремительное обновление цифровых технологий порождают определенное противоречие между достаточно статичной нормативной базой и реальными требованиями к современному педагогу [2; 9; 18]. Это обуславливает необходимость постоянной актуализации образовательных программ педагогических вузов, чтобы подготовка будущих учителей иностранных языков не ограничивалась формальным соответствием стандартам, а обеспечивала формирование гибкой, критической и творческой способности применять цифровые инструменты для достижения высоких образовательных результатов.

Перспективы дальнейших исследований связаны с детальной проработкой нескольких взаимосвязанных направлений.

Первым направлением является разработка и апробация элективного курса/модуля «Профессиональная цифровая грамотность учителя иностранного языка». Ключевым практическим выходом исследования должна стать целостная образовательная программа, направленная на целенаправленное формирование специфических цифровых компетенций у будущих педагогов-лингвистов. Такой курс должен выходить за рамки простого ознакомления с инструментами и интегрировать в себя лингводидактический, технологический, коммуникативный и этико-правовой компоненты. Его содержательное наполнение должно включать: освоение специализированного ПО для создания интерактивных упражнений и лингвистических корпусов; методику организации межкультурной

коммуникации с помощью цифровых платформ; критический анализ и отбор цифровых образовательных ресурсов; основы цифровой безопасности и академической честности в интернет-пространстве. Апробация такого курса в условиях реального педагогического вуза с последующей коррекцией на основе полученных данных является необходимым этапом для выработки эффективной модели обучения.

Другим важным вектором представляется исследование влияния технологий искусственного интеллекта (ИИ), включая большие языковые модели (БЯМ), на цифровую грамотность и ее нормативное закрепление. Стремительное проникновение ИИ в образовательную сферу формирует принципиально новые вызовы. Требуется изучение методологии применения ИИ и БЯМ для адаптивного обучения, анализа речевых ошибок, генерации учебных материалов и симуляции диалогов. Параллельно необходимо исследовать вопросы формирования у будущих учителей критического отношения к контенту, созданному ИИ, понимания его ограничений и этических рисков. Результатом должна стать разработка рекомендаций по модернизации образовательных стандартов, включающих компетенции работы с ИИ, и рассмотрение «ИИ-грамотности» как нового элемента структуры профессиональной цифровой грамотности учителя иностранного языка.

Не менее значимая задача — это разработка диагностического инструментария для оценки уровня сформированности профессиональной цифровой грамотности. Для объективного измерения эффективности предлагаемых педагогических решений и отслеживания динамики развития цифровых компетенций необходим валидный и надежный диагностический

комплекс. Его создание предполагает определение четких критериев и индикаторов для каждого компонента профессиональной цифровой грамотности (лингводидактического, технологического и др.). Этот инструментарий может включать в себя многоуровневые тестовые задания, кейсы для анализа профессиональных ситуаций, методы экспертной оценки созданных цифровых учебных продуктов, а также портфолио-оценивание. Такой комплексный подход позволит не только констатировать текущий уровень подготовки будущих педагогов, но и выявлять дефициты для дальней-

шей коррекции образовательной траектории.

Отдельного внимания заслуживает исследование применения больших языковых моделей в контексте цифровой грамотности и необходимости включения этого аспекта в ее структуру. Появление и массовое распространение больших языковых моделей (БЯМ), таких как GPT и им подобных, представляет собой качественно новый этап цифровизации. В контексте преподавания иностранных языков это требует отдельного научного осмысления. Исследование должно быть сфокусировано на методологии применения БЯМ для

развития языковых навыков, генерации учебных текстов, симуляции диалогов и преодоления языкового барьера. Кроме того, остро встают вопросы формирования у будущих учителей критического отношения к контенту, созданному ИИ, понимания его ограничений и потенциальных рисков. Всё это обуславливает настоятельную необходимость рассмотрения «БЯМ-грамотности» как нового, самостоятельного элемента в структуре профессиональной цифровой грамотности учителя иностранного языка, что должно найти свое отражение в учебных программах и методических рекомендациях.

Литература

1. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://digital.gov.ru/target/nacziionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-czifrovaya-transformacziya-gosudarstva>.
2. Холодкова М.В. Цифровая трансформация образования: вызовы для педагогического сообщества // Высшее образование сегодня. 2022. № 1. С. 56–61.
3. Селиверстова Н.А. Цифровая грамотность // Вестник науки и образования. 2020. № 5(83). С. 45–49.
4. Гаврилова Е.А. К вопросу о цифровой грамотности // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 2. С. 18–25.
5. Иванов В.В., Петрова С.М. Цифровая грамотность и формирование цифровых компетенций // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. № 5. С. 78–95.
6. Абрамова И.В. Пути повышения цифровой грамотности преподавателей иностранных языков в вузах // Мир науки. Педагогика и психология. 2022. № 5. С. 34–42.
7. Белова Е.С. Цифровая грамотность преподавателя иностранного языка в онлайн-эпоху: формирование и развитие // Иностранные языки в школе. 2023. № 4. С. 45–52.
8. Щербакова Н.А. ИКТ-компетентность учителя иностранного языка: структура и пути развития // Язык и культура. 2022. № 12. С. 78–89.
9. Маркова О.Ю. Цифровая грамотность в профессиональной подготовке педагогов // Педагогика. 2021. № 8. С. 45–52.
10. Панюкова С.В. Формирование ИКТ-компетентности будущих учителей в условиях цифровизации образования // Высшее образование в России. 2021. № 4. С. 35–42.

11. Хоченкова Т.Е. Модель цифровых компетенций педагогов: терминологический и содержательный аспекты // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. 2021. Т. 18. № 4. С. 314–325.
12. Gilster P. Digital Literacy. New York: Wiley, 1997. 276 p.
13. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu [Электрон. ресурс]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. Режим доступа: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466>.
14. Falloon G. From digital literacy to digital competence // Educational Technology Research and Development. 2020. Т. 68. С. 2449–2472. DOI: 10.1007/s11423-020-09767-4.
15. Hockly N. Digital literacies // ELT Journal. 2022. Т. 76. DOI: 10.1093/elt/ccr077.
16. Титова С.В. Цифровые технологии в обучении иностранным языкам: теория и практика. М.: ЛЕНАНД, 2021. 256 с.
17. Dudeney G., Hockly N., Pegrum M. Digital Literacies. London: Routledge, 2013. 400 p. DOI: 10.4324/9781315832913.
18. Tour E. Digital mindsets: Teachers' technology use // Language Learning & Technology. 2022. Т. 26.
19. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919>.
20. Паспорт национального проекта «Образование» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://edu.gov.ru/application/frontend/skin/default/assets/data/national_project/main/Паспорт_национального_проекта_Образование.pdf.

21. Федорова О.Н. Модель формирования цифровой зрелости педагога в системе непрерывного образования // Педагогика. 2023. № 2. С. 34–42.

22. Профессиональный стандарт «Педагог» (приказ Минтруда России от 18.10.2013 № 544н) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://shkolakochetovskaya-r68.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/profstandart/prikaz-544ot-18.10.13.pdf.

References

1. Natsional'nyy proyekt «Ekonomika dannykh i tsifrovaya transformatsiya gosudarstva» = National Project «Data Economy and Digital Transformation of the State» [Internet]. Available from: <https://digital.gov.ru/target/naczionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-czifrovaya-transformacziya-gosudarstva>. (In Russ.)

2. Kholodkova M.V. Digital Transformation of Education: Challenges for the Pedagogical Community. *Vyssheye obrazovaniye segodnya* = Higher Education Today. 2022; 1: 56–61. (In Russ.)

3. Seliverstova N.A. Digital Literacy. *Vestnik nauki i obrazovaniya* = Bulletin of Science and Education. 2020; 5(83): 45–49. (In Russ.)

4. Gavrilova Ye.A. On Digital Literacy. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2021; 2: 18–25. (In Russ.)

5. Ivanov V.V., Petrova S.M. Digital Literacy and the Development of Digital Competencies. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* = Higher Education in Russia. 2022; 31; 5: 78–95. (In Russ.)

6. Abramova I.V. Ways to Improve the Digital Literacy of Foreign Language Teachers in Universities. *Mir nauki. Pedagogika i psikhologiya* = The World of Science. Pedagogy and Psychology. 2022; 5: 34–42. (In Russ.)

7. Belova Ye.S. Digital Literacy of a Foreign Language Teacher in the Online Age: Formation and Development. *Inostrannyye yazyki v shkole* = Foreign Languages at School. 2023; 4: 45–52. (In Russ.)

8. Shcherbakova N.A. ICT Competence of a Foreign Language Teacher: Structure and Development Paths. *Yazyk i kul'tura* = Language and Culture. 2022; 12: 78–89. (In Russ.)

9. Markova O.YU. Digital Literacy in the Professional Training of Teachers. *Pedagogika* = Pedagogy. 2021; 8: 45–52. (In Russ.)

10. Panyukova S.V. Formation of ICT Competence of Future Teachers in the Context of Digitalization of Education. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* = Higher Education in Russia. 2021; 4: 35–42. (In Russ.)

11. Khochenkova T.Ye. Model of Digital Competencies of Teachers: Terminological and Substantive Aspects. *Vestnik RUDN. Seriya:*

23. ФГОС ВО 44.03.05 Педагогическое образование (приказ Минобрнауки России от 22.02.2018 № 125) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://fgos.ru/fgos/fgos-44-03-05-pedagogicheskoe-obrazovanie-s-dvumya-profil'yami-podgotovki-125/>.

24. Концепция развития непрерывного педагогического образования до 2030 года [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/141781/>.

Informatizatsiya obrazovaniya = Bulletin of RUDN University. Series: Informatization of Education. 2021; 18; 4: 314–325. (In Russ.)

12. Gilster P. Digital Literacy. New York: Wiley; 1997. 276 p.

13. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu [Internet]. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2017. Available from: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466>.

14. Falloon G. From digital literacy to digital competence. *Educational Technology Research and Development*. 2020; 68: 2449–2472. DOI: 10.1007/s11423-020-09767-4.

15. Hockly N. Digital literacies. *ELT Journal*. 2022; 76. DOI: 10.1093/elt/ccr077.

16. Titova S.V. *Tsifrovyye tekhnologii v obuchenii inostrannym yazykam: teoriya i praktika* = Digital technologies in teaching foreign languages: theory and practice. Moscow: LENAND; 2021. 256 p. (In Russ.)

17. Dudeney G., Hockly N., Pegrum M. Digital Literacies. London: Routledge; 2013. 400 p. DOI: 10.4324/9781315832913.

18. Tour E. Digital mindsets: Teachers' technology use. *Language Learning & Technology*. 2022; 26.

19. *Strategiya razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossiyskoy Federatsii na 2017–2030 gody* = Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017–2030 [Internet]. Available from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919>. (In Russ.)

20. *Pasport natsional'nogo proyekta «Obrazovaniye»* = Passport of the national project «Education» [Internet]. Available from: https://edu.gov.ru/application/frontend/skin/default/assets/data/national_project/main/Pasport_natsional'nogo_proyekta_Obravovaniye.pdf. (In Russ.)

21. Fedorova O.N. A Model for Developing Teacher Digital Maturity in the Continuous Education System. *Pedagogika* = Pedagogy. 2023; 2: 34–42. (In Russ.)

22. Профессиональный стандарт «Педагог» (приказ Минтруда России от 18.10.2013 № 544н) = Professional Standard «Teacher» (Order of the Ministry of Labor of Russia dated October 18, 2013, No. 544н) [Internet]. Available from:

https://shkolakochetovskaya-r68.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/profstandart/prikaz-544ot-18.10.13.pdf. (In Russ.)

23. FGOS VO 44.03.05 Pedagogicheskoye obrazovaniye (prikaz Minobrnauki Rossii ot 22.02.2018 № 125) = Federal State Educational Standard of Higher Education 44.03.05 Pedagogical Education (Order of the Ministry of Education and Science of Russia dated February 22, 2018, No. 125)

[Internet]. Available from: <https://fgos.ru/fgos/fgos-44-03-05-pedagogicheskoe-obrazovanie-s-dvumya-profilyami-podgotovki-125/>. (In Russ.)

