

ISSN 0234-0453 (Print)  
ISSN 2658-7769 (Online)

# Информатика и образование

Научно-методический журнал

**Informatics  
and Education**

Scholarly Journal

 [infojournal.ru](http://infojournal.ru)

**№ 2 / 2022**

Том (Volume) 37





24 сентября - 1 октября  
международный конгресс

# Суперкомпьютерные дни в России 2022

<https://Congress.RussianSCDays.org>

Научные школы:  
24.09 - 01.10.2022

Научная конференция:  
26.09 - 27.09.2022

Семинары

Выставка

Экскурсии

Новый расширенный формат объединяет научную конференцию, научные школы Суперкомпьютерной академии, серию специализированных научных семинаров, экскурсии в ведущие суперкомпьютерные центры и множество других событий, проводимых на различных площадках Москвы и России.

**ТЕМАТИКА** мероприятий конгресса — суперкомпьютерные технологии во всем многообразии: параллельные и распределенные вычисления, высокопроизводительные программные и аппаратные решения, масштабируемые алгоритмы, индустриальные суперкомпьютерные решения, большие данные, машинное обучение, суперкомпьютерное образование и многое другое.

**АУДИТОРИЯ** — российские и зарубежные представители науки, промышленности, бизнеса, образования, государственных органов.

**НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНОЙ АКАДЕМИИ** — это специализированные мероприятия по актуальным направлениям развития науки и технологий, организуемые и проходящие под руководством известных российских специалистов.

Рабочие дни академии: 24.09 - 01.10.2022

<https://academy.hpc-russia.ru/>

**ОДНА НЕДЕЛЯ — МНОЖЕСТВО ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ СОБЫТИЙ!**

## КЛЮЧЕВЫЕ ДАТЫ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

До 15 апреля — представление полных версий работ

15 мая — уведомление о включении работы в программу конференции

30 мая — представление окончательного варианта работы

**НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ** — это множество параллельно идущих секций: выступления мировых лидеров HPC-сообщества, научные и индустриальные секции, постерная секция, конференция молодых ученых. Совещания, круглые столы, живые дискуссии, обмен опытом и инновациями.

Рабочие дни конференции: 26.09 - 27.09.2022

<https://RussianSCDays.org>

**РЕГИСТРАЦИЯ**  
участников  
конференции:  
с 15 апреля

<https://RussianSCDays.org>

**СТАНЬТЕ ЧАСТЬЮ «СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ДНЕЙ В РОССИИ»!**

Посетите конференцию и научные школы, узнайте о работе ведущих российских и мировых суперкомпьютерных центров, организуйте свое мероприятие в рамках конгресса!

Приглашаем к организации семинаров и мастер-классов суперкомпьютерного конгресса!

Семинары могут проводиться удаленно на различных площадках в пределах России.

Приглашаем принять участие в выставке!

## Содержание

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

**Уваров А. Ю.** Цифровое обновление образования: на пути к «идеальной школе» ..... 5

### ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ

**Григорьев С. Г., Вострокнутов И. Е., Родионов М. А., Акимова И. В., Воробьев М. В.** Интеграция основного и дополнительного информационно-технологического образования на основе подготовки учащихся в центрах цифрового образования детей ..... 14

**Назаров Д. М., Ковтун Д. Б.** SAP Analytics Cloud: интеллектуальный сервис цифровой трансформации ..... 24

### ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ КАДРЫ

**Васева Е. С., Бужинская Н. В.** Развитие цифровых компетенций будущих учителей в процессе организации межвузовских мероприятий ..... 34

**Зубрилин А. А.** Единый подход к подготовке будущих учителей информатики в ракурсе формирования цифровых компетенций ..... 42

**Розов К. В.** Формирование профессиональной готовности будущих учителей информатики к применению технологий искусственного интеллекта ..... 50

**Латышева Л. П., Скорнякова А. Ю., Черемных Е. Л., Лаптева Т. Д., Мельникова Е. В.** Формирование ИКТ-компетенций будущего учителя математики при обучении стохастике в условиях цифровой трансформации образования ..... 64

### ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

**Fomin S. A.** REU program as a student-centered, project-based environment for teaching math in California State University, Chico ..... 78



# НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ИНФОРМАТИКА И ОБРАЗОВАНИЕ»

УЧРЕДИТЕЛИ:

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО

«ОБРАЗОВАНИЕ И ИНФОРМАТИКА»

ISSN (print) 0234-0453

ISSN (online) 2658-7769

Журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных изданий ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

## Контакты

Главный редактор  
grigorsg@infojournal.ru

Редакция  
readinfo@infojournal.ru

Отдел распространения  
info@infojournal.ru

Телефон  
+7 (495) 140-19-86

Почтовый адрес  
119270, Россия, г. Москва,  
а/я 15

Сайт журнала  
<http://info.infojournal.ru>

## ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕДАКЦИЯ ИНФО

Главный редактор журнала  
«Информатика и образование»  
ГРИГОРЬЕВ Сергей Георгиевич

Главный редактор журнала  
«Информатика в школе»  
БОСОВА Людмила Леонидовна

Директор издательства  
РЫБАКОВ Даниил Сергеевич

Научный редактор  
ДЕРГАЧЕВА Лариса Михайловна

Ведущий редактор  
КИРИЧЕНКО Ирина Борисовна

Корректор  
ШАРАПКОВА Людмила Михайловна

Верстка  
ФЕДОТОВ Дмитрий Викторович

Дизайн  
ГЛАВНИЦКИЙ Евгений Николаевич  
ГУБКИН Владислав Александрович

Отдел распространения  
и рекламы  
КУЗНЕЦОВА Елена Александровна

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**ГРИГОРЬЕВ Сергей Георгиевич**  
чл.-корр. РАО, доктор тех. наук, профессор, Институт цифрового образования Московского городского педагогического университета, профессор департамента информатики, управления и технологий (Москва, Россия)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**ВАСИЛЬЕВ Владимир Николаевич**  
чл.-корр. РАН, чл.-корр. РАО, доктор тех. наук, профессор, Национальный исследовательский университет ИТМО, ректор (Санкт-Петербург, Россия)

**ГЕЙН Александр Георгиевич**  
доктор пед. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор, Институт естественных наук и математики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, профессор кафедры алгебры и фундаментальной информатики (Екатеринбург, Россия)

**ГРИНШКУН Вадим Валерьевич**  
академик РАО, доктор пед. наук, профессор, Институт цифрового образования Московского городского педагогического университета, начальник департамента информатизации образования (Москва, Россия)

**ДОБРОВОЛЬСКИЙ Николай Михайлович**  
доктор физ.-мат. наук, профессор, факультет математики, физики и информатики Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого, зав. кафедрой алгебры, математического анализа и геометрии (Тула, Россия)

**ЛАПТЕВ Владимир Валентинович**  
академик РАО, доктор пед. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор, Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, первый проректор (Санкт-Петербург, Россия)

**НОВИКОВ Дмитрий Александрович**  
чл.-корр. РАН, доктор тех. наук, профессор, Институт проблем управления РАН, директор (Москва, Россия)

**РОДИОНОВ Михаил Алексеевич**  
доктор пед. наук, профессор, Педагогический институт им. В. Г. Белинского Пензенского государственного университета, зав. кафедрой «Информатика и методика обучения информатике и математике» (Пенза, Россия)

**СЕМЕНОВ Алексей Львович**  
академик РАН, академик РАО, доктор физ.-мат. наук, профессор, Институт кибернетики и образовательной информатики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, директор (Москва, Россия)

**СМОЛЯНИНОВА Ольга Георгиевна**  
академик РАО, доктор пед. наук, профессор, Институт педагогики, психологии и социологии Сибирского федерального университета, директор (Красноярск, Россия)

**УВАРОВ Александр Юрьевич**  
доктор пед. наук, профессор, Институт кибернетики и образовательной информатики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, руководитель отдела образовательной информатики (Москва, Россия)

**ХЕННЕР Евгений Карлович**  
чл.-корр. РАО, доктор физ.-мат. наук, профессор, механико-математический факультет Пермского государственного национального исследовательского университета, профессор кафедры информационных технологий (Пермь, Россия)

**ШАКИРОВА Лилиана Рафиковна**  
доктор пед. наук, профессор, Институт математики и механики им. Н. И. Лобачевского Казанского (Приволжского) федерального университета, зав. кафедрой теории и технологий преподавания математики и информатики (Казань, Россия)