24. Kontseptsiya razvitiya nepreryvnogo pedagogicheskogo obrazovaniya do 2030 goda = Concept for the Development of Continuous Pedagogical Education until 2030 [Internet]. Available from: <http://government.ru/docs/all/141781/>. (In Russ.)

Сведения об авторах

Анастасия Александровна Ворновская

К.п.н., доцент Высшей школы лингвистики ОНК
«Институт образования и гуманитарных наук»
Балтийский федеральный университет
им. Иммануила Канта,
Калининград, Россия
Эл. почта: avornovskaya1@kantiana.ru

Владислав Сергеевич Киселев

Аспирант по направлению 5.8.7 «Методология и
технология профессионального образования»
Балтийский федеральный университет
им. Иммануила Канта,
Калининград, Россия
Эл. почта: vsekiselev@stud.kantiana.ru

Information about the authors

Anastasia A. Vornovskaya

Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor of
the Higher School of Linguistics of the Institute of
Education and Humanities
Immanuel Kant Baltic Federal University,
Kaliningrad, Russia
E-mail: avornovskaya1@kantiana.ru

Vladislav S. Kiselev

Postgraduate student in the field of 5.8.7
«Methodology and Technology of Professional
Education»
Immanuel Kant Baltic Federal University,
Kaliningrad, Russia
E-mail: vsekiselev@stud.kantiana.ru

Бизнес-требования к цифровым образовательным платформам для организации сетевых программ дополнительного профессионального образования

Цель исследования. Разработка комплекса бизнес-требований к программному обеспечению цифровых образовательных платформ (ЦОП), предназначенных для формирования и реализации сетевых образовательных программ в дополнительном профессиональном образовании (ДПО).

Методы исследования. В исследовании использовались методы сравнительного анализа и декомпозиции. В результате анализа нормативно-правовой базы и научной литературы были выделены ключевые признаки сетевой формы реализации образовательных программ (СФРОП). Проведен сравнительный анализ семи отечественных образовательных платформ на предмет поддержки данных признаков. На основе выявленных ограничений существующих решений сформулирован комплекс бизнес-требований.

Результаты. Выделены пять ключевых признаков СФРОП (общий пул ресурсов, разнородные модули, гибкая организационная структура, интеграция с рынком труда, персонализация обучения), отличающих её от традиционных моделей организации сетевого обучения. Сравнительный анализ показал неполную поддержку этих признаков современными платформами, особенно в части

гибкой организационной структуры. На базе признаков сформулирован комплекс из пяти бизнес-требований (БТ-1 – БТ-5) к архитектуре сетевых цифровых образовательных платформ (СЦОП), направленных на обеспечение горизонтального сетевого взаимодействия, модульной сборки программ и динамической адаптации образовательных траекторий.

Заключение. Разработанный комплекс бизнес-требований обеспечивает методологическую основу для проектирования нового класса информационных систем – сетевых цифровых образовательных платформ, преодолевающих технологический разрыв между существующими решениями и потребностями сетевой организации ДПО. Требования носят инженерный характер и могут быть использованы для составления технического задания при создании конкретных платформ, реализующих преимущества СФРОП.

Ключевые слова: Дополнительное профессиональное образование, цифровая образовательная платформа, сетевая форма реализации образовательных программ, бизнес-требования.

Rustem I. Diveev

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Business Requirements for Digital Educational Platforms for Organizing Network Programs of Continuing Professional Education

The purpose of the research. Development of a set of business requirements for the software of digital educational platforms, intended for the formation and implementation of networked educational programs in continuing professional education.

Research methods. The study employed methods of comparative analysis and decomposition. Analysis of the regulatory framework and scientific literature resulted in the identification of key characteristics of the network form of educational program implementation. A comparative analysis of seven Russian-developed educational platforms was conducted to assess their support for these characteristics. Based on the identified limitations of existing solutions, a set of business requirements was formulated.

Results. Five key characteristics of the network form of educational program implementation were identified (shared resource pool, heterogeneous modules, flexible organizational structure, integration with the labor market, personalized learning), distinguishing it from traditional models of network education organization. The comparative analysis revealed incomplete support for these characteristics by modern platforms, particularly regarding the

flexible organization structure. Based on these characteristics, a set of five business requirements (business requirements - 1 – business requirements - 5) for the architecture of network digital educational platforms was formulated, aimed at ensuring horizontal network interaction, modular program assembly, and dynamic adaptation of educational trajectories.

Conclusion. The developed set of business requirements provides a methodological foundation for designing a new class of information systems – network digital educational platforms – that overcome the technological gap between existing solutions and the needs of networked continuing professional education organization. The requirements have an engineering nature and can be used for drafting technical specifications when creating specific platforms that realize the advantages of network form of educational program implementation.

Keywords: continuing professional education, digital educational platform, network form of educational program implementation, business requirements.

Введение

Цифровизация образования стимулирует появление новых организационных структур в ДПО, таких как образовательные консорциумы [1], которые становятся институциональной основой для реализации сетевых образовательных программ. Такие структуры выступают инфраструктурной основой и операционной средой для формирования новой образовательной экосистемы, функционирующей на принципах кооперации и глубокой специализации. Ключевым причиной их возникновения является способность цифровой среды обеспечивать стандартизированное описание компетенций и образовательного контента, создавая общий язык для взаимодействия различных организаций. В этой среде каждый участник сети (образовательная организация, фирма-партнер) может сконцентрироваться на своей ключевой компетенции (создание обучающего контента, проведение практических занятий, обеспечение методической поддержки), делегируя остальные функции партнерам. Сбор и анализ данных о процессе обучения в реальном времени обеспечивает высокий уровень понимания происходящего в системе и закладывает фундамент для доверия и устойчивого развития сетевых форм организации обучения по программам ДПО.

В контексте данной статьи, под **цифровой образовательной платформой** (ЦОП) будем понимать программное обеспечение, предоставляющее доступ к обучающим материалам и ресурсам через Интернет. Существующие ЦОП, такие как массовые открытые онлайн курсы (MOOC) или традиционные LMS-системы, эффективно решают задачи предоставления контента, но функционально ограничены рамками отдельной органи-

зации. Они не предназначены для гибкого конфигурирования учебных курсов из разных источников в единые образовательные программы. Их архитектура не поддерживает критически важные для сетевых форм процессы, в первую очередь — адаптацию образовательного контента под индивидуальные запросы обучающихся или организаций. Платформа работает по принципу фиксированного каталога, не предлагая ни персонализированных решений, ни консультационного сопровождения. Таким образом, технологическое несоответствие существующих решений новым организационным формам выступает одним из основных барьеров, замедляющих развитие полноценных образовательных экосистем.

Сетевая реализация образовательных программ особенно актуальна в ДПО из-за значительных отличий от высшего образования, в большей степени ориентированного на формирование системных фундаментальных знаний и общих компетенций в рамках длительного цикла обучения. В отличие от высшего образования ДПО характеризуется [2–4]:

- Высокой динамикой и скоростью изменения контента. Требования рынка труда и новые технологии формируют спрос на точечные, прикладные и актуальные «здесь и сейчас» компетенции, сложность поддержания компетенций преподавателями на уровне узких специализаций, которые реализуется в разных образовательных организациях.

- Модульностью и гибкостью. Программы ДПО должны быстро адаптироваться, собираться из актуальных модулей под конкретный запрос слушателя или компании-заказчика, которые не всегда преподаются в рамках одной образовательной организации.

- Практико-ориентированностью и привлечением носителей передовых практик. Ценность ДПО не столько в академическом знании, сколько в опыте реальных проектов и экспертизе от практикующих специалистов, не только из вузов.

Именно эти особенности делают сетевую форму естественной и оптимальной для ДПО. ЦОП с использованием сетевой формы позволяет:

- Организовать процесс создания образовательных программ высокого качества, координируя участников платформы, максимально заинтересованных в подготовке кадров высокой компетенции. Например, можно подключить университет (разработчик теоретического контента), IT-компанию (поставщик технологий) и отраслевого партнера (поставщик практических заданий).

- Обеспечить максимальную практическую актуальность за счет привлечения к преподаванию ведущих специалистов из партнерских компаний и отраслевых институтов, что напрямую повышает качество и практическую ценность программ.

- Собирать индивидуальные образовательные маршруты, позволяя обучающемуся проходить разные модули у разных поставщиков и получать уникальную квалификацию, релевантную его карьерным целям.

- Предоставлять доступ к уникальным нишевым и специализированным курсам, ориентируясь на реальные потребности пользователя, а не на предложение отдельного вуза.

- Формировать востребованные компетенции — платформа действует как экосистема, где можно найти не только редкие курсы, но и собирать комбинации модулей для обучения самым актуальным навыкам, гибко реагируя на запросы рынка.

Рассмотрим официальные данные [5] по доле сетевых образовательных программ и доле слушателей сетевых образовательных программ в ДПО для программ повышения квалификации и программ профессиональной переподготовки (рис. 1).

Из представленных графиков можно сделать следующие выводы:

- Доля сетевых программ в общем объеме программ ДПО стабильно держится на уровне 2–3%.
- Доля слушателей сетевых программ составляет 1,5–2,7% в программах повышения квалификации и 3,6–4,8% в программах профессиональной переподготовки.

– Общее количество программ и слушателей ДПО демонстрирует устойчивое состояние.

Таким образом, сетевая форма используется в ДПО и её процент стабилен, однако с точки зрения более точной реализации потребностей бизнеса и укрепления сотрудничества между образовательными организациями и компаниями с учетом перспективности следует увеличивать долю на рынке сетевой формы образовательных программ. Для реализации более сложных и экономически эффективных сетевых программ требуется более плотное и скоординированное сетевое взаимодействие между рядом организаций, которые могут

предоставить свои уникальные ресурсы для обеспечения образовательных процессов на основе нового поколения цифровых образовательных платформ.

Целью настоящей статьи является разработка комплекса бизнес требований к программному обеспечению ЦОП, предназначенной для формирования сетевых образовательных программ в ДПО. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выявить и систематизировать ключевые признаки сетевой формы обучения, отличающие её от традиционных образовательных моделей.
2. Выполнить сравнительный анализ современных об-

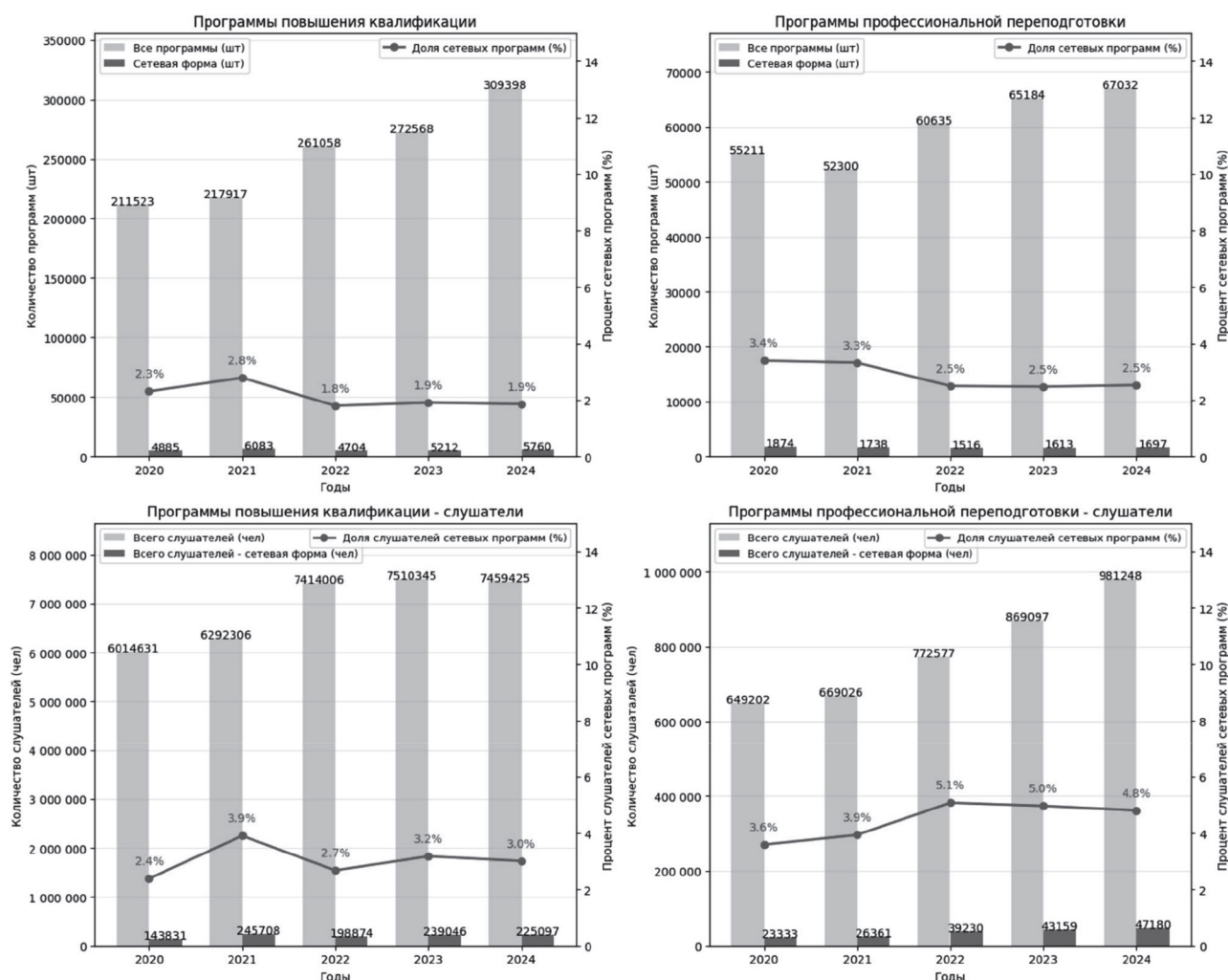


Рис. 1. Доля сетевых программ и доля слушателей сетевых программ среди программ повышения квалификации и программ профессиональной переподготовки (на основе данных из [5])

Fig. 1. The share of network programs and the share of network program students among advanced training programs and professional retraining programs (based on data from [5])

разовательных платформ на предмет реализации выявленных признаков сетевой формы.

3. Сформулировать бизнес-требования к цифровой платформе ДПО на основе выявленных недостатков, на основе которых можно построить эффективную архитектуру цифровой образовательной платформы.

Ключевые признаки сетевой формы реализации образовательных программ (СФРОП)

Рассмотрим **сетевую форму реализации образовательных программ (СФРОП)** с точки зрения нормативно-правовых актов Российской Федерации. В [6] она определяется как такая форма организации образовательной деятельности, которая обеспечивает возможность освоения обучающимся образовательной программы с использованием ресурсов нескольких организаций, осуществляющих образовательную деятельность, а также при необходимости с использованием ресурсов иных организаций. В [7] представлен пример договора, заключающегося между организациями на оказание сетевых образовательных услуг. В его рамках отношения сторон строятся по принципу “заказчик-подрядчик”: головная организация осуществляет финансирование и контроль над деятельностью организации-исполнителя. В работе [8] описаны возможные сценарии взаимодействия между различными типами организаций:

- образовательная организация — некоммерческая организация, основным видом деятельности которой является образовательная деятельность, осуществляемая на основании лицензии (ВУЗ, школа, училище);
- организация, осуществляющая обучение — юридическое лицо, осуществляющее на основании лицензии вме-



Рис. 2. Признаки сетевой формы реализации образовательных программ
Fig. 2. Characteristics of the network form of implementation of educational programs

Таблица 1 / Table 1

Признаки сетевой формы реализации образовательных программ
Characteristics of the network form of implementation of educational programs

№	Название	Описание
П1	Общий пул ресурсов	Возможность совместного использования несколькими организациями материально-технических, кадровых, информационных и (или) методических ресурсов, принадлежащих одной из организаций, при осуществлении образовательной деятельности. Например, использование вычислительных мощностей отдельно взятой организации при прохождении курса по машинному обучению, или привлечение эксперта предметной области как преподавателя из коммерческой организации в образовательных программах разных вузов.
П2	Разнородные модули	Отдельные части образовательной программы (дисциплины, модули) предоставляются разными организациями-партнерами, каждая из которых вносит свой экспертный вклад. Например, теоретические знания по отдельно взятой дисциплине могут преподаваться вузом, а практические занятия могут проводиться коммерческой организацией-партнером.
П3	Гибкая организационная структура	Гибкая и нелинейная организационная структура участников платформы (преподаватели, организации, координаторы) при создании образовательной программы и при проведении обучения по ней. Взаимодействие выстраивается по динамическим схемам, которые определяются конкретной программой и договоренностями, а не по жесткой иерархии.
П4	Интеграция с рынком	Взаимодействие с рынком труда и носителями практических знаний. Прямое участие коммерческих фирм и отраслевых объединений в создании и реализации образовательных программ в качестве полноценных партнеров, а не просто консультантов.
П5	Персонализация обучения	Возможность персонализировать обучение, что заключается в предоставлении нескольких вариантов образовательной программы (сценарное планирование) с использованием ресурсов, принадлежащих разным организациям как на уровне отдельного обучающегося, частного лица, так и на уровне группы обучающихся из одной организации-заказчика. Изменение образовательной программы может происходить как при динамическом формировании программы по набору требуемых компетенций, так и в процессе обучения в ответ на выявленные дефициты знаний или новые интересы у обучающегося.

Источник: составлено автором
Source: compiled by the author

сте с основной деятельностью образовательную деятельность в качестве дополнительного вида деятельности (коммерческая фирма);

- ресурсная организация – научные, медицинские, культурные и другие организации, обладающие необходимыми ресурсами для осуществления обучения, практики;

Анализ научной литературы и нормативных документов выявляет общие рамки сетевого взаимодействия, однако для проектирования ЦОП необходимо выделить конкретные наблюдаемые признаки сетевой формы. Они кратко отображены на рисунке 2.

Подробное описание признаков сетевой формы приведено в таблице 1.

Такие ЦОП, у которых есть все вышеперечисленные признаки можно назвать **сетевыми цифровыми образовательными платформами** (СЦОП). Эти платформы характеризуются тем, что на них строится множество образовательных программ под конкретные потребности, как правило, организаций заказчиков в обучении своих сотрудников. Для каждой из них создается проектная группа, поддерживающая образовательный процесс (координаторы программы, преподаватели, приглашенные эксперты), которую можно рассматривать как сетевое предприятие – **сетевая образовательная организация** (СОО), которая динамически формируется на общей цифровой образовательной платформе.

2. Сравнительный анализ отечественных ЦОП

Выделенные признаки формируют систему критериев для оценки существующих цифровых решений. В связи с этим был проведен сравнительный анализ отечественных и зарубежных образовательных платформ ДПО с целью определить, в какой степени они

Таблица 2 / Table 2

Сравнительный анализ отечественных цифровых образовательных платформ на степень реализации сетевой образовательной формы
Comparative analysis of domestic digital educational platforms for the degree of implementation of the network educational form

Название	Общий пул ресурсов П1	Разнородные модули П2	Гибкая структура П3	Интеграция с рынком П4	Персонализация обучения П5	Реализация СФРОП (%)
НОУ ИНТУИТ[9]	н/д	н/д	н/д	1[11]	1[10]	40%
Открытое образование[12]	1[13]	н/д	н/д	н/д	н/д	20%
Универсариум[14]	1[14]	н/д	н/д	1[15]	н/д	40%
GeekBrains[16]	1[17]	1[18]	н/д	1[17]	1[17]	80%
Нетология[19]	1[19]	1[20]	н/д	1[20–21]	1[22]	80%
Яндекс Практикум[23]	н/д	н/д	н/д	1[24]	1[24]	40%
Иннополис[25]	н/д	1[26–28]	н/д	1[29]	1[30]	60%
Наличие признака (%)	40%	30%	0%	60%	50%	

Источник: составлено автором
Source: compiled by the author

поддерживают архитектуру и принципы сетевого взаимодействия.

Для проведения сравнительного анализа были отобраны 7 отечественных платформ (таблица 2). Наличие у них ключевых признаков и эффектов сетевой формы оценивалось по бинарной системе (1/0), где 1 означает наличие критерия, 0 – его отсутствие. Неверифицируемые данные маркировались как «н/д». Признак для краткости обозначен аббревиатурой «П» с порядковой нумерацией. Были вычислены два интегральных показателя. **Процент реализации СФРОП** для конкретной платформы показывает, какую долю от пяти признаков сетевой формы она поддерживает, и является мерой её готовности к организации сетевых программ. **Процент наличия признака**, рассчитываемый по столбцу, демонстрирует, насколько распространен признак среди всех изученных платформ, выявляя тем самым наиболее и наименее развитые аспекты сетевого взаимодействия в текущих решениях.

По таблице с результатами сравнительного анализа можно сделать следующие выводы:

– Все признаки не наблюдаются в полной мере ни у одной современной отечественной образовательной платформы.

– Наибольшая степень реализации есть у образовательных платформ GeekBrains и Нетология.

– Признак наличия гибкой нелинейной организационной структуры участников СФРОП (П3) не обнаружен ни на одной из платформ. Это может быть фундаментальным архитектурным ограничением, связанным с ориентацией на одну организацию – владельца платформы.

Неполная степень реализации СФРОП в рассмотренных отечественных решениях обуславливает необходимость разработки цифровых образовательных платформ нового поколения – сетевых цифровых образовательных платформ (СЦОП), целенаправленно поддерживающих все ключевые признаки: общий пул ресурсов (П1), сборку программ из модулей разных поставщиков (П2), гибкую неиерархическую организационную структуру (П3), глубокую интеграцию с рынком труда (П4)

и персонализацию обучения (П5). При этом в архитектуре новых платформ следует развивать и адаптировать успешные практики, уже частично реализованные на рынке, такие как развитые каталоги курсов, системы взаимодействия с партнерами и элементы персонализации (например, как в платформах GeekBrains и Нетология), дополняя их новыми механизмами для горизонтального сетевого взаимодействия, координации и динамического формирования программ.

Бизнес-требования к СЦОП

Для преодоления выявленного технологического разрыва и создания СЦОП, соответствующей принципам сетевого взаимодействия, необходимо перейти от описания признаков к формулированию целей, которые такая система должна достигать. Бизнес-требования являются концептуальным мостом между аналитическими выводами и проектной спецификацией. Они определяют высокоуровневые потребности заказчиков, описывая, что должна обеспечивать платформа для поддержки жизненного цикла сетевых образовательных программ, не вдаваясь в технические детали реализации [31].

Сформулированные на основе выделенных признаков (П1-П5) бизнес-требования задают стратегические цели для проектирования СЦОП, фокусируясь на ключевых аспектах сетевого взаимодействия. Их полный комплекс систематизирован в таблице 3.

Бизнес-требования служат связующим звеном между аналитической частью исследования и практической разработкой. Они задают четкие ориентиры для последующей детализации — декомпозиции до уровня конкретных пользовательских требований и сценариев, что является следующим логическим шагом

Таблица 3 / Table 3
Бизнес-требования к сетевой образовательной платформе
Business requirements for the network educational platform

№	Название	Описание
БТ-1	Учет и бронирование ресурсов	Обеспечить централизованный учет и бронирование ресурсов участников образовательной платформы. СЦОП должна предоставлять общий каталог материально-технических, кадровых и методических ресурсов всех организаций-партнеров, что позволит планировать и совместно использовать уникальные активы (лаборатории, станки, вычислительные мощности, программное обеспечение, экспертов) для реализации СФРОП.
БТ-2	Модульная сборка образовательной программы	Поддерживать модульную сборку образовательной программы от множества независимых поставщиков образовательного контента. Система должна позволять конструировать образовательную программу ДПО из дисциплин или модулей, предоставляемых разными организациями-партнерами, где каждый участник отвечает за свой экспертный блок.
БТ-3	Гибкие схемы сетевого взаимодействия	Реализовать гибкие неиерархические схемы взаимодействия между всеми участниками платформы. СЦОП должна обеспечивать динамическое формирование рабочих групп (координаторы, преподаватели, организации) под конкретную образовательную программу. Взаимодействие должно быть построено на ролях и задачах в рамках проекта, а не на формальном подчинении.
БТ-4	Интеграция представителей рынка труда	Интегрировать представителей рынка труда в качестве полноценных партнеров на всех этапах жизненного цикла программы, развивая и адаптируя успешные практики взаимодействия, уже существующие в анализируемых платформах (например, привлечение экспертов из компаний), для их более системного включения в сетевые образовательные процессы.
БТ-5	Формирование и адаптация индивидуальных траекторий	Обеспечить формирование и динамическую адаптацию индивидуальных образовательных траекторий под конкретные запросы заказчиков. Платформа должна предоставлять инструментарий рабочей группе (координаторам, методистам) для сборки уникальной программы на основе целевых компетенций, а также для её последующей корректировки в процессе обучения на основе успеваемости обучающихся и меняющихся потребностей заказчика. При этом система должна поддерживать сценарное планирование, вариативность и оперативное внесение изменений в утвержденный учебный план.