**БОНК Кёртис Джей**  
Ph.D., Педагогическая школа Индианского университета в Блумингтоне, профессор (Блумингтон, США)

**ДАГЕНЕ Валентина Антановна**  
доктор наук, профессор, Институт наук о данных и цифровых технологиях Вильнюсского университета, руководитель группы образовательных систем (Вильнюс, Литва)

**ЛЕВИН Илья**  
Ph.D., Педагогический колледж Тель-Авивского университета, профессор (Тель-Авив, Израиль)

**СЕНДОВА Евгения**  
Ph.D., Институт математики и информатики Болгарской академии наук, доцент, ст. научный сотрудник (София, Болгария)

**СЕРГЕЕВ Ярослав Дмитриевич**  
доктор физ.-мат. наук, профессор, Университет Калабрии, профессор (Козенца, Италия)

**СТОЯНОВ Станимир Недялков**  
Ph.D., Пловдивский университет «Паисий Хилендарский», профессор факультета математики и информатики (Пловдив, Болгария)

**ФОМИН Сергей Анатольевич**  
Ph.D., Университет штата Калифорния в Чико, профессор (Чико, США)

**ФОРКОШ БАРУХ Алона**  
Ph.D., Педагогический колледж им. Левински, ст. преподаватель (Тель-Авив, Израиль)

## Table of Contents

### GENERAL ISSUES

**A. Yu. Uvarov.** Schools' digital renewal: Steps to the "ideal school" ..... 5

### PEDAGOGICAL EXPERIENCE

**S. G. Grigoriev, I. E. Vostroknutov, M. A. Rodionov, I. V. Akimova, M. V. Vorobev.** Integration of basic and additional information technology education based on the training of students in digital education centers for kids ..... 14

**D. M. Nazarov, D. B. Kovtun.** SAP Analytics Cloud: Intellectual service of digital transformation ..... 24

### PEDAGOGICAL PERSONNEL

**E. S. Vaseva, N. V. Buzhinskaya.** Development of digital competencies of future teachers during organizing interuniversity events ..... 34

**A. A. Zubrilin.** A unified approach to training future informatics teachers in terms of the formation of digital competencies ..... 42

**K. V. Rozov.** Formation of professional readiness of future informatics teachers for using artificial intelligence technologies ..... 50

**L. P. Latysheva, A. Yu. Skorniyakova, E. L. Cheremnykh, T. D. Lapteva, E. V. Melnikova.** Formation of ICT competencies of a future mathematics teacher when teaching stochastics in the context of digital transformation of education ..... 64

### FOREIGN EXPERIENCE

**S. A. Fomin.** REU program as a student-centered, project-based environment for teaching math in California State University, Chico ..... 78



# SCHOLARLY JOURNAL "INFORMATICS AND EDUCATION"

FOUNDERS:

RUSSIAN ACADEMY OF EDUCATION  
PUBLISHING HOUSE  
"EDUCATION AND INFORMATICS"

ISSN (print) 0234-0453  
ISSN (online) 2658-7769

The journal is included in the List of Russian peer-reviewed scientific publications of the Higher Attestation Commission, in which the main scientific results of dissertations should be published for the degrees of Doctor of Sciences and Candidate of Sciences

## Contacts

Editor-in-chief  
grigorsg@infojournal.ru

Editorial team  
readinfo@infojournal.ru

Distribution and Advertising Department  
info@infojournal.ru

Phone  
+7 (495) 140-19-86

Postal address  
119270, Russia, Moscow,  
PO Box 15

Journal website  
<http://info.infojournal.ru>

## EDITORIAL TEAM

**Editor-in-Chief of the "Informatics and Education" journal**

Sergey G. GRIGORIEV

**Editor-in-Chief of the "Informatics in School" journal**

Lyudmila L. BOSOVA

**Director of Publishing House**

Daniil S. RYBAKOV

**Science Editor**

Larisa M. DERGACHEVA

**Senior Editor**

Irina B. KIRICHENKO

**Proofreader**

Lyudmila M. SHARAPKOVA

**Layout**

Dmitry V. FEDOTOV

**Design**

Eugene N. GLAVNICKY

Vladislav A. GUBKIN

**Distribution and Advertising Department**

Elena A. KUZNETSOVA

## EDITOR-IN-CHIEF

**Sergey G. GRIGORIEV**

Corresponding Member of RAE, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor at the Department of IT, Management and Technology, Institute of Digital Education, Moscow City University (Moscow, Russia)

## EDITORIAL BOARD

**Vladimir N. VASILIEV**

Corresponding Member of RAS, Corresponding Member of RAE, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Rector of ITMO University (St. Petersburg, Russia)

**Alexander G. GEIN**

Dr. Sci. (Edu.), Cand. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Professor at the Department of Algebra and Fundamental Informatics, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)

**Vadim V. GRINSHKUN**

Academician of RAE, Dr. Sci. (Edu.), Professor, Head of the Department of Education Informatization, Institute of Digital Education, Moscow City University (Moscow, Russia)

**Nikolai M. DOBROVOLSII**

Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Head of the Department of Algebra, Mathematical Analysis and Geometry, Faculty of Mathematics, Physics and Information Technologies, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University (Tula, Russia)

**Vladimir V. LAPTEV**

Academician of RAE, Dr. Sci. (Edu.), Cand. Sci. (Phys.-Math.), Professor, First Vice Rector of the Herzen State Pedagogical University of Russia (St. Petersburg, Russia)

**Dmitry A. NOVIKOV**

Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Director of the Institute of Control Sciences of RAS (Moscow, Russia)

**Mikhail A. RODIONOV**

Dr. Sci. (Edu.), Professor, Head of the Department of Informatics and Teaching Methods of Informatics and Mathematics, Pedagogical Institute named after V. G. Belinsky, Penza State University (Penza, Russia)

**Alexei L. SEMENOV**

Academician of RAS, Academician of RAE, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Director of the Institute for Cybernetics and Educational Computing of the Federal Research Center "Computer Science and Control" of RAS (Moscow, Russia)

**Olga G. SMOLYANINOVA**

Academician of RAE, Dr. Sci. (Edu.), Professor, Director of Institute of Education Science, Psychology and Sociology, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia)

**Alexander Yu. UVAROV**

Dr. Sci. (Edu.), Professor, Head of the Educational Informatics Department, Institute for Cybernetics and Educational Computing of the Federal Research Centre "Computer Science and Control" of RAS (Moscow, Russia)

**Evgeniy K. KHENNER**

Corresponding Member of RAE, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Professor at the Department of Information Technologies, Faculty of Mechanics and Mathematics, Perm State National Research University (Perm, Russia)

**Liliana R. SHAKIROVA**

Dr. Sci. (Edu.), Professor, Head of the Department of Theories and Technologies of Mathematics and Information Technology Teaching, N. I. Lobachevsky Institute of Mathematics and Mechanics, Kazan (Volga region) Federal University (Kazan, Russia)

**Curtis Jay BONK**

Ph.D., Professor at the School of Education of Indiana University in Bloomington (Bloomington, USA)

**Valentina DAGIENĖ**

Dr. (HP), Professor, Head of the Education Systems Group, Institute of Data Sciences and Digital Technologies, Vilnius University (Vilnius, Lithuania)

**Ilya LEVIN**

Ph.D., Professor at the Department of Mathematics, Science and Technology Education, School of Education, Tel Aviv University (Tel Aviv, Israel)

**Evgenia SENDOVA**

Ph.D., Associate Professor, Institute of Mathematics and Informatics of Bulgarian Academy of Sciences (Sofia, Bulgaria)

**Yaroslav D. SERGEYEV**

Ph.D., D.Sc., D.H.C., Distinguished Professor, Professor, University of Calabria (Cosenza, Italy)

**Stanimir N. STOYANOV**

Ph.D., Professor at the Faculty of Mathematics and Informatics, University of Plovdiv "Paisii Hilendarski" (Plovdiv, Bulgaria)

**Sergei A. FOMIN**

Ph.D., Professor, California State University in Chico (Chico, USA)

**Alona FORKOSH BARUCH**

Ph.D., Senior Teacher, Pedagogical College Levinsky (Tel Aviv, Israel)

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-5-13

## ЦИФРОВОЕ ОБНОВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ: НА ПУТИ К «ИДЕАЛЬНОЙ ШКОЛЕ»

А. Ю. Уваров<sup>1,2</sup> ✉<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

✉ auvarov@mail.ru

### Аннотация

Цифровое обновление школы рассматривается как начавшийся несколько десятилетий назад и продолжающийся сегодня процесс изменений в работе школы (цели обучения, образовательная среда, учебный процесс, управление образовательной организацией и образовательной системой) в развивающейся цифровой среде. Показано, что образовательные организации движутся по пути цифрового обновления разными темпами и находятся на разных этапах этого процесса. Этапы цифрового обновления (компьютеризация, ранняя и поздняя информатизация, цифровая трансформация) — это группы состояний, в которых находятся отдельные школы. На каждом из этих этапов в школьных сообществах складываются разные представления о возможном или желаемом будущем, что отражается на подготовке и реализации ими программ своего развития. Предлагается учитывать различия между школами при разработке рекомендаций с описанием модели «идеальной школы», готовить несколько вариантов описания моделей, которые отвечают особенностям развития школы на соответствующем этапе.