Источник: составлено автором
Source: compiled by the author

в создании технического задания. Таким образом, бизнес-требования не только обобщают потребности новой организационной формы, но и обеспечивают переход к инженерной спецификации будущей системы.

Заключение

В результате проведенного исследования были решены задачи, направленные на формализацию требований к цифровой платформе для СФРОП в ДПО:

На основе анализа нормативно-правовых документов и научной литературы были выделены пять признаков сетевой формы реализации образовательных программ (П1-П5), отличающих её от традиционных моделей. Было введено понятие сетевой цифровой образовательной платформы, располагающей такими признаками.

Сравнительный анализ семи отечественных образовательных платформ по заданным признакам показал

неполную поддержку полноценного сетевого взаимодействия. Ни одна из рассмотренных платформ не реализует все признаки в полной мере, а гибкая нелинейная организационная структура (ПЗ) во все не поддерживается. Это подтверждает значительный технологический разрыв между существующими решениями и потребностями новой организации образовательной экосистемы и обосновывает необходимость разработки программного решения нового поколения — сетевой цифровой образовательной платформы.

Были сформулированы пять бизнес-требований к СЦОП (БТ-1 — БТ-5), которые целенаправленно ориентированы на обеспечение горизонтального сетевого взаимодействия. Эти требования задают стратегические цели по созданию

платформы как инфраструктуры для динамического формирования рабочих групп, сборки образовательных программ из распределенных ресурсов нескольких организаций и встраиванию носителей практических знаний из бизнес-среды в образовательный процесс.

Научная новизна исследования заключается в системном определении нового класса информационных систем в образовании — сетевых цифровых образовательных платформ (СЦОП). С помощью анализа нормативной базы и особенностей ДПО были выделены и формализованы её ключевые признаки (П1–П5), отличающие её от традиционных LMS и MOOK. Это позволило сформулировать целостный комплекс требований, который задает концептуальные рамки для проектирования данного класса систем.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанный комплекс требований содержит готовую методологическую основу для составления технического задания при создании конкретных цифровых платформ ДПО нового поколения. Предложенные требования носят инженерный характер и могут быть непосредственно использованы разработчиками, интеграторами и заказчиками для целенаправленного создания программного обеспечения, преодолевающего фрагментарность существующих решений и реализующий преимущества СФРОП.

Перспективы дальнейших исследований видятся в спецификации пользовательских требований и последующей детализации архитектурных решений на их основе, разработке прототипа ключевых модулей, в апробации модели.

Литература

1. Гнездова Ю.В. Образовательный консорциум — модель сетевой инновационной деятельности в системе образования // 15-ая международная научно-практическая конференция «Образование через всю жизнь: непрерывное образование в интересах устойчивого развития». 2017. С. 347–349.
2. Гам В.И., Михайлова В.Е. Сетевое взаимодействие как формат организации дополнительно профессионального образования // Общество: социология, психология, педагогика. 2020. № 2.
3. Telnov Yury & Diveev Rustem. Application of Multi-agent Technologies for Transforming Network Engineering Education. 2024. 1–7. DOI: 10.1109/Inforino60363.2024.10551967.
4. Дивеев Р.И., Тельнов Ю.Ф. Разработка программного прототипа цифровой платформы создания и мониторинга сетевых образовательных программ // XXVII Российская научная конференция «Инжиниринг предприятий и управление знаниями» (ИП&УЗ-2024, Россия, Москва, 28–29 ноября 2024 г.). М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2024. Т. 1. С. 99–109.
5. Дополнительное профессиональное образование [Электрон. ресурс] // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Режим доступа: <https://minobrnauki.gov.ru/action/stat/added/>.
6. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об образовании в Рос-

сийской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).

7. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 882/391 от 05.08.2020 — Порядок организации и осуществления образовательной деятельности при сетевой форме реализации образовательных программ.
8. Весна Е.Б., Гусева А.И. Модели взаимодействия организаций при сетевой форме реализации образовательных программ // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.
9. Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://intuit.ru/>.
10. НОУ ИНТУИТ // Сведения об образовательной организации [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://intuit.ru/content/svedeniya-ob-obrazovatelnoj-organizatsii>.
11. НОУ ИНТУИТ // Партнеры [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://intuit.ru/content/partnery>.
12. Открытое образование [Электрон. ресурс] // Официальный сайт. Режим доступа: <https://openedu.ru/>.
13. Открытое образование [Электрон. ресурс] // Стать партнером. Режим доступа: <https://openedu.ru/partners/apply/>.
14. Главная [Электрон. ресурс] // Универсарий. Режим доступа: <https://universarium.org/>.

15. Межвузовская площадка электронного образования [Электрон. ресурс] // Универсарий. Режим доступа: <https://universarium.org/about>.
16. GeekBrains — образовательный портал [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://gb.ru/>.
17. Книга о GeekBrains [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://gb.ru/book>.
18. Курс «Python-разработчик с AI»: обучение на онлайн курсе в GeekBrains [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://gb.ru/geek_university/developer/programmer/python-gb.
19. Онлайн обучение на образовательной платформе Нетология. IT курсы, обучение с трудоустройством [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://netology.ru/>.
20. Прикладной искусственный интеллект, высшее образование по нейросетям — онлайн-магистратура Нетологии [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://netology.ru/programs/prikladnoj-iskusstvennyj-intellekt#/program_variants_1.
21. Центр развития карьеры [Электрон. ресурс] // Нетология. Режим доступа: <https://netology.ru/students>.
22. Порядок обучения по индивидуальному учебному плану [Электрон. ресурс] // Нетология. Режим доступа: https://u.netology.ru/backend/uploads/page_assets/documents/file/68553/Portdok_obucheniya_po_individualnomu_uchebnomu_planu_w_OOO_Netologiq.pdf?_gl=1*12zebnx*_gcl_au*OTM2NjMxOTc2LjE3NjIzMjc3MDY.
23. Онлайн-курсы Яндекс Практикум — сервис онлайн-образования в сфере IT, обучение профессиям digital [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://practicum.yandex.ru/>.

24. Платформа оценки и развития сотрудников — Грейд от Яндекс Практикума [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://practicum.yandex.ru/grade/?from=b2b_landing#howweteach.
25. Университет Иннополис [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://innopolis.university/>.
26. Информатика и вычислительная техника [Электрон. ресурс] // ТИСБИ. Режим доступа: <https://www.tisbi.ru/obrazovanie/informatika-i-vichislitel'naya-tehnika>.
27. Менеджмент (профиль: Управление бизнес-аналитикой в IT (с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий)) — Сайт для абитуриентов [Электрон. ресурс] // Казанский федеральный университет. Режим доступа: <https://admissions.kpfu.ru/programs/38-04-02-menedzhment-profil-upravlenie-bizn-3/>.
28. Инженерия безопасности компьютерных систем и сетей, информационная безопасность [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://mospolytech.ru/postupayushchim/programmy-obucheniya/inzheneriya-bezopasnosti-kompyuternykh-sistem-i-setej/>.
29. EMBA: Технологическое лидерство [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://emba.innopolis.university/?utm_source=cdto?utm_source=innopolis_glavnaya.
30. Бакалавриат [Электрон. ресурс] // Университет Иннополис. Режим доступа: <https://apply.innopolis.university/bachelors/>.
31. Вигерс К., Битти Дж. Разработка требований к программному обеспечению. 3-е изд. / Пер. с англ. М.: Русская Редакция; СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 736 с.

References

1. Natsional'nyy proyekt «Ekonomika dannykh i tsifrovaya transformatsiya gosudarstva» = National Project «Data Economy and Digital Transformation of the State» [Internet]. Available from: <https://digital.gov.ru/target/natsionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-tsifrovaya-transformatsiya-gosudarstva>. (In Russ.)
2. Kholodkova M.V. Digital Transformation of Education: Challenges for the Pedagogical Community. *Vyssheye obrazovaniye segodnya* = Higher Education Today. 2022; 1: 56–61. (In Russ.)
3. Seliverstova N.A. Digital Literacy. *Vestnik nauki i obrazovaniya* = Bulletin of Science and Education. 2020; 5(83): 45–49. (In Russ.)
4. Gavrilova Ye.A. On Digital Literacy. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education. 2021; 2: 18–25. (In Russ.)
5. Ivanov V.V., Petrova S.M. Digital Literacy and the Development of Digital Competencies. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* = Higher Education in Russia. 2022; 31; 5: 78–95. (In Russ.)

6. Abramova I.V. Ways to Improve the Digital Literacy of Foreign Language Teachers in Universities. *Mir nauki. Pedagogika i psikhologiya* = The World of Science. Pedagogy and Psychology. 2022; 5: 34–42. (In Russ.)
7. Belova Ye.S. Digital Literacy of a Foreign Language Teacher in the Online Age: Formation and Development. *Inostrannyye yazyki v shkole* = Foreign Languages at School. 2023; 4: 45–52. (In Russ.)
8. Shcherbakova N.A. ICT Competence of a Foreign Language Teacher: Structure and Development Paths. *Yazyk i kul'tura* = Language and Culture. 2022; 12: 78–89. (In Russ.)
9. Markova O.YU. Digital Literacy in the Professional Training of Teachers. *Pedagogika* = Pedagogy. 2021; 8: 45–52. (In Russ.)
10. Panyukova S.V. Formation of ICT Competence of Future Teachers in the Context of Digitalization of Education. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii* = Higher Education in Russia. 2021; 4: 35–42. (In Russ.)

11. Khochenkova T.Ye. Model of Digital Competencies of Teachers: Terminological and Substantive Aspects. Vestnik RUDN. Seriya: Informatizatsiya obrazovaniya = Bulletin of RUDN University. Series: Informatization of Education. 2021; 18; 4: 314–325. (In Russ.)
12. Gilster P. Digital Literacy. New York: Wiley; 1997. 276 p.
13. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu [Internet]. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2017. Available from: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466>.
14. Falloon G. From digital literacy to digital competence. Educational Technology Research and Development. 2020; 68: 2449–2472. DOI: 10.1007/s11423-020-09767-4.
15. Hockly N. Digital literacies. ELT Journal. 2022; 76. DOI: 10.1093/elt/ccr077.
16. Titova S.V. Tsifrovyye tekhnologii v obuchenii inostrannym yazykam: teoriya i praktika = Digital technologies in teaching foreign languages: theory and practice. Moscow: LENAND; 2021. 256 p. (In Russ.)
17. Dudeney G., Hockly N., Pegrum M. Digital Literacies. London: Routledge; 2013. 400 p. DOI: 10.4324/9781315832913.
18. Tour E. Digital mindsets: Teachers' technology use. Language Learning & Technology. 2022; 26.
19. Strategiya razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossiyskoy Federatsii na 2017–2030 gody = Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017–2030 [Internet]. Available from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919>. (In Russ.)
20. Pasport natsional'nogo proyekta «Obrazovaniye» = Passport of the national project «Education» [Internet]. Available from: https://edu.gov.ru/application/frontend/skin/default/assets/data/national_project/main/Pasport_natsional'nogo_proyekta_Obravovaniye.pdf. (In Russ.)
21. Fedorova O.N. A Model for Developing Teacher Digital Maturity in the Continuous Education System. Pedagogika = Pedagogy. 2023; 2: 34–42. (In Russ.)
22. Professional'nyy standart «Pedagog» (prikaz Mintruda Rossii ot 18.10.2013 № 544n) = Professional Standard «Teacher» (Order of the Ministry of Labor of Russia dated October 18, 2013, No. 544n) [Internet]. Available from:

Сведения об авторе

Рустэм Ильясович Дивеев

Аспирант

Российский экономический университет

им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Эл. почта: rustem.diveev@gmail.com

Information about the author

Rustem I. Diveev

Postgraduate Student

Plekhanov Russian University of Economics,

Moscow, Russia

Email: rustem.diveev@gmail.com



УДК 37.032

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/1818-4243-2026-1-77-87>

Е.Ю. Петряева, Ю.И. Суменкова, М.Н. Федоровская

Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

Метаанализ связи кадровых характеристик учителей и академических результатов обучающихся

Цель исследования. Проведение метаанализа для выявления и систематизации связей между ключевыми кадровыми характеристиками учителей (профессиональная компетентность, мотивация, психологический климат, участие в дополнительном профессиональном образовании и другие) и академическими результатами обучающихся.

Материалы и методы. Метаанализ включил 35 научных статей, опубликованных в период с 2019 по 2025 год, отобранных из российских и международных электронных библиометрических баз. Критерии отбора: соответствие теме, наличие эмпирической выборки и количественных результатов. Для систематизации данных использовались методы контент-анализа и сравнительного анализа, сведенные в обобщающие таблицы по тематическим направлениям.

Результаты. Установлено, что наибольшее влияние на академические достижения учащихся оказывают профессиональная компетентность учителя (высокие корреляции $r = 0,675-0,89$), его внутренняя мотивация и удовлетворенность работой ($\beta = 0,34-12,56$; $r = 0,88-0,94$), а также качество отношений «учитель—ученик» (умеренные и высокие корреляции

$r = 0,41-0,725$). Систематическое дополнительное профессиональное образование демонстрирует устойчивую положительную связь с успеваемостью ($r = 0,678$; $\beta = 0,31$). Влияние таких факторов, как гендерное соответствие, заработная плата и стаж, оказалось слабым или статистически незначимым и сильно зависящим от контекста.

Заключение. Результаты метаанализа подтверждают, что образовательная эффективность в значительной степени детерминирована комплексом психолого-педагогических и личностных характеристик учителя, а не только его формальными параметрами. Наиболее действенными направлениями образовательной политики являются инвестиции в развитие компетентности, поддержку мотивации и благоприятного психологического климата, а также в создание систем непрерывного профессионального развития педагогов.

Ключевые слова: академические результаты, кадровые характеристики учителей, метаанализ, профессиональная компетентность, образовательная эффективность.

Elena Yu. Petryaeva, Yulia I. Sumenkova, Maria N. Fedorovskaya

Moscow City University, Moscow, Russia

A Meta-Analysis of Relationship Between Teachers' Personnel Characteristics and Academic Results of Students

Purpose of the research. To conduct a meta-analysis to identify and systematize the relationships between key teachers' personnel characteristics (professional competence, motivation, psychological climate, participation in further professional education, and others) and academic results of students.

Materials and methods. The meta-analysis included 35 scientific articles published between 2019 and 2025, selected from Russian and international electronic bibliometric databases. The selection criteria were relevance to the topic, the presence of an empirical sample, and quantitative results. We used content analysis and comparative analysis methods to systematize the data, summarizing the findings in thematic summary tables.

Results. The analysis established that the greatest influence on student academic achievement comes from a teacher's professional competence (high correlations $r = 0.675 - 0.89$), their intrinsic motivation and job satisfaction ($\beta = 0.34 - 12.56$; $r = 0.88 - 0.94$), and the quality

of the teacher-student relationship (moderate to high correlations $r = 0.41 - 0.725$). Systematic further professional education shows a consistent positive association with academic performance ($r = 0.678$; $\beta = 0.31$). The influence of factors such as gender matching, salary, and length of service proved weak or statistically insignificant and highly context-dependent.

Conclusion. The meta-analysis results confirm that educational effectiveness is largely determined by a complex of a teacher's psychological, pedagogical, and personal characteristics, rather than by their formal parameters alone. The most effective directions for educational policy are investing in competence development, supporting motivation and a positive psychological climate, and creating systems for teachers' continuous professional development.

Keywords: academic results, teachers' personnel characteristics, meta-analysis, professional competence, educational effectiveness.

Введение

Метаанализ исследований, посвященных анализу кадровых характеристик учителей и их влиянию на результаты учеников критически важен для улучшения образовательных систем. Он позволяет выявлять эффективные практики обучения и факторы успеха (например, компетентность, отношения в классе), оптимизировать подготовку учителей через дополнительное профессиональное образование и психологическую поддержку, мотивацию, учет культурных и социальных особенностей, формирование образовательной политики на основе данных, систематизировать данные через выявление универсальных закономерностей.

Материалы и методы

Для поиска научных работ были использованы данные российских и международных электронных библиотек, таких как КиберЛенинка, eLIBRARY, ResearchGate, ScienceDirect и National Library of Medicine; научного журнала Frontiers, который включен в базу данных Scopus; издательства Чикагского университета (University of Chicago Press); независимой издательской компании SAGE Publishing, публикующей научную литературу; нейросети Semantic Scholar для поиска научных публикаций; а также других ресурсов. Отбор исследований производился по следующим критериям: опубликован за последние 6 лет (с 2019 по 2025 гг.), соответствуют теме исследования: анализ кадровых характеристик учителей и их влияние на результаты учеников. Первоначально было собрано 97 публикаций. В сводной таблице для каждого источника были указаны следующие сведения: направление и аннотация исследо-

вания, электронная ссылка на ресурс, а также библиографическая ссылка на публикацию.

В результате анализа было отобрано 35 научных статей, соответствующих следующим критериям: проведено научное исследование, соответствующей тематики; имеется выборка; получены и описаны результаты, которые можно соотнести с результатами других исследований. Для каждого источника были обработаны и систематизированы сведения в сводной таблице по следующим характеристикам: направление, год издания, страна, регион, направление, объем выборки, цель, исследовательские вопросы, методология, методы, выводы, электронная ссылка на ресурс и библиографическая ссылка на публикацию.

Проведенный анализ научных исследований отражает глобальный интерес к роли учителя в успеваемости учеников, с акцентом на качество преподавания, отношения и мотивацию. Исследования разнообразны по методам и масштабам, что делает анализ комплексным, но требует осторожности в интерпретации отдельных результатов.

Исследования охватывают широкий 16 стран (Аргентина, Австралия, Бангладеш, Бельгия, Бутан, Германия, Китай, Малайзия, Нидерланды, Нигерия, Пакистан, Филиппины, Россия, Саудовская Аравия, США, Эфиопия), что позволяет анализировать влияние характеристик учителей в разных культурных и образовательных контекстах. Рассмотренные исследования относятся к следующим тематическим разделам: компетентность учителей (методы преподавания, квалификация, психологическая поддержка, образование) — 11 работ; климат — 9 исследований; дополнительное профессиональное образование — 4 работы; мотивация и удовлетворенность

работой — 4 исследования; гендерный аспект — 3 работы, редко встречающиеся темы исследования: заработная плата, обратная связь, профессиональные дефициты, стаж / опыт работы.

Некоторые работы основаны на крупных выборках (например, 403 984 ученика в Нидерландах, 233 961 ученик в Китае). Другие — на малых (например, 4 учителя в Гонконге), что может ограничивать репрезентативность, но углублять качественный анализ.

Всего в научных публикациях выборка исследований составила: 444 326 учеников, 32 526 учителей, 94 — законных представителя (родителей), 2 227 школы, 54 класса, 990 уроков, 110 регионов РФ, 107 района, 12 фокус-групп, 74 эмпирических исследования.

Результаты исследования

1. Компетентность педагога

Анализ современных исследований позволяет системно оценить влияние различных аспектов профессиональной компетентности педагога на академические результаты учащихся. В исследованиях компетентность рассматривается как многомерный конструкт, включающий предметные знания, педагогические навыки и личностные характеристики учителя: базовое педагогическое образование и квалификация демонстрируют устойчивую положительную связь с академическими достижениями учащихся, что подтверждается значимыми корреляциями между работой учителей-выпускников педагогических вузов и результатами учеников [7]; социально-эмоциональные аспекты компетентности оказывают системное влияние на образовательные результаты, где качество отношений опосредует влияние профессиональной компетентности на успеваемость [11]; структу-

ра профессиональной компетентности включает множественные компоненты: предметно-педагогические знания [3], педагогические практики [8] и профессиональные убеждения [6], что подтверждает ее комплексный характер (таблица 1).

2. Климат

Анализ современных исследований позволяет выявить устойчивую связь между качеством взаимоотношений «учитель—ученик» и академическими результатами обучающихся. Позитивный

психологический климат и поддерживающие отношения не только напрямую влияют на успеваемость, но и опосредуют влияние других факторов: выявлена устойчивая положительная связь между качеством отношений и академической успеваемостью, что демонстрируют как мета-анализы [15], так и эмпирические исследования в различных культурных контекстах [18, 19]; влияние отношений опосредовано комплексом психологических факторов, где ключевыми медиаторами выступают учебная мотива-

ция [13] и самооффективность учащихся [20]; поддерживающие отношения выполняют защитную функцию, способствуя не только академическим достижениям, но и когнитивному развитию через поддержку рабочей памяти и снижение конфликтных взаимодействий [14]; сила связи варьируется в зависимости от контекстуальных факторов, включая уровень образования, учебный предмет, географический регион и пол учащихся, что указывает на необходимость ситуативного подхода [15] (таблица 2).

Таблица 1 / Table 1

Исследование связи компетентности педагога с успеваемостью учащихся
The study of the relationship between teacher competence and student performance

Автор(ы), страна, год	Выборка	Методология	Основные выводы / Корреляции (связь с успеваемостью)
Моросанова и др. (Россия, 2025) [1]	559 учащихся	Анкетирование, анализ успеваемости	Прямая связь с успеваемостью: психологическая поддержка ($r = 0,135^{**}$, $p = 0,001$), содержание обучения ($r = 0,128^{**}$, $p = 0,001$); инструментальная поддержка – связи нет ($r = 0,080$, $p = 0,009$).
Ahmed et al. (Эфиопия, 2025) [2]	1440 учеников, 60 учителей	Стандартизированный шкалированный тест, описательная и инференциальная статистика	Связь между экзаменами на получение лицензии профессиональной компетентности учителей, профессиональной компетентностью учителей и академической успеваемостью учащихся ($r = 0,89$, $p < 0,01$).
Ramon & Oso (Филиппины, 2024) [3]	161 учитель, 701 учащийся	Описательно-корреляционный метод, анкетирование	Значимая корреляция знаний учителей и успеваемости: «Знания и педагогика» ($r = 0,675$, $p = 0,001$), «Учебная среда» ($r = 0,654$; $p = 0,001$).
Филатов (Россия, 2022) [4]	136 учителей	Комплекс методов	В оценке компетентности учителя учитываются профессиональные, психологические и социальные факторы и результаты учащихся.
Engida et al., (Эфиопия, 2024) [5]	189 учащихся	Анкетирование и анализ экзаменационных работ учащихся	Положительная связь показателей качества преподавания с успеваемостью учащихся ($\text{sig} = 016$) по английскому языку.
Гасинец и др. (Россия, 2022) [6]	4405 учителей, 12 фокус-групп, 84 региона РФ	Всероссийский онлайн-опрос, фокус-группы	Более 70% учителей считают, что семейная поддержка играет ведущую роль в формировании учебного успеха ученика, а агентность учителя не оказывает влияния.
Матвеева и др. (Россия, 2020) [7]	295 учеников, 838 учителей, 179 школ	Анализ документов, корреляционный анализ	Средняя корреляционная связь между учителями (выпускники педвуза) и числом учащихся с высокими баллами ЕГЭ ($r = 0,64$). В успешных школах работают 61% выпускников педвуза, в слабых – 47%.
Francisco & Celon (Филиппины, 2020) [8]	55 учителей, 295 учащихся	Описательно-корреляционный метод, анкетирование	Оценочные практики оказали наибольшее влияние на успеваемость по английскому языку (бета-коэффициент = 0.26), в отличие практик планирования и преподавания.
Francisco (Филиппины, 2020) [9]	37 учителей, 400 учащихся	Описательно-корреляционный метод, анкетирование	12 личных и профессиональных характеристик учителей (возраст, стаж и др.) не оказали значимого влияния на успеваемость по английскому языку.
Akram (Пакистан, 2019) [10]	2000 учащихся, 40 школ	Опросник, корреляционный и регрессионный анализ	Множественный регрессионный анализ показал, что 32 % дисперсии успеваемости учащихся по английскому языку и 12 % – по математике объясняются показателями эффективности учителей.
Fauth et al. (Германия, 2019) [11]	1070 учащихся, 54 класса	Анализ открытых уроков и показателей результативности учеников	Компетентность учителя (знание педагогического материала, самооффективность и энтузиазм в обучении) положительно влияют на интерес учащихся.