**Ключевые слова:** «идеальная школа», компьютеризация, информатизация, цифровая трансформация, цифровое обновление, умная школа.

### Для цитирования:

Уваров А. Ю. Цифровое обновление образования: на пути к «идеальной школе». *Информатика и образование*. 2022;37(2):5–13. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-5-13

---

## SCHOOLS' DIGITAL RENEWAL: STEPS TO THE "IDEAL SCHOOL"

A. Yu. Uvarov<sup>1,2</sup> ✉<sup>1</sup> The Federal Research Centre "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia<sup>2</sup> National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

✉ auvarov@mail.ru

### Abstract

Schools' digital renewal is seen as a schools' changes process (learning goals, educational environment, teaching/learning process, school management) have started several decades ago and continues today in the growing digital environment. Schools are moving along the path of the digital renewal at different paces and are located at different stages of the process. The digital renewal stages (computerization, early and late informatization, digital transformation) are considered as groups of the developmental states where each specific school is located in the digital renewal process. At each of these stages, school communities have a specific vision of the possible/desired future, which becomes a base for the creation and implementation of the development programs. It is recommended to take this fact into account in the development of recommendations for the creation of an "ideal school", and to prepare several such descriptions that correspond to the peculiarities of the development of the school at the appropriate stage.

**Keywords:** "ideal school", computerization, informatization, digital transformation, digital renewal, smart school.

### For citation:

Uvarov A. Yu. Schools' digital renewal: Steps to the "ideal school". 2022;37(2):5–13. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-5-13

### 1. Введение

Обновление российской школы продолжается. В интервью в начале 2022 года министр просвещения РФ С. С. Кравцов рассказал [1] о предстоящих нововведениях в подготовке и профессиональном развитии педагогов, о продолжении масштабной

программы строительства школьных зданий и о том, что вынужденный переход на дистанционное обучение еще раз подтвердил необходимость разработки новых образовательных технологий. Готовятся рекомендации (с охватом всех сфер учебного процесса) с описанием модели «идеальной школы», которые скоро получат регионы. Для читателей

журнала «Информатика и образование» ясно, что эти мероприятия — очередные шаги по пути цифрового обновления образования, которое продолжается в нашей стране уже не один десяток лет [2]. Среди инициатив министерства просвещения особенно важна инициатива, касающаяся подготовки рекомендаций с описанием модели «идеальной школы». Она устремлена в будущее и задает зону ближайшего развития массовой школы.

Сегодня, когда перед системой образования стоит задача радикального повышения уровня подготовки будущих участников цифровой экономики, описание (модель) «идеальной школы» станет служить ориентиром в ходе цифровой трансформации образовательных организаций по всей стране. Очевидно, что такая модель будет включать описание всех аспектов образовательной среды (физической, виртуальной и социальной) «идеальной школы» с учетом ее окружения, контингента обучаемых, педагогических кадров и особенностей местного сообщества. Наряду с описанием условий выполнения образовательной работы эта модель будет включать также описание предусмотренных ФГОС предметных, метапредметных и личностных образовательных результатов (например, по ступеням обучения), которые должны демонстрировать успешные выпускники. Возникает вопрос: насколько вариативным должно быть подготавливаемое описание, можно ли задать единую для всех модель «идеальной школы»? Не требуется ли описать цепочку моделей, последовательная реализация которых приводит к «идеальной школе»? Для ответа на этот вопрос рассмотрим процесс цифрового обновления школы, его этапы и обсудим, как с этой точки зрения выглядит модель «идеальной школы» (за рубежом ее нередко называют смарт-школой [3] или школой с персонализированно-результативной системой обучения [4]). Покажем, что отдельные школы, которые находятся на разных этапах цифрового обновления, по-разному видят зону своего ближайшего развития, поэтому их педагогические коллективы готовы принять и претворять в жизнь целевые установки «идеальной школы» (смарт-школы) лишь на достаточно продвинутом этапе своего развития.

## 2. Цифровое обновление и его этапы

С начала своего возникновения общеобразовательная школа непрерывно изменяется. Долгое время качественные централизованные изменения в работе школы называли школьными реформами (например, переход ко всеобщему среднему образованию, реформа математического образования и т. п.). Последние десятилетия изменения в работе школы все чаще связывают с распространением цифровых технологий (ЦТ).

Напомним, что проникновение компьютеров в школу началось в 1960 году, когда учитель математики московской школы № 444 С. И. Шварцбург впервые в мире начал готовить старшеклассников

по специальности «Оператор ЭВМ». К середине 60-х годов факультативы по вычислительной математике и программированию стали обычным делом в сотнях физико-математических школ нашей страны. Однако массовое проникновение компьютеров в школу началось лишь во второй половине 80-х годов. Этот процесс получил название компьютеризацией образования, и его принято считать первым этапом цифрового обновления школы.

Цифровое обновление школы можно определить как начавшийся несколько десятилетий назад нарастающий процесс изменений работы школы (цели обучения, образовательная среда, учебный процесс, управление образовательной организацией и образовательной системой) в развивающейся цифровой среде. Представление о трех этапах цифрового обновления было введено более тридцати лет назад в первой концепции информатизации образования [5]:

- компьютеризация образования (первый этап) — оснащение школ средствами вычислительной техники для формирования компьютерной грамотности обучаемых и педагогов, а также для использования компьютеров при решении рутинных задач;
- ранняя (второй этап) и поздняя (третий этап) информатизация образования, где начинается использование ЦТ при изучении учебных дисциплин, а затем и их интеграция в учебный процесс.

В начале 2000-х годов, когда первые инновационные школы нашей страны вышли на третий этап цифрового обновления, было сформулировано представление о перспективном четвертом этапе, который получил название цифровой трансформации образования. Естественно, что решение задач цифрового обновления на каждом этапе опирается на достижения предыдущих этапов и продолжает решать старые задачи на новом уровне.

Как показывают результаты мониторинга цифровой трансформации образования в нашей стране [6], а также анализ использования моделей цифрового обновления школ за рубежом, гипотетическое выделение этапов цифрового обновления в целом отражает ситуацию, которая складывается на практике. Четыре гипотетически выделенных этапа достаточно хорошо соответствуют известным уровням модели SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) [7] и позволяют судить о зрелости процесса цифрового обновления в отдельно взятой школе. Особенности каждого этапа и их взаимосвязь показаны на рисунке 1.

### 2.1. Первый этап

На первом этапе, который традиционно назван «компьютеризацией» (уровень замещения или substitution по SAMR), участники цифрового обновления концентрируются на формировании цифровой образовательной среды, приобретении (замене устаревшего) цифрового оборудования, обеспечении (улучшении) доступа к интернету.





Рис. 1. Этапы цифрового обновления школы

Fig. 1. Stages of schools' digital renewal

У работников школы идет формирование навыков (вырабатывается привычка) использовать ЦТ для решения, прежде всего, рутинных задач, например: подготовка школьной отчетности, работа с текстами (планы занятий и другие документы), демонстрация иллюстративного материала (тексты, рисунки, фотографии, видеофрагменты) и т. п.