Исследование связи климата / взаимоотношений педагога и учеников с успеваемостью учащихся
Research on the relationship of climate / teacher-student interactions to student performance

Автор(ы), страна, год	Выборка	Методология	Основные выводы / Корреляции (связь с успеваемостью)
Ezugwu et al. (Нигерия, 2024) [12]	21989 учащихся, 297 школ	Корреляционный опрос, регрессионный анализ	Умеренная связь между уровнем отношений и академической успеваемостью ($r = 0,41$), прогностическая сила составила 16%.
Nazish & Kang (Пакистан, 2024) [13]	250 учащихся	Статистические методы	Умеренная связь между уровнем отношений «учитель-ученик» и академической успеваемостью ($\chi^2 = 10.444$, $p = 0.031$, Cramer's $V = 0.30$).
Sankalaite et al. (Бельгия, 2023) [14]	105 детей, их родители и учителя	Лонгитюдное исследование, онлайн-анкеты, тестирование	Конфликтные отношения отрицательно коррелируют с успеваемостью по математике ($r = -0.112...-0.143$), близкие отношения – «+» ($r = 0.218$, $p < 0.01$).
Lei et al., Китай, 2023 [15]	74 исследования, 233961 учащийся (метаанализ)	Трехуровневый метаанализ	Умеренная положительная связь между отношениями и успеваемостью: $r = 0.259$ (95%). Сила связи варьируется в зависимости от региона, уровня образования, предмета и пола ученика.
Nonyelum et al. (Нигерия, 2022) [16]	1364 учащихся	Описательный дизайн, анкетирование	Открытое общение и взаимное уважение учителя повышают успеваемость по математике.
Olarewaju et al. (Нигерия, 2022) [17]	310 учителей	Метод описательного опроса, анкетирование	Уровень отношений между учителями и учениками высокий (среднее = 3.14), но значимая связь с успеваемостью не выявлено ($r = 0.263$).
Rabo (Нигерия, 2022) [18]	3582 учителя, 6836 учеников	Корреляционный метод исследования, анкетирование	Положительная и значимая связь между отношениями «учитель–ученик» и успеваемостью учеников ($r = 0,725$, $p = 0,000$).
Gyeltshen S. & Gyeltshen N. (Бутан, 2022) [19]	140 учащихся, 430 учителей	Смешанный метод, опрос, интервью, тематический анализ	Поддерживающие отношения «учитель-ученик» повышают вовлеченность и мотивацию учеников, что ведет к повышению успеваемости: ($r = .678^{**}$).
Xu & Qi (Китай, 2019) [20]	42643 учащихся, 762 школы, 104 района	Анкетирование, тестирование, статистический анализ	Положительная связь между качеством отношений и уровнем самооэффективности учащихся ($r = 0.222 \sim 0.496$, $p < 0.01$).

3. Мотивация и удовлетворенность работой

Анализ современных исследований позволяет выявить системное влияние мотивации и удовлетворенности педагогов на образовательные результаты учащихся через комплекс психологических и организационных механизмов: внутренняя мотивация учителей (профессиональный рост, отношения) оказывает более сильное влияние на успеваемость учащихся, чем внешние стимулы [22, 24]; психологическая поддержка со стороны учителя является ключевым фактором учебной вовлеченности и благополучия учащихся, что в итоге улучшает их академические показатели [23]; удовлетворенность учителей работой положительно коррелирует с успеваемостью учащихся, особенно в аспек-

тах самореализации и межличностных отношений [21, 24] (таблица 3).

4. Дополнительное профессиональное образование

Анализ современных исследований позволяет выявить и систематизировать данные о влиянии дополнительного профессионального образования (ДПО) и повышения квалификации (ПК) педагогов на академические результаты учащихся: комплексные программы ДПО, такие как профессиональные учебные сообщества (professional learning communities – PLCs), оказывают значимое положительное влияние на эффективность работы учителей, что, в свою очередь, способствует улучшению образовательной среды

для учащихся [26]; развитие профессиональных компетенций учителей, особенно в области оценивания, является долгосрочным процессом, требующим непрерывной поддержки и практики, а не разовых мероприятий [28]; существует прямая статистически значимая корреляция между уровнем знаний и компетентностью учителей, сформированной в рамках ДПО / ПК, и академической успеваемостью их учеников [27] (таблица 4).

5. Гендерный аспект

Анализ эмпирический данных показал, что влияние гендерного признака педагога на академические результаты учащихся не является линейным и универсальным, а сильно зависит от контекстуальных факторов: наличие учителя

Таблица 3 / Table 3

Исследование связи между мотивацией / удовлетворенностью педагогов и успеваемостью учащихся
Study on the relationship between motivation / satisfaction of teachers and student performance

Автор, страна, год	Выборка	Методология	Основные выводы / Корреляции (связь педагог-ученик)
Sinoy, (Аргентина, 2024) [21]	95 учителей	Описательно-корреляционный метод, анкетирование, данные об успеваемости учеников	Сильная связь между удовлетворенностью учителя и эффективностью преподавания, которая определяет успеваемость учеников ($r = 0.88 - 0.94$, $p < 0.01$).
Nahid et al., (Пакистан, 2023) [22]	20 учителей	Качественные интервью, открытые уроки	Мотивированные педагоги повышают вовлеченность и результаты учеников через эффективное преподавание и индивидуальную поддержку.
Лункина и др., (Россия, 2023) [23]	2028 учеников, 73 школы, 16 регионов	Анкетирование, эксплораторный факторный анализ, экспертная оценка опросника	Психологическая поддержка учителя ($\beta = 0,34-0,24$, $p < 0,01$) – самый сильный показатель вовлеченности и успеваемости, инструментальная – ниже ($\beta = 0.14-0,09$, $p < 0,01$).
Gu & Zhou, (Китай, 2020) [24]	14466 учителей, 128356 учеников из 1732 школ	Иерархическая линейная модель	Удовлетворенность учителей в отношении самореализации ($\beta = 12.56$) и отношений на работе ($\beta = 12.55$) показала значительную положительную корреляцию с успеваемостью учеников.

Таблица 4 / Table 4

Исследование связи между дополнительным повышением образования / повышением квалификации и успеваемостью учащихся
Research on the relationship between additional education / professional development and student performance

Автор(ы), страна, год	Выборка	Методология	Основные выводы / корреляции, подтверждающие связь
Скрипкина, Караев (Россия, 2025) [25]	Ученики и учителя школ из 3-х городских районов	Показатели: успеваемость учеников 9-х и 11-х классов, ПК учителей	Эффективность квалификации преподавателей в повышении успеваемости разная, зависит от предмета, уровня подготовки учащихся и локального контекста.
Mydin et al. (Китай, 2024) [26]	396 учителей, 18 школ	Анализ различных источников данных	Все 5 измерений профессиональных учебных сообществ (PLC) положительно влияют на эффективность работы учителей ($\beta = 0.31 - 0.19$, $p < 0.001$).
Zakaria et al. (Малайзия, 2021) [27]	374 учителя, 85 школ	Количественное исследование (опрос)	Профессионализм учителей значимо влияет на успех учащихся: $r = 0.678$ и объясняет 46% ($r^2 = 0.46$, $p < 0.005$) их успеха.
Маk (Гонконг, Китай, 2019) [28]	4 учителя, 2 школы	Смешанные методы	Программа ПК положительно влияют на оценочные компетенции учителей, но требует длительной поддержки.

Таблица 5 / Table 5

Исследование связи между гендерным признаком педагога / ученика и успеваемостью учащихся
Research on the relationship between teacher / student gender and student performance

Автор(ы), страна, год	Выборка	Методология	Основные выводы / Корреляции, подтверждающие связь
Doornkamp et al., (Нидерланды, 2024) [29]	403984 учащихся, 195 школ	Онлайн-опрос	Пол учителя оказывает влияние на успеваемость учеников, в зависимости от контекста и предмета.
Alnahdi & Schwab (Саудовская Аравия, 2023) [30]	10817 учащихся, 437 учителей	Анализ данных международных исследований и анкетирование	Положительная связь между работой учителей-женщин и успеваемостью, сильнее выражена у девочек (математика: $r = 0.183$ девочки, $r = 0.165$ мальчики; естественные науки: $r = 0.216$ девочки, $r = 0.180$ мальчики).
Jones (США, 2022) [31]	10156 учащихся, 658 учителей	Количественный сравнительный анализ двух округов	Разнообразие учителей (в т.ч. гендерное и расовое) не оказало статистически значимого влияния на разрыв в успеваемости или общие результаты учащихся.

того же пола, что и ученик, может положительно влиять на результаты, но это влияние варьируется в зависимости от учебной дисциплины, эффект усиливался в определенных контекстах (например, для мальчиков, изучающих языки в пригородных школах эффект влияния выше) [29]; исследования указывают, что женщины-педагоги в среднем демонстрируют более высокое качество преподавания и отношений в классе, что частично объясняет лучшие академические результаты их учеников, особенно девочек [30]; культурный и институциональный контекст является критически важным маркером проявления силы связи между гендером учителя и результатами учеников, что подтверждается раз-

Таблица 6 / Table 6

Исследование влияние факторов профессиональной деятельности педагогов на академические результаты учащихся

Study of the impact of factors related to teachers' professional activities on students' academic results

Автор(ы), страна, год	Выборка	Методология	Основные выводы / корреляции, подтверждающие связь
Hasan (Бангладеш, 2024) [32]	55 учителей	Анкетирование, регрессионный анализ	Конструктивная обратная связь имеет высокую корреляцию с улучшением результатов ($r^2 = 1.00$).
Gore et al. (Австралия, 2023) [33]	512 учителей, 990 уроков	Наблюдение за уроками, стандартизированная оценка качества, анкетирование	Качество преподавания не зависит от стажа учителя.
Новопашина и др. (Россия, 2021) [34]	3375 учителей	Факторный анализ данных опроса и результатов ЕГЭ	Профессиональные пробелы учителей оказывают влияние на результаты ЕГЭ (65% общей дисперсии результатов).
Yontz & Wilson (США, 2021) [35]	3595 учителей	Анализ данных заработной платы педагогов и успеваемости учащихся за 6 лет	Повышение средней зарплаты учителей на 10% связано с ростом показателя академического роста учащихся ($\beta = 4.504$, $p < 0.01$) только в благополучных округах.

Таблица 7 / Table 7

Рейтинг факторов влияния на академические достижения учеников

Ranking of factors influencing students' academic achievement

Ранг	Фактор	Сила влияния (корреляции)	Страна исследования	Примеры из метаанализа (краткое пояснение)
1	Компетентность	Высокая ($r = 0.675-0.89$; $\beta = 0.26$)	Россия, Эфиопия, Филиппины, Австралия, Германия, Пакистан	Предметно-педагогические знания, психологическая поддержка и качество преподавания демонстрируют устойчивые и сильные прямые связи с успеваемостью.
	Мотивация	Высокая ($\beta = 0.34-12.56$)	Пакистан, Россия, Китай	Внутренняя мотивация, энтузиазм и аспекты самореализации учителей демонстрируют устойчивую положительную связь с успеваемостью и вовлеченностью учащихся.
	Удовлетворенность работой	Высокая ($r = 0.88-0.94$, $p < 0.01$)	Аргентина	Обнаружена сильная связь между удовлетворенностью учителя и эффективностью преподавания, которая напрямую определяет успеваемость учеников.
2	Климат	Высокая / Средняя ($r = 0.41-0.725$)	Нигерия, Пакистан, Бельгия, Китай, Бутан	Качество отношений «учитель-ученик» — ключевой предиктор. Сила связи варьируется от умеренной до высокой, опосредована мотивацией и самооэффективностью.
	ДПО	Средняя / Высокая ($r = 0.678$; $\beta = 0.31$)	Россия, Китай, Гонконг, Малайзия	Систематическое повышение квалификации (в т. ч. в рамках профессиональных сообществ) значительно коррелирует с компетентностью учителей и успехами учеников.
	Обратная связь	Средняя / Высокая ($R^2 = 1.00$)	Бангладеш	Конструктивная обратная связь сильно коррелирует с улучшением результатов, в то время как негативная — снижает мотивацию.
3	Проф. дефициты	Средняя (Объясняют ~65 % дисперсии)	Россия	Выявлена устойчивая предметно-специфическая связь профессиональных дефицитов учителей с результатами ЕГЭ, что требует адресного подхода к повышению квалификации.
4	Гендерный признак	Средняя / Низкая ($r = 0.165-0.216$)	Нидерланды, Саудовская Аравия, США	Влияние нелинейно и сильно зависит от контекста (предмет, культура). В среднем, эффект гендерного соответствия или признака учителя — от слабого до умеренного.
5	Заработная плата	Низкая ($\beta = 4.504$)	США	Статистически значимое, но слабое и контекстно-зависимое влияние. Эффект заметен лишь в определенных социально-экономических условиях.
	Стаж и опыт	Низкая (связь не выявлена)	Австралия	Метаанализ не выявил существенной связи между стажем учителя и качеством преподавания или результатами учеников. Начинающие учителя могут быть столь же эффективны.

нонаправленными результатами исследований из разных стран [29, 30, 31] (таблица 5).

6. Дополнительные признаки

Представленные исследования раскрывают комплексное влияние факторов профессиональной деятельности педагогов на академические результаты учащихся: заработная плата учителей оказывает статистически значимое, но ограниченное прямое влияние на академические результаты учащихся, которое сильно зависит от социально-экономического контекста и проявляется в наименее благополучных округах [35]; качество и характер педагогической обратной связи являются значимым фактором академической успеваемости: конструктивная обратная связь напрямую коррелирует с улучшением результатов, в то время как негативная — демотивирует учащихся [32]; профессиональный опыт не является гарантией качества преподавания, поскольку начинающие учителя с качественной подготовкой демонстрируют уровень педагогического мастерства, сопоставимый с опытными коллегами [33]; профессиональные дефициты учителей имеют устойчивую предметно-специ-

фическую связь с результатами обучения (особенно по математике, литературе, истории и английскому языку), что определяет необходимость адресного подхода к повышению квалификации [34] (таблица 6).

7. Рейтинг факторов влияния на академические достижения учеников

Пояснения к столбцу «Сила влияния»: высокая: наличие устойчивых и статистически значимых корреляций (например, $r > 0.5$ или $\beta > 0.25$) в большинстве исследований из разных стран; средняя: наличие устойчивых, но умеренных корреляций (например, r в диапазоне 0.3–0.5) или сильное влияние в рамках одного контекста / исследования; низкая: слабая или статистически незначимая корреляция, либо влияние, которое проявляется только в специфических условиях (таблица 7).

Обсуждение и заключение

Ключевые выводы из метаанализа исследований:

— Качество взаимодействия (эмоциональная поддержка, доверие, коммуникация) напрямую коррелирует с мотивацией, вовлеченностью и успеваемостью учащихся.

— Наибольшее влияние на

академические результаты оказывают умение создавать благоприятную учебную среду, использование современных методов оценивания, индивидуальный подход к ученикам.

— Чем выше энтузиазм и профессиональная самореализация педагога, тем лучше результаты учеников.

— Влияние гендерного соответствия учителя и ученика зависит от предмета (например, в математике и естественных науках эффект слабее).

— Программы повышения квалификации эффективны, если включают практику, рефлексию и наставничество.

— Влияние этнического, гендерного и культурного разнообразия учителей на успеваемость не подтверждено статистически.

В то же время в исследованиях были обнаружены противоречия:

1) Стаж / качество преподавания: нет однозначной связи между стажем и эффективностью учителя. В некоторых исследованиях начинающие педагоги показывают результаты, сопоставимые с опытными.

2) Гендерное соответствие: в одних работах отмечается его влияние (например, на социализацию девочек), в других — нет значимой корреляции.

Литература

1. Моросанова В.И., Фомина Т.Г., Филиппова Е.В. Осознанная саморегуляция, школьная вовлеченность, качество преподавания как ресурсы субъективного благополучия и успеваемости обучающихся // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2025. Т. 48. № 1. С. 55–77. DOI: 10.11621/LPJ-25-03.
2. Ahmed A.M., Worku B.N., Ayane Z.N. Enhancing teachers' professional competence through licensure tests and intervention: a study on teacher competence and student academic performance in Ethiopia // Discov Educ. 2025. Т. 4. № 1. С. 322. DOI: 10.1007/s44217-025-00561-z.
3. Pamon E., Oco R. Teachers' Competence and Learners' Academic Performance // International journal of multidisciplinary research and analysis. 2024. Т. 7. № 3. DOI: 10.47191/ijmra/v7-i03-63.
4. Филатов А.В. Выявление критериев эф-

фективной работы учителя как фактор повышения качества образования в школе // Образование, профессиональное развитие и сохранение здоровья учителя в XXI веке. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет. 2022. С. 414–419.

5. Engida M.A., Iyasu A.S., Fentie Y.M. Impact of teaching quality on student achievement: student evidence // Frontiers in Education. 2024. Т. 9. С. 136–317. DOI: 10.3389/educ.2024.1367317.

6. Гасинец М.В., Капуза А.В., Добрякова М.С. Агентность учителей в формировании учебного успеха школьников: роли и убеждения // Вопросы образования. 2022. № 1. С. 75–97. DOI: 10.17323/1814-9545-2022-1-75-97.

7. Матвеева Н.А., Кулиш В.В., Лазаренко И.Р. Влияние качества педагогического образования учителя на результативность обучения выпускника школы // Science for Education

Today. 2020. Т. 10. № 4. С. 156–173. DOI 10.15293/2658-6762.2004.10.

8. Francisco Ch., Celon L. Teachers' Instructional Practices and Its Effects on Students' Academic Performance // Online Submission. 2020. Т. 6. № 7. С. 64–71.

9. Francisco A. Teachers' Personal and Professional Demographic Characteristics as Predictors of Students' Academic Performance in English // International Journal of Management, Technology, and Social Sciences. 2020. Т. 5. № 2. С. 80–91. DOI: 10.47992/IJMTS.2581.6012.0105.

10. Akram M. Relationship between Students' Perceptions of Teacher Effectiveness and Student Achievement at Secondary School Level [Электрон. ресурс] // Bulletin of Education and Research. 2019. Т. 41. № 2. С. 93–108. Режим доступа: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1229453.pdf>.

11. Fauth B., Decristan J., Decker A.-T., Büttner G., Hardy I., Klieme E., Kunter M. The effects of teacher competence on student outcomes in elementary science education: The mediating role of teaching quality // Teaching and Teacher Education. 2019. Т. 86. С. 102882. DOI: 10.1016/j.tate.2019.102882.

12. Ezugwu I., Dadzie J., Ocheni Ch. Enhancing students' academic achievement in basic science: the role of assessment for learning, classroom management, and teacher-student relationships // European Journal of Education Studies. 2024. № 11. С. 196–214. DOI: 10.46827/ejes.v11i5.5298.

13. Nazish A., Kang M. Exploring the Positive Teacher-Student Relationship on Students' Motivation and Academic Performance in Secondary Schools in Karachi // Academy of Education and Social Sciences Review. 2024. № 4. С. 149–159. DOI: 10.48112/aessr.v4i2.710.

14. Sankalaite S., Huizinga M., Warreyn P., Dewandeleer J., Baeyens D. The association between working memory, teacher-student relationship, and academic performance in primary school children // Front. Psychol. 2023. Т. 14. С. 1240741. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1240741.

15. Lei H., Wang X., Chiu M. M., Du M., Xie T. Teacher-student relationship and academic achievement in China: Evidence from a three-level meta-analysis // School Psychology International. 2023. № 44(1). С. 68–101. DOI: 10.1177/01430343221122453.

16. Nonyelum D., Ogugua K., Abah J. Influence of Student-Teacher Relationship on the Academic Performance of Junior Secondary School Students in Mathematics in Makurdi Local Government Area of Benue State, Nigeria // VillageMath Educational Review. 2022. Т. 3. № 1. С. 26–52. DOI: 10.5281/zenodo.5817149.

17. Olarewaju Ya., Kayode E., Obafemi K., Ganiyu Akanbi Yu. Teacher-Pupil-Relationship as Correlates of Pupils' Academic Performance

in Numeracy in Moro Local Government Area of Kwara State. 2022. № 6. С. 153–159.

18. Rabo M. Teacher–Students Relationship and Its Influence on Students' Academic Performance in Senior Secondary Schools in Sokoto State, Nigeria // Asian Journal of Advanced Research and Reports. 2022. Т. 16. № 11. С. 68–76. DOI: 10.9734/ajarr/2022/v16i11439.

19. Gyeltshen Sh., Gyeltshen N. The Impact of Supportive Teacher-Student Relationships on Academic Performance // Asian Journal of Advanced Research and Reports. 2022. Т. 16. № 12. С. 15–34. DOI: 10.9734/ajarr/2022/v16i12446.

20. Xu Zh., Qi Ch. The Relationship between Teacher-student Relationship and Academic Achievement: The Mediating Role of Self-efficacy // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2019. Т. 15. № 10. DOI: 10.29333/ejmste/105610.

21. Sinoy J. Enhancing Education: Examining the Relationship Between Teachers' Job Satisfaction and Teaching Performance // International Journal For Multidisciplinary Research. 2024. Т. 6. № 2. С. 11–14.

22. Nahid Sh., Muzaffar N., Abbas M. Impact of Teachers' Motivation on Students' Performance // Global Educational Studies Review. 2023. Т. 8. № 2. С. 444–453. DOI: 10.31703/gesr.2023(VIII-II).40.

23. Лункина М.В., Гордеева Т.О., Диригина Е.Г., Пшеничнюк Д.В. Качество преподавания как предиктор учебной вовлеченности, благополучия и успеваемости школьников // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика. 2023. Т. 20. № 3. С. 628–649. DOI: 10.22363/2313-1683-2023-20-3-628-649.

24. Gu H., Zhou S. The influence of teacher's job satisfaction on students' performance: An empirical analysis based on large-scale survey data of Jiangsu province // Sci Insigt Edu Front. 2020. Т. 6. № 1. С. 599–611.

25. Скрипкина О.С., Караев Ф. Сравнительный анализ результатов оценки влияния уровня квалификационной подготовки педагогов и успеваемости обучающихся школ районов г. Санкт-Петербург [Электрон. ресурс] // Мир педагогики и психологии: международный научно-практический журнал. 2025. № 06(107). Режим доступа: <https://scipress.ru/pedagogy/articles/sravnitelnyj-analiz-rezultatov-otsenki-vliyaniya-urovnya-kvalifikatsionnoj-podgotovki-pedagogov-i-uspevaemosti-obuchayushhikhsya-shkol-rajonov-g-sankt-peterburg.html>.

26. Mydin A., Xia Y., Long Y. Professional learning communities and their impact on teacher performance: Empirical evidence from public primary schools in Guiyang // Teaching and Teacher Education. 2024. Т. 148. С. 104715.

27. Zakaria I., Nor M., Alias B. The Effect of Teachers' Professionalism on Students' Success

// International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences. 2021. Т. 11. № 1. DOI: 10.6007/IJARBS/v11-i1/8226.

28. Mak P. Impact of professional development programme on teachers' competencies in assessment // Journal of Education for Teaching. 2019. № 45. С. 1–5. DOI: 10.1080/02607476.2019.1639266.

29. Doornkamp L., Doornkamp F., Pol L., Groeneveld S., Mesman J., Groeneveld M. Student–teacher gender congruence and student performance: The role of context // Social Psychology of Education. 2024. Т. 27. № 6. С. 3299–3328. DOI: 10.1007/s11218-024-09922-2.