## 2.2. Второй этап

По мере того как школа насыщается ЦТ, а педагоги вырабатывают привычку их использовать, наступает второй этап, который назван «ранняя информатизация» (уровень улучшения или augmentation по SAMR). Здесь содержание и организация учебной работы остаются без изменений, но учащимся становятся доступны цифровые учебные материалы, которые расширяют возможности традиционных бумажных учебников (гиперссылки, мультимедиа и другие). У школьников появляется возможность представлять выполненные ими задания в виде мультимедийных презентаций, что позволяет им лучше продемонстрировать результаты своей работы. Используются автоматизированный контроль с помощью различных компьютерных тестов, рассылка через интернет и т. п. Если на этапе компьютеризации лишь отдельные учителя изредка использовали эти возможности, то на уровне ранней информатизации их количество начинает быстро расти и подобное использование ЦТ становится нормой.

Цели и содержание обучения не изменяются, но теперь учителя и учащиеся могут воспользоваться

цифровыми инструментами при проведении урока. Технологическое обновление продолжается, доступность ЦТ участникам образовательного процесса растет, ведется обновление технических и программных средств, улучшается их поддержка, а сама эта работа приобретает рутинный характер.

## 2.3. Третий этап

По мере того как доступность ЦТ в школе растет, использование цифровых учебно-методических материалов, инструментов и сервисов, которые повышают результативность учебной работы, становится нормой для большинства педагогов. Наступает третий этап, который назван «поздняя информатизация» (уровень модификации или modification по SAMR). На этом этапе применение ЦТ, цифровых инструментов, учебно-методических материалов и сервисов (прежде всего, с использованием интернета) становится в школе нормой. Участники образовательного процесса осваивают системы управления обучением (например, Moodle), которые помогают размещать учебные материалы и задания онлайн, оперативно отслеживать и оценивать их выполнение, обмениваться сообщениями, пользоваться общими календарями, дифференцировать обучение и т. п. Учебная работа с использованием библиотек цифровых образовательных ресурсов, «перевернутого класса» [8], сервисов для автоматизированного оценивания, проведение онлайн-консультаций расширяют методический инструментарий педагогов, помогают привыкнуть к тому, что заметная часть

учебной работы происходит в виртуальной среде. Расширяются возможности для обмена планами занятий, видеозаписями с изложением учебного материала, контрольно-измерительными материалами и пр. Повышение доступности и обновление ЦТ, цифровых инструментов, сервисов и учебно-методических материалов предоставляют возможность объективно оценивать достижение метапредметных образовательных результатов [9], повысить внимание к их целенаправленному формированию в школе. Все это ведет к росту результативности учебно-воспитательной работы и создает предпосылки для цифровой трансформации образования, которую можно рассматривать как заключительный этап цифрового обновления школы [2].

Сегодня в России есть немало инновационных школ, которые находятся на третьем этапе цифрового обновления. Здесь рамки традиционной классно-урочной организации образовательного процесса расширяются. Появляются элементы персонализированно-результативной организации образовательного процесса (ПРО), которые поддержаны использованием ЦТ и обеспечивают доказательное повышение как традиционных (предметных), так и метапредметных образовательных результатов.

Поздняя информатизация проходит под флагом внедрения цифровых технологий (ЦТ) и в образовательный процесс. Образовательная среда насыщается современными ЦТ (широкополосный доступ к интернету и персональные цифровые устройства доступны всем участникам образовательного процесса, широко используются облачные сервисы). Ведется целенаправленное освоение инновационных ЦТ-поддержанных способов учебной работы (включая междисциплинарные учебные проекты), где использование ЦТ в учебном процессе выходит на уровень «модернизации» по SAMR.

### 3. Цифровая трансформация

Цифровая трансформация в широком смысле слова — это процесс качественного изменения в работе предприятия, глубокое преобразование:

- производственных и организационных операций;
- технологических процессов;
- обязанностей работников;
- их профессионального развития и моделей взаимодействия.

для кардинального повышения производительности труда и эффективности предприятия в целом. В ходе цифровой трансформации предприятие превращается в обучающуюся организацию, которая непрерывно (без авралов) адаптируется к меняющимся условиям за счет широкого использования ЦТ, профессионального развития персонала и своевременного принятия решений на основе полной, достоверной, своевременной и оперативно доступной информации [10].

Подобно этому, цифровую трансформацию общего образования [2] естественно определить как

**четвертый этап цифрового обновления**, который направлен на системное преобразование:

- взаимодействия школы с местным сообществом (с родителями, представителями бизнеса, властями предрержащими, политиками);
- целей и содержания обучения;
- инструментов, методов и организационных форм образовательной работы

с целью радикального повышения результативности общего образования. Цифровая трансформация (качественное обновление работы образовательной организации) происходит в развивающейся цифровой среде и становится возможной в том числе благодаря использованию цифровых учебно-методических материалов, инструментов и сервисов. Отличительные черты трансформированной школы (или смарт-школы):

- превращение ее в обучающуюся организацию [11];
- переход от классно-урочной к персонализированно-результативной организации образовательного процесса (ПРО);
- развитие образовательной среды (физической, социальной и виртуальной), создающей условия для проводимых изменений;
- освоение высокорезультативных ИКТ-поддержанных методов и форм образовательной работы для достижения всех требуемых (предметных, метапредметных и личностных) образовательных результатов каждым обучаемым.

Главная отличительная черта четвертого этапа — переход к персонализированно-результативной системе (организации) обучения (ПРО). Этот переход создает условия для неограниченного личностного развития каждого обучаемого при обязательном достижении им всех требуемых образовательных результатов. Переход к такой школе, которую все чаще называют «смарт-школа» [3], является основной целью цифровой трансформации образования. На рисунке 2 приведено сопоставление главных отличительных черт четырех видов (систем) организации учебного процесса. Традиционное и дифференцированное обучение близки друг к другу и разнятся способами комплектования учебных групп. Также близки индивидуализированная и персонализированная организации учебной работы. И в том, и в другом случае учебный процесс строится вокруг обучаемого.

Главное отличие персонализированного обучения состоит в том, что здесь обучаемый активно включен в учебу, демонстрирует сформированную учебную деятельность, привнося в планирование и оценку результатов учебной работы свои личные интересы, мотивы и жизненные цели. Поэтому часто встречающиеся заявления о том, что автоматизированные (интеллектуальные, адаптивные и другие) обучающие системы сами по себе предоставляют персонализированное обучение, как правило, не правомерны. Для персонализированного обучения необходима соответствующая социальная среда, методы и организация

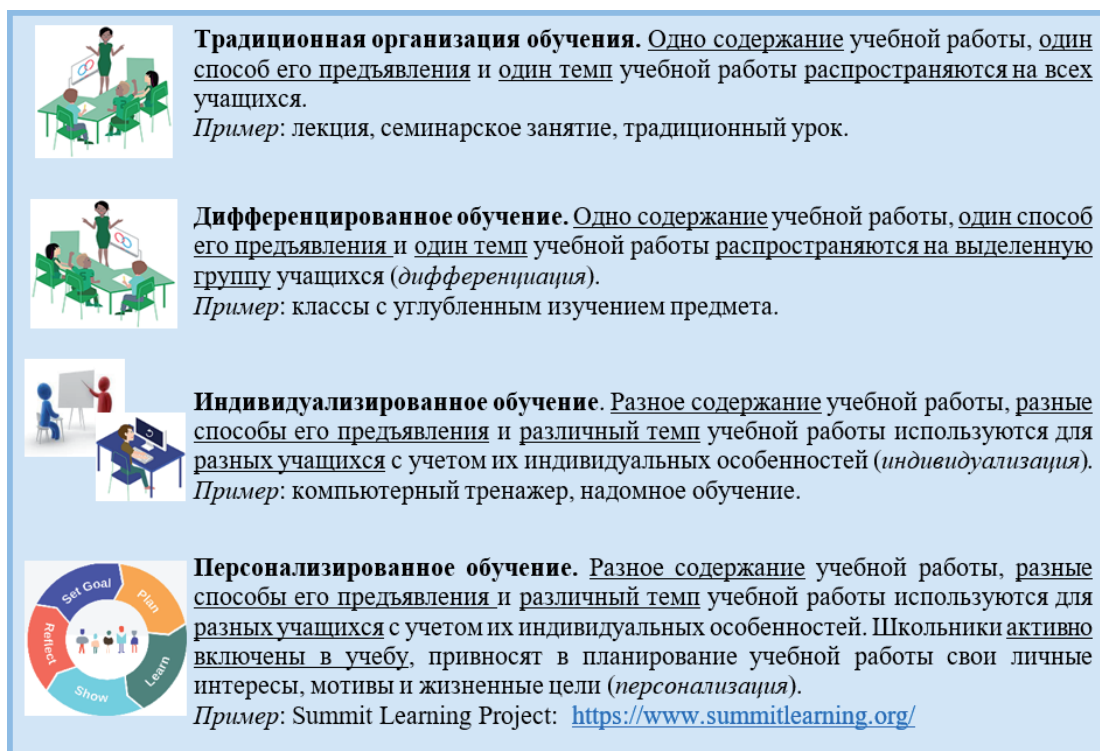


Рис. 2. Четыре вида организации учебного процесса

Fig. 2. Four types of organization of the educational process

учебной работы, человеческие контакты, которые способны на деле включить обучаемого в учебную работу. Только в этом случае автоматизированные обучающие системы оказываются действительно полезны. Здесь помимо учителей-предметников нужны педагоги-наставники (как вариант — те же предметники), которые готовы к тому, чтобы помочь обучаемому осваивать и развивать свои учебные действия, обеспечивать его психолого-педагогическое сопровождение и помогать его личностному развитию. При персонализированном обучении коллектив педагогов работает с каждым обучаемым, как команда, координируя свои действия. Для организации такой работы на практике нужны специализированные платформы персонализированного обучения [2, 12].

Кроме организационно-технологических проблем переход к ПРО требует решения комплекса педагогических и методических проблем, возникающих при переходе к результативному обучению. Идея результативного образования проста: каждый обучаемый должен доказательно освоить все требуемые образовательные результаты, не переходить к изучению нового материала до тех пор, пока не продемонстрировал освоение предшествующего. Это означает, что все цели обучения должны быть операционализированы, и к каждой из них должен прилагаться набор оценочных инструментов, которые позволяют обучаемому доказательно продемонстрировать их достижение. Одновременно меняется вся система оценивания образовательных результатов. Вот несколько примеров таких изменений:

- каждый обучаемый и его родители до начала обучения в явной форме информируются обо всех ожидаемых образовательных результатах (целях обучения) и способах оценки их достижения, включая и долгосрочные (например, требования выпускных экзаменов), и краткосрочные результаты (например, ожидаемые образовательные результаты курса, модуля или отдельного учебного мероприятия). Их в явной форме информируют об уровне, на котором обучаемый должен предъявить (продемонстрировать) каждый из результатов, а также о процедуре и методах их оценивания;
- каждый учебный результат представляется в операционализированном (допускающим демонстрацию его достижения) виде и оценивается на соответствие требованиям школьных стандартов, которые одинаково применяют ко всем без исключения обучаемым, независимо от того, как именно (по какой образовательной траектории, в какой форме и каким методом) они достигли соответствующего результата;
- все виды оценивания используют оценку по критерию (основаны на школьных стандартах и критериях их достижения). Успешность обучения определяется на основе демонстрации достижения ожидаемых образовательных результатов, а не на основе оценки по нормативу (примером оценки по критерию служит экзамен по управлению автомобилем, где обучаемый демонстрирует способность манев-

рировать и двигаться в соответствии с ПДД, примером оценки по нормативу являются результаты ЕГЭ);

- различают формирующее и констатирующее оценивание. Формирующее оценивание используется для оценки продвижения учащегося в ходе обучения, а его результаты используются для корректировки учебного процесса, методов учебной работы и текущей поддержки учащегося. Констатирующее оценивание используется для оценки учебных достижений учащегося, а его результаты фиксируют уровень овладения учебным материалом на соответствующий момент времени;
- все академические учебные достижения оцениваются, а полученные результаты сообщаются учащимся и их родителям отдельно от их оценки посещаемости занятий, привычек, черт характера и поведения. Последние также оцениваются, но эти оценки доводятся до сведения учащихся и их родителей отдельно. Информирование учащихся и их семей об академических достижениях учащихся призвано способствовать повышению результативности учебного процесса;
- если результаты оценивания учащегося не соответствуют требованиям школьных стандартов, ему неоднократно предоставляется возможность подготовиться и заново предъявить для оценивания результаты своей учебной работы.

Как видно из приведенного описания, преобразования в школе на этапе ее цифровой трансформации, которые связаны с переходом к ПРО, существенно глубже, чем на предыдущих этапах цифрового обновления. Здесь речь идет не только о повышении квалификации персонала, но и об обновлении производственных процедур, изменениях организационной структуры (рис. 3).

На этапе цифровой трансформации пересматривается стратегия развития и трансформируется организационная культура. Как показывают исследования и накопленный опыт [13], переход к ПРО требует изменения культуры педагогического труда, установления достаточно жесткой производственной

дисциплины, введения в практику новых техник педагогической работы, которые мало востребованы при традиционной организации работы школы. Подчеркнем, что переход к ПРО связан, прежде всего, с трансформацией педагогической работы, которая поддерживается цифровыми технологиями. Без них учащимся и педагогам невозможно оперативно работать с тысячами ожидаемых образовательных результатов (целями обучения), со связанными с ними инструментами оценки (демонстрации их достижения), вариативными учебно-методическими материалами, готовить и отслеживать выполнение личных планов учебной работы школьников, готовить пакеты материалов к ежедневным занятиям, поддерживать производственную дисциплину.

Таким образом, в ходе цифровой трансформации школы качественно меняют свою работу, используя для этого новейшие цифровые технологии, инструменты, учебно-методические материалы и сетевые сервисы. Среди них — платформы поддержки персонализированно-результативной организации учебной работы (Personalized Learning Platform — PLP), депозитарии цифровых учебно-методических материалов и ресурсов, интеллектуальные (адаптивные) обучающие системы (Intelligent Tutoring System — ITS), системы для поддержки проектной организации обучения и т. п. Цифровая трансформация образования реализует вечную мечту педагогов о полноценном воспитании и обучении каждого в коллективе и через коллектив, образованный участниками, педагогами, родителями и «значимыми другими». Использование ЦТ в учебном процессе выходит на уровень «трансформации» по SAMR. Складывается «умная школа для каждого» [11]. Подобные разработки ведутся сегодня в Австралии, странах Европы, Америки и Дальнего Востока. Один из первых примеров тиражируемой модели трансформированной школы предлагает Summit Learning Project (<https://www.summitlearning.org/approach/learning-experience/projects>).

#### 4. «Идеальная школа»: различные понимания возможного

Описание «идеальной школы» — это зафиксированное (на том или ином уровне детализации) видение желаемого будущего образовательной организации. Чтобы превратиться из указания сверху в действующую норму, это видение должно быть принято членами школьного сообщества (родителями, учащимися, учителями, администрацией школы, активистами местного сообщества), стать коллективным (общим) видением, которое совместными усилиями претворяется в жизнь. Возможно, для некоторых инновационных школ описание «идеальной школы» окажется близким к действующей норме. Для других оно может оказаться разумным и приемлемым, но нелегко достижимым. Однако можно ожидать, что найдется немало образовательных организаций, для которых оно окажется весьма радикальным или даже

Рост сложности работ по обновлению школы



- Обновление организационной культуры
- Пересмотр стратегии
- Изменение организационной структуры
- Обновление производственных процедур
- Повышение квалификации персонала

Рис. 3. Иерархия задач, решаемых в ходе цифрового обновления школы (К. М. Ушаков)

Fig. 3. Hierarchy of tasks solved during schools' digital renewal (K. M. Ushakov)

немыслимым. Эти различия определяются действующей нормой, реальной педагогической практикой и условиями функционирования конкретной школы. Они, в свою очередь, определяются этапом цифрового обновления, на котором находится школа. То, что на первом этапе кажется радикальным или даже немыслимым, становится разумным, приемлемым и вполне достижимым на третьем этапе.

Как показывают предварительные результаты мониторинга цифровой трансформации образования [14], сегодня в России немало школ (~12 %) находится на этапе компьютеризации образования. Большая часть находится на этапе начальной (~43 %) и поздней (~27 %) информатизации. И лишь около 18 % школ вступили или вступают на этап цифровой трансформации. Неудивительно, что в школах, которые находятся на разных этапах цифрового обновления, зафиксированное в описании «идеальной школы» видение желаемого будущего может восприниматься по-разному. Более того, есть основания полагать, что при переходе на следующий этап цифрового обновления (при повышении его зрелости) [2] представление о возможном в зоне ближайшего развития образовательной организации меняется.