30. Alnahdi G.H, Schwab S. The impact of gender differences in teachers' teaching practices and attitudes on students' math and science achievement in Saudi Arabia: Evidence from TIMSS 2019 data // Frontiers in Psychology. 2023. Т. 14. С. 1066843. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1066843.

31. Jones K. The impact of teacher diversity on student outcomes [Электрон. ресурс] // Theses

and Dissertations. 2022. С. 5429. Режим доступа: <https://scholarsjunction.msstate.edu/td/5430>.

32. Hasan A.M.M Mahmudul Teachers' Feedback and Its Impact on Students' Performance in Education. 2024. № 8. С. 21–31.

33. Gore J., Rosser B., Jaremus F., Miller A., Harris J. Fresh evidence on the relationship between years of experience and teaching quality // The Australian Educational Researcher. 2023. № 51(3). С. 547–570. DOI: 10.1007/s13384-023-00612-0.

34. Новопашина Л.А., Григорьева Е.Г., Кузина Д.В., Черкасова Ю.А. Факторы связи профессиональных дефицитов учителей с результатами обучения школьников // Вестник НГПУ. 2021. № 6.

35. Yontz B., Wilson R. Teacher Salary Differentials and Student Performance: Are They Connected? // Journal of Educational Issues. 2021. Т. 7. № 1. С. 168–183. DOI: 10.5296/jei.v7i1.18400.

References

1. Morosanova V.I., Fomina T.G., Filippova Ye.V. Conscious self-regulation, school engagement, and teaching quality as resources for subjective well-being and academic performance of students. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya = Bulletin of Moscow University. Series 14: Psychology. 2025; 48; 1: 55–77. DOI: 10.11621/LPJ-25-03. (In Russ.)

2. Ahmed A.M., Worku, B.N., Ayane, Z.N. Enhancing teachers' professional competence through licensure tests and intervention: a study on teacher competence and student academic performance in Ethiopia. Discov Educ. 2025; 4; 1: 322. DOI: 10.1007/s44217-025-00561-z.

3. Pamon E., Oco R. Teachers' Competence and Learners' Academic Performance. International journal of multidisciplinary research and analysis. 2024; 7:3. DOI: 10.47191/ijmra/v7-i03-63.

4. Filatov A.V. Identifying criteria for teacher effectiveness as a factor in improving the quality of education at school. Obrazovaniye, professional'noye razvitiye i sokhraneniye zdorov'ya uchitelya v XXI veke = Education, professional development, and maintaining teacher health in the 21st century. Kazan: Kazan (Volga Region) Federal University. 2022: 414–419. (In Russ.)

5. Engida M.A, Iyasu A.S, Fentie Y.M Impact of teaching quality on student achievement: student evidence. Frontiers in Education. 2024; 9: 136–317. DOI: 10.3389/feduc.2024.1367317.

6. Gasinets M.V., Kapuza A.V., Dobryakova M.S. Teachers' Agency in Shaping Schoolchildren's Academic Success: Roles and Beliefs. Voprosy obrazovaniya = Educational Studies Moscow. 2022; 1: 75–97. DOI: 10.17323/1814-9545-2022-1-75-97. (In Russ.)

7. Matveyeva N.A., Kulish V.V., Lazarenko I.R. The Impact of the Quality of Teacher's Pedagogical Education on the Learning Outcomes of School Graduates. Science for Education Today = Science for Education Today. 2020; 10; 4: 156–173. DOI 10.15293/2658-6762.2004.10. (In Russ.)

8. Francisco Ch., Celon L. Teachers' Instructional Practices and Its Effects on Students' Academic Performance. Online Submission. 2020; 6; 7: 64–71.

9. Francisco A. Teachers' Personal and Professional Demographic Characteristics as Predictors of Students' Academic Performance in English. International Journal of Management, Technology, and Social Sciences. 2020; 5; 2: 80–91. DOI: 10.47992/IJMTS.2581.6012.0105.

10. Akram M. Relationship between Students' Perceptions of Teacher Effectiveness and Student Achievement at Secondary School Level [Internet]. Bulletin of Education and Research. 2019; 41; 2: 93–108. Available from: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1229453.pdf>.

11. Fauth B., Decristan J., Decker A.-T., Büttner G., Hardy I., Klieme E., Kunter M. The effects of teacher competence on student outcomes in elementary science education: The mediating role of teaching quality. Teaching and Teacher Education. 2019; 86: 102882. DOI: 10.1016/j.tate.2019.102882.

12. Ezugwu I., Dadzie J., Ocheni Ch. Enhancing students' academic achievement in basic science: the role of assessment for learning, classroom management, and teacher-student relationships. European Journal of Education Studies. 2024; 11: 196–214. DOI: 10.46827/ejes.v11i5.5298.

13. Nazish A., Kang M. Exploring the Positive Teacher-Student Relationship on Students' Motivation and Academic Performance in Secondary Schools in Karachi. Academy of Education and

Social Sciences Review. 2024; 4: 149–159. DOI: 10.48112/aessr.v4i2.710.

14. Sankalaite S., Huizinga M., Warreyn P., Dewandeleer J., Baeyens D. The association between working memory, teacher-student relationship, and academic performance in primary school children. *Front. Psychol.* 2023; 14: 1240741. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1240741.

15. Lei H., Wang X., Chiu M. M., Du M., Xie T. Teacher-student relationship and academic achievement in China: Evidence from a three-level meta-analysis. *School Psychology International*. 2023; 44(1): 68–101. DOI: 10.1177/01430343221122453.

16. Nonyelum D., Ogugua K. Abah J. Influence of Student-Teacher Relationship on the Academic Performance of Junior Secondary School Students in Mathematics in Makurdi Local Government Area of Benue State, Nigeria. *VillageMath Educational Review*. 2022; 3; 1: 26–52. DOI: 10.5281/zenodo.5817149.

17. Olarewaju Ya., Kayode E. Obafemi K., Ganiyu Akanbi Yu. Teacher-Pupil-Relationship as Correlates of Pupils' Academic Performance in Numeracy in Moro Local Government Area of Kwara State. 2022; 6: 153–159.

18. Rabo M. Teacher –Students Relationship and Its Influence on Students' Academic Performance in Senior Secondary Schools in Sokoto State, Nigeria. *Asian Journal of Advanced Research and Reports*. 2022; 16; 11: 68–76. DOI: 10.9734/ajarr/2022/v16i11439.

19. Gyeltshen Sh., Gyeltshen N. The Impact of Supportive Teacher-Student Relationships on Academic Performance. *Asian Journal of Advanced Research and Reports*. 2022; 16; 12: 15–34. DOI: 10.9734/ajarr/2022/v16i12446.

20. Xu Zh., Qi Ch. The Relationship between Teacher-student Relationship and Academic Achievement: The Mediating Role of Self-efficacy. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2019; 15: 10. DOI: 10.29333/ejmste/105610.

21. Sinoy J. Enhancing Education: Examining the Relationship Between Teachers' Job Satisfaction and Teaching Performance. *International Journal For Multidisciplinary Research*. 2024; 6; 2: 11-14.

22. Nahid Sh., Muzaffar N., Abbas M. Impact of Teachers' Motivation on Students' Performance. *Global Educational Studies Review*. 2023; 8; 2: 444–453. DOI: 10.31703/gesr.2023(VIII-II).40.

23. Lunkina M.V., Gordeyeva T.O., Diryugina Ye.G., Pshenichnyuk D.V. The quality of teaching as a predictor of educational engagement, well-being, and academic performance of schoolchildren. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Psikhologiya i pedagogika = Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Psychology and Pedagogy*. 2023; 20; 3: 628–649. DOI: 10.22363/2313-1683-2023-20-3-628-649. (In Russ.)

24. Gu H., Zhou S. The influence of teacher's job satisfaction on students' performance: An empirical analysis based on large-scale survey data of Jiangsu province. *Sci Insigt Edu Front*. 2020; 6; 1: 599–611.

25. Skripkina O.S., Karayev F. Comparative analysis of the results of assessing the influence of the level of qualification training of teachers and the academic performance of students in schools of the districts of St. Petersburg [Internet]. *Mir pedagogiki i psikhologii: mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskiy zhurnal = The world of pedagogy and psychology: international scientific and practical journal*. 202; 06(107). Available from: <https://scipress.ru/pedagogy/articles/sravnitelnyj-analiz-rezultatov-otsenki-vliyaniya-urovnya-kvalifikatsionnoj-podgotovki-pedagogov-i-uspevaemosti-obuchayushhikhsya-shkol-rajonov-g-sankt-peterburg.html>. (In Russ.)

26. Mydin A., Xia Y., Long Y. Professional learning communities and their impact on teacher performance: Empirical evidence from public primary schools in Guiyang. *Teaching and Teacher Education*. 2024; 148: 104715.

27. Zakaria I., Nor M., Alias B. The Effect of Teachers' Professionalism on Students' Success. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. 2021; 11: 1. DOI: 10.6007/IJARBSS/v11-i1/8226.

28. Mak P. Impact of professional development programme on teachers' competencies in assessment. *Journal of Education for Teaching*. 2019; 45: 1–5. DOI: 10.1080/02607476.2019.1639266.

29. Doornkamp L., Doornkamp F., Pol L., Groeneveld S., Mesman J., Groeneveld M. Student-teacher gender congruence and student performance: The role of context. *Social Psychology of Education*. 2024; 27; 6: 3299–3328. DOI: 10.1007/s11218-024-09922-2.

30. Alnahdi G.H., Schwab S. The impact of gender differences in teachers' teaching practices and attitudes on students' math and science achievement in Saudi Arabia: Evidence from TIMSS 2019 data. *Frontiers in Psychology*. 2023; 14: 1066843. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1066843.

31. Jones K. The impact of teacher diversity on student outcomes [Internet]. *Theses and Dissertations*. 2022;. 5429. Available from: <https://scholarsjunction.msstate.edu/td/5430>.

32. Hasan A.M.M Mahmudul Teachers' Feedback and Its Impact on Students' Performance in Education. 2024; 8: 21–31.

33. Gore J., Rosser B., Jaremus F., Miller A., Harris J. Fresh evidence on the relationship between years of experience and teaching quality. *The Australian Educational Researcher*. 2023; 51(3): 547–570. DOI: 10.1007/s13384-023-00612-0.

34. Novopashina L. A., Grigor'yeva Ye. G., Kuzina D. V., Cherkasova YU. A. Factors linking teacher professional deficiencies with student learning outcomes. *Vestnik NGPU = Science for Education Today*. 2021; 6. (In Russ.)

35. Yontz B., Wilson R. Teacher Salary Differentials and Student Performance: Are They Connected? *Journal of Educational Issues*. 2021; 7; 1: 168–183. DOI: 10.5296/jei.v7i1.18400.

Сведения об авторах**Елена Юрьевна Петряева**

К.п.н., руководитель центра аналитических исследований и моделирования в образовании НИИ урбанистики и глобального образования ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет»

Эл. почта: petryaevaeyu@mgpu.ru

Юлия Игоревна Суменкова

Младший научный сотрудник центра аналитических исследований и моделирования в образовании НИИ урбанистики и глобального образования ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет»

Эл. почта: sumenkovaYUI@mgpu.ru

Мария Николаевна Федоровская

Младший научный сотрудник центра аналитических исследований и моделирования в образовании НИИ урбанистики и глобального образования ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет»

Эл. почта: fedorovskayaMN@mgpu.ru

Information about the authors**Elena Y. Petryaeva**

Cand. Sci. (Pedagogic), Head of the Center for Analytical Research and Modeling in Education at the Research Institute of Urban Studies and Global Education

GAOU HE «Moscow City Pedagogical University»

E-mail: petryaevaeyu@mgpu.ru

Julia I. Sumenkova

Junior Researcher at the Center for Analytical Research and Modeling in Education of the Research Institute of Urban Studies and Global Education

GAOU HE «Moscow City Pedagogical University»

E-mail: sumenkovaYUI@mgpu.ru

Maria N. Fedorovskaya

Junior Researcher at the Center for Analytical Research and Modeling in Education of the Research Institute of Urban Studies and Global Education

GAOU HE «Moscow City Pedagogical University»

E-mail: fedorovskayaMN@mgpu.ru