Все согласны с тем, что описание «идеальной школы» должно не разделять образовательное сообщество в спорах о том, насколько приемлема, радикальна или нереалистична та или иная характеристика, а объединять в стремлении двигаться к идеалу. Чтобы превратить описание «идеальной школы» в коллективное видение желаемого результата обновления своей образовательной организации, возможно, следует вести речь о цепочке (множестве) таких описаний, в которой каждая школа найдет свой реалистичный идеал, чтобы продвигаться к нему. Этот идеал не должен быть слишком далек или слишком близок, находиться в зоне реалистичного планирования развития образовательной организации, его достижение должно поддерживаться ресурсами (результатами проектов и разработок регионального и федерального уровней). Реализация каждой из промежуточных целей развития будет приводить к заметному повышению образовательных результатов, а сама цепочка будет не только описывать далекий для многих сегодня идеал, но и указывать пути к его достижению.

## 5. Заключение

Разработка министерством просвещения РФ рекомендаций по созданию «идеальной школы», которые охватывают все сферы учебного процесса, представляет собой важный шаг по ускорению развития отечественной школы в условиях разворачивающейся цифровой трансформации во всех областях нашей жизни. Эти рекомендации служат основой для формирования образа желаемого будущего образовательной организации, коллективного (общего для образовательного сообщества) видения цели необходимых преобразований. Образовательные

организации движутся по пути цифрового обновления разным темпом и находятся на разных этапах этого процесса. Чтобы рекомендации по созданию «идеальной школы» были в полной мере восприняты педагогическим коллективом и стали основой для практических действий, формируемый на их основе образ желаемого будущего должен быть понятен и достижим, находиться в зоне ближайшего развития школы.

Первые данные об этом были получены более десяти лет назад при изучении процессов информатизации отечественной школы [16, 17]. И дело не только в том, что новаторы уходят вперед, кто-то, наоборот, отстает, что каждая школа действует в своих специфических условиях (социальных, экономических, культурных). Как показывает анализ мирового опыта, зоны ближайшего развития у школ, находящихся на разных этапах цифрового обновления, существенно разнятся. Школы используют разные представления о возможном или желаемом будущем, что отражается на подготовке и реализации ими программ своего развития. При переходе на очередной этап у педагогов меняется видение требуемых (предстоящих) преобразований. В реальности ситуация сложнее, так как возможности школы и ее муниципального образования ограничены ресурсами и политической развития образования, которая формируется на уровне региона и (или) страны.

Введение представления о цифровом обновлении школы определяет рамку, которая может служить основой для подготовки серии (цепочки) рекомендаций школам, находящимся на разных этапах цифрового обновления.

Разработка рекомендаций по созданию «идеальной школы», как и выделение средств на их реализацию, является необходимым и важным, но недостаточным условием для успешного запуска продуктивных преобразований в образовательных организациях. Педагогическое производство устроено достаточно сложно, и одного описания желаемой модели построения работы школы, как правило, недостаточно для ее воплощения в жизнь. Руководителям школ, педагогам и родителям нужны зримые примеры успешной реализации новых моделей работы, которые они могли бы изучить и перенести в свои школы. Такими примерами могут служить инновационные школы, которые достаточно далеко продвинулись по пути цифрового обновления [15, 18]. Поиск и отбор подобных школ, создание условий для изучения их опыта могут стать важными составляющими запуска работы по претворению в жизнь моделей «идеальной школы».

Одно из главных требований к отбираемым инновационным школам — требование к доказательной результативности их работы. Тиражирование педагогической практики, эффективность которой не доказана специальными исследованиями, не приведет к положительным сдвигам в учебных результатах школьников, а сама эта практика не будет устойчиво воспроизводиться. Однако, как показывают наблю-

дения, такие практики сегодня нередко предлагаются для распространения. Неудивительно, что они не оказывают заметного влияния на образовательную подготовку школьников.

#### Финансирование

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 19-29-14167 «Разработка многоаспектной модели процессов цифровой трансформации в общем образовании».

#### Funding

The reported study was funded by RFBR, project No 19-29-14167 “The development of the multidimensional model for the digital transformation of education”.

#### Благодарности

Автор благодарит участников семинара по моделям цифровой трансформации Института образования НИУ ВШЭ Владимира Васильевича Вихрева, Григория Моисеевича Водопьяна, Ирину Владимировну Дворецкую, Эрен Кочак и Кирилла Леонидовича Савицкого за активное участие в этой работе и многочисленные идеи, часть которых была использована в данной статье.

#### Acknowledgments

The author thanks the participants of the seminar on digital transformation models of the Institute of Education of the National Research University Higher School of Economics Vladimir V. Vikhrev, Grigory M. Vodopyan, Irina V. Dvoretzkaya, Eren Kochak and Kirill L. Savitsky for their active participation in this work and numerous ideas, some of which were used in this article.

#### Список источников / References

1. *Майшев А.* Ничто и никогда не заменит личного контакта детей с учителем. РИА Новости. 03 января 2022. Режим доступа: <https://edu.gov.ru/press/4583/nichto-i-nikogda-ne-zamenit-lichnogo-kontakta-detey-s-uchitelem/> [*Maishev A.* Nothing will ever replace the personal contact of children with a teacher. RIA Novosti. 03 January 2022. (In Russian.) Available at: <https://edu.gov.ru/press/4583/nichto-i-nikogda-ne-zamenit-lichnogo-kontakta-detey-s-uchitelem/>]
2. *Уваров А. Ю., Вихрев В. В., Водопьян Г. М., Дворецкая И. В., Кочак Э., Левин И.* Школы в развивающейся цифровой среде: цифровое обновление и его зрелость. *Информатика и образование.* 2021;36(7):5–28. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-7-5-28
3. *Uvarov A. Yu., Vikhrev V. V., Vodopyan G. M., Dvoretzkaya I. V., Coseac E., Levin I.* Schools in an evolving digital environment: digital renewal and its maturity. *Informatics and Education.* 2021;36(7):5–28. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-7-5-28]
3. *Zhu Z.-T., Yu M.-H., Riezebos P.* A research framework of smart education. *Smart Learning Environments.* 2016;(3(4)):1–17. DOI: 10.1186/s40561-016-0026-2
4. *Marzano R. J., Norford J., Finn M., Finn III D.* A Handbook for Personalized Competency-Based Education: Ensure All Students Master Content by Designing and Implementing a PCBE System. Bloomington, Solution Tree; 2017. 240 p.
5. Концепция информатизации образования. *Информатика и образование.* 1988;(6):3–29. [*The concept of informatization of education. Informatics and Education.* 1988;(6):3–29. (In Russian.)]
6. *Дворецкая И. В., Мерцалова Т. А.* Российские школы через призму мониторинга цифровой трансформации образования (анализ различительных возможностей инструмента). *Современная аналитика образования.* М.: НИУ ВШЭ; 2020. 36 с. Режим доступа: <https://ioe.hse.ru/pubs/share/direct/408107267.pdf> [*Dvoretzkaya I. V., Mertsalova T. A.* Russian schools through the prism of monitoring the digital transformation of education (analysis of the distinctive capabilities of the

tool). *Modern analytics of education.* Moscow, NIU HSE; 2020. 36 p. (In Russian.) Available at: <https://ioe.hse.ru/pubs/share/direct/408107267.pdf>

7. *Terada Y. A.* Powerful model for understanding good tech integration. EDUTOPIA, May 4, 2020. Available at: <https://www.edutopia.org/article/powerful-model-understanding-good-tech-integration>

8. *Шведченко А.* Что такое «перевернутый класс» и как эту методику используют в России. Режим доступа: [https://mel.fm/ucheba/shkola/928534-flipped\\_classroom](https://mel.fm/ucheba/shkola/928534-flipped_classroom)

[*Shvedchenko A.* What is an “inverted class” and how this technique is used in Russia. (In Russian.) Available at: [https://mel.fm/ucheba/shkola/928534-flipped\\_classroom](https://mel.fm/ucheba/shkola/928534-flipped_classroom)]

9. *Авдеева С. М., Уваров А. Ю., Тарасова К. В.* Цифровая трансформация школ и информационно-коммуникационная компетентность учащихся. *Вопросы образования.* 2022;1:218–243. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48162617&>

[*Avdeeva S. M., Uvarov A. Yu., Tarasova K. V.* Digital transformation of schools and student’s information and communication literacy. *Education issues.* 2022;1:218–243. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48162617&>]

10. *Шу Г., Андерл Р., Гауземайер Ю., тен Хомпель М., Вальстер В. (и др.).* Индекс зрелости Индустрии 4.0. Управление цифровым преобразованием компаний. Munich: Herbert Utz Verlag; 2017. 68 с. Режим доступа: [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_STUDIE\\_rus\\_Maturity\\_Index\\_WEB.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB.pdf)

[*Schuh G., Anderl R., Gausemeier Yu., ten Hompel M., Wahlster W. (et al.).* Industry Maturity Index 4.0. Managing digital transformation of companies. Munich, Herbert Utz Verlag; 2017. 68 p. (In Russian.) Available at: [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech\\_STUDIE\\_rus\\_Maturity\\_Index\\_WEB.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB.pdf)]

11. *Kools M., Stoll L., George B., Steijn B., Bekkers V., Gouëdard P.* The school as a learning organization: the concept and its measurement. *European Journal of Education.* 2020;55:24–42. DOI: 10.1111/ejed.12383

12. *Семенов А. Л.* Результативное образование расширенной личности в прозрачном мире на цифровой платформе. *Герценовские чтения: психологические исследования в образовании.* 2020;3:591–596. DOI: 10.33910/herzenpsyconf-2020-3-27

[*Semenov A. L.* Productive education of extended human in the transparent world on digital platform. *Herzen readings: Psychological research in Education.* 2020;3:591–596. (In Russian.) DOI: 10.33910/herzenpsyconf-2020-3-27]

13. *Stoll C., Giddings G.* Reawakening the learner: Principles and tools to create school systems for learners to achieve personalized mastery. New York, NY, Rowman and Littlefield Education; 2015. 256 p.

14. *Дворецкая И. В., Мерцалова Т. А.* Российские школы через призму мониторинга цифровой трансформации образования (анализ различительных возможностей инструмента). *Современная аналитика образования.* М.: ВШЭ; 2020. 36 с. Режим доступа: <https://ioe.hse.ru/pubs/share/direct/408107267.pdf>

[*Dvoretzkaya I. V., Mertsalova T. A.* Russian schools through the prism of monitoring the digital transformation of education (analysis of the distinctive capabilities of the instrument). *Modern Education Analytics.* Moscow, HSE; 2020. 36 p. (In Russian.) Available at: <https://ioe.hse.ru/pubs/share/direct/408107267.pdf>]

15. *Uvarov A., Varlamova J.* Anytime, anywhere learning for improved education results in Russia: Case study by the UNESCO-Fazheng project on best practices in mobile learning. UNESCO; 2019. Available at: <https://www.gcedclearinghouse.org/sites/default/files/resources/190151eng.pdf>

16. *Авдеева С. М., Уваров А. Ю.* Российская школа на пути к информационному обществу: проект «Инфор-

матизация системы образования». *Вопросы образования*. 2005;(3):33–53.

[Avdeeva S. M., Uvarov A. Yu. Russian school on the way to an information society: Project "Informatization of the education system". *Education Issues*. 2005;(3):33–53. (In Russian.)]

17. Водопьян Г. М., Уваров А. Ю. О построении модели процесса информатизации школы. М.: РФДПО; 2006. 424 с.

[Vodopyan G. M., Uvarov A. Yu. On building a model of the school informatization process. Moscow, RFDPO; 2006. 424 p. (In Russian.)]

18. Водопьян Г. М. На пути к смарт школе: взгляд из классной комнаты. *Информатика в школе*. 2022;21(2): 35–38. DOI: 10.32517/2221-1993-2022-21-2-35-38

[Vodopyan G. M. On the way to a smart school: A look from the classroom. *Informatics in School*. 2022;21(2):35–38. (In Russian.) DOI: 10.32517/2221-1993-2022-21-2-35-38]

#### **Информация об авторе**

**Уваров Александр Юрьевич**, доктор пед. наук, руководитель отдела образовательной информатики, Институт кибернетики и образовательной информатики им. А. И. Бер-

га, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия; профессор департамента образовательных программ, Институт образования, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-1999-1943>; *e-mail*: [auvarov@mail.ru](mailto:auvarov@mail.ru)

#### **Information about the author**

**Alexander Yu. Uvarov**, Doctor of Sciences (Education), Head of the Educational Informatics Department, Institute of Cybernetics and Educational Computing named after A. I. Berg, The Federal Research Centre "Computer Science and Control" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; Professor at the Department of Educational Programs, Institute of Education, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-1999-1943>; *e-mail*: [auvarov@mail.ru](mailto:auvarov@mail.ru)

**Поступила в редакцию / Received:** 01.03.2022.

**Поступила после рецензирования / Revised:** 08.04.2022.

**Принята к печати / Accepted:** 12.04.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-14-23

# ИНТЕГРАЦИЯ ОСНОВНОГО И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПОДГОТОВКИ УЧАЩИХСЯ В ЦЕНТРАХ ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ

С. Г. Григорьев<sup>1</sup>, И. Е. Вострокнутов<sup>1</sup>, М. А. Родионов<sup>2</sup>, И. В. Акимова<sup>2</sup> ✉, М. В. Воробьев<sup>3</sup><sup>1</sup> *Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия*<sup>2</sup> *Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия*<sup>3</sup> *Фонд новых форм развития образования, г. Москва, Россия*✉ [ulrih@list.ru](mailto:ulrih@list.ru)

## Аннотация

На сегодняшний день актуальна проблема интеграции основного и дополнительного информационно-технологического образования. Особое значение интеграция приобретает в рамках школьной информатики, на которую существенное влияние оказывает цифровизация современного общества. Среди направлений цифровизации можно выделить расширение сети учреждений дополнительного образования, оснащаемых современным цифровым оборудованием для обучения детей навыкам работы с ним, обеспечение условий для освоения новых цифровых профессий, развитие основных цифровых компетенций и т. д. Современная школьная информатика имеет ряд недостатков, что определяет необходимость реформирования ее содержания и форм его представления. Такое реформирование предполагает целенаправленную интеграцию базового и дополнительного информационно-технологического образования, позволяющую существенно обогатить его образовательный и развивающий потенциал. При этом необходимо учитывать следующие условия: реализацию доступа к современной технике и технологиям; преемственность и системность построения программ и методик базового и дополнительного образования; реализацию конвергентных решений в рамках содержательно-методического обеспечения школьных дисциплин; симбиоз технологий и программ этих дисциплин.

Одним из вариантов интеграции основного и дополнительного школьного образования является разработка методического обеспечения по программам основного и дополнительного образования для центров цифрового образования детей «IT-куб», центров образования «Точка роста», детских технопарков «Кванториум» на базе общеобразовательных организаций. В соответствии с идеологией проектов рассмотренные образовательные направления («Программирование на Python», «Мобильная разработка», «VR/AR-разработка», «Программирование роботов», «Системное администрирование», «Кибергиена и большие данные», «Основы программирования на Java», «Основы алгоритмики и логики» и др.) были ориентированы на поддержку наиболее актуальных и востребованных компетенций детей в сфере информационных технологий, обеспечивая возможность интегрированных решений как в рамках собственно информационно-технологического образования, так и вне этих рамок.

**Ключевые слова:** интеграция информационно-технологического образования, цифровизация образования, школьная информатика, IT-куб.

## Для цитирования:

Григорьев С. Г., Вострокнутов И. Е., Родионов М. А., Акимова И. В., Воробьев М. В. Интеграция основного и дополнительного информационно-технологического образования на основе подготовки учащихся в центрах цифрового образования детей. *Информатика и образование*. 2022;37(2):14–23. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-14-23

## INTEGRATION OF BASIC AND ADDITIONAL INFORMATION TECHNOLOGY EDUCATION BASED ON THE TRAINING OF STUDENTS IN DIGITAL EDUCATION CENTERS FOR KIDS

S. G. Grigoriev<sup>1</sup>, I. E. Vostroknutov<sup>1</sup>, M. A. Rodionov<sup>2</sup>, I. V. Akimova<sup>2</sup> ✉, M. V. Vorobev<sup>3</sup><sup>1</sup> *Moscow City University, Moscow, Russia*<sup>2</sup> *Penza State University, Penza, Russia*<sup>3</sup> *Education Development Fund, Moscow, Russia*✉ [ulrih@list.ru](mailto:ulrih@list.ru)

© Григорьев С. Г., Вострокнутов И. Е., Родионов М. А., Акимова И. В., Воробьев М. В., 2022



### Abstract

Today, the problem of integrating basic and additional information technology education is relevant. Integration is of particular importance for school informatics, which is significantly influenced by digitalization of modern society. Some areas of digitalization can be highlighted in particular: the expansion of the network of additional education institutions equipped with modern digital equipment for teaching children how to work with it; providing conditions for mastering new digital professions; developing basic digital competencies, etc. Modern school informatics has a number of shortcomings, which determines the need to reform content of the discipline and forms of content presentation. Such a reform involves a targeted integration of basic and additional information technology education, which allows to significantly enrich its educational and developmental potential. At the same time, the following conditions must be taken into account: providing access to modern equipment and technologies; continuity and consistency in the construction of programs and methods of basic and additional education; implementation of convergent solutions within the content and methodological support of school disciplines; symbiosis of technologies and programs of these disciplines.

One of the ways for integrating basic and additional school education is the development of methodological support for programs of basic and additional education for “IT cube” kid’s digital education centers, “Point of Growth” education centers, “Quantorium” kid’s technoparks on the basis of educational organizations. In accordance with the project ideology, the educational areas (“Python programming”, “Mobile development”, “VR/AR development”, “Robot programming”, “System administration”, “Cyber hygiene and Big Data”, “Fundamentals of programming in Java”, “Fundamentals of algorithmics and logic”, etc.) were focused on supporting the most relevant and wanted competencies of kids in IT sphere, providing the possibility of integrated solutions both within the framework of the actual information technology education, and outside this framework.

**Keywords:** integration of information technology education, digitalization of education, school informatics, IT cube.

### For citation:

Grigoriev S. G., Vostroknutov I. E., Rodionov M. A., Akimova I. V., Vorobev M. V. Integration of basic and additional information technology education based on the training of students in digital education centers for kids. *Informatics and Education*. 2022;37(2): 14–23. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-14-23

## 1. Введение

Появление обновленных федеральных государственных образовательных стандартов подводит к осознанию идеи целостного образовательного пространства для успешного формирования личности учащегося. Основой такого целостного пространства является интеграция общего и дополнительного образования, как на уровне предметов, так и на уровне образовательных программ.

Интегративные процессы, позволяющие максимально реализовывать функции образования, как известно, осуществляются в двух направлениях: внешнем, которое представлено ориентацией и подчинением всех компонентов системы единому педагогическому процессу, и внутреннем, которое задается взаимопроникновением элементов различных направлений и профилей образования.

Успешная интеграция содержательно-методического обеспечения основного и дополнительного информационно-технологического образования позволит развивать собственную творческую и познавательную активность обучающихся, успешно проектировать их индивидуальные образовательные траектории, органично расширять объем и содержание изучаемого материала, а также спектр изучаемых дисциплин, инициировать самостоятельную работу в виде подготовки учебно-исследовательских проектов.

Образовательные учреждения в результате получают возможность реализации современных требований к учебному процессу, объединения усилий различных специалистов в одном учреждении для решения общих задач, расширения спектра образовательной и воспитательной деятельности, появления ее новых перспективных направлений и, как итог, повышения качества образовательного процесса.

В целом описываемая интеграция позволит существенно обогатить не только курс информатики, но

и каждый предмет школьного образования, причем особая роль в этом процессе принадлежит информатике, лежащей в основе его цифровизации [1, 2]. Одним из важных ресурсов для эффективного процесса цифровизации образования является реализация проекта «Цифровая образовательная среда» национального проекта «Образование», который стартовал в Российской Федерации в 2019 году. Федеральный проект направлен на создание и внедрение в образовательных организациях цифровой образовательной среды, а также обеспечение реализации цифровой трансформации системы образования [3–5]. В рамках проекта ведется интенсивная работа по оснащению организаций современным оборудованием и развитию цифровых сервисов и контента для образовательной деятельности.

Одним из ключевых мероприятий проекта является создание в субъектах Российской Федерации центров цифрового образования детей «IT-куб», направленных на обеспечение возможностей для расширения сети учреждений (площадок) дополнительного образования, оснащаемых современным цифровым оборудованием для обучения детей навыкам работы с ним, выполнение условий для освоения новых цифровых профессий, развитие основных цифровых компетенций и т. д. При этом все более актуальной становится проблема органичного взаимодействия базового и дополнительного образования как с позиций их содержания, так и с позиций методического обеспечения [6, 7]. Раскроем последний тезис более детально.

С выходом обновленного Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования установлены новые требования к предметным результатам при углубленном изучении ряда дисциплин («Математика», включая курсы «Алгебра», «Геометрия», «Вероятность и статистика»; «Информатика»; «Физика»; «Химия»; «Биология») [7]. Применительно к информатике

проведенный анализ ФГОС позволил выявить, что на базовом уровне и на углубленном уровне представлено существенно более широкое содержание как в области алгоритмизации, программирования, так и в области знания логических операций, обработки данных, информационной безопасности.

Так, например, в области программирования и алгоритмизации ФГОС предполагает следующее содержание:

**Базовый уровень:** развитие алгоритмического мышления как необходимого условия профессиональной деятельности в современном обществе; понимание сущности алгоритма и его свойств; умение составлять, выполнять вручную и на компьютере несложные алгоритмы для управления исполнителями (Черепашка, Чертежник); создавать и отлаживать программы на одном из языков программирования (Python, C++, Pascal, Java, C#, Школьный алгоритмический язык), реализующие несложные алгоритмы обработки числовых данных с использованием циклов и ветвлений; умение разбивать задачи на подзадачи, использовать константы, переменные и выражения различных типов (числовых, логических, символьных); умение анализировать предложенный алгоритм, определять, какие результаты возможны при заданном множестве исходных значений; умение записать на изучаемом языке программирования алгоритмы проверки делимости одного целого числа на другое, проверки натурального числа на простоту, выделения цифр из натурального числа, поиск максимумов, минимумов, суммы числовой последовательности.

**Углубленный уровень:** наличие развитого алгоритмического мышления как необходимого условия профессиональной деятельности в современном обществе; свободное оперирование понятиями «исполнитель», «алгоритм», «программа», понимание разницы между употреблением этих терминов в бытовой речи и в информатике; умение выбирать подходящий алгоритм для решения задачи; свободное оперирование понятиями: переменная, тип данных, операция присваивания, арифметические и логические операции, включая операции целочисленного деления и остатка от деления; умение создавать программы на современном языке программирования общего назначения: Python, C++ (Java, C#), реализующие алгоритмы обработки числовых данных с использованием ветвлений, циклов со счетчиком, циклов с условиями, подпрограмм (алгоритмы проверки делимости одного целого числа на другое, проверки натурального числа на простоту, разложение на простые сомножители, выделение цифр из натурального числа, поиск максимумов, минимумов, суммы числовой последовательности и т. п.); владение техникой отладки и выполнения полученной программы в используемой среде разработки; умение составлять программы для решения типовых задач обработки массивов данных: числовых массивов, матриц, строк (других коллекций); умение записывать простые алгоритмы сортировки массивов на изучаемом языке программирования; умение использовать

простые приемы динамического программирования, бинарного поиска, составлять и реализовывать несложные рекурсивные алгоритмы.

Необходимость освоения указанного содержания в современной школе осложняется наличием ряда недостатков современного информационно-технологического образования:

1. Недостаточная квалификация учителей информатики. Современному учителю информатики необходимо, как никакому другому учителю, совершенствовать свою предметную подготовку. Данная необходимость обусловлена стремительным развитием технологий, программного обеспечения, обновлением компьютерной техники в образовательных организациях. Однако, в силу ряда объективных и субъективных причин, повышение квалификации учителей информатики в массовой школе реализуется далеко не всегда достаточно эффективно [8–10].
2. Нецелевое использование компьютерной техники. Обусловлено отсутствием педагогических кадров должной квалификации, недостаточной мотивацией к рациональному использованию современной техники, отсутствием возможности внедрять занятия с использованием современного оборудования (например, по робототехнике) в учебные планы. В результате наблюдаются простой и устаревание оборудования либо нерациональное его использование как на уроках, так и в рамках дополнительного образования.
3. Отсутствие преемственности между школьным курсом и соответствующими курсами для среднего профессионального образования (СПО) и высшей школы. Особенно остро данная проблема стоит в выпускных классах. Учащиеся после окончания школьного курса не могут выстроить преемственную траекторию своего информационно-технологического образования, приходят неподготовленными должным образом как в высшие учебные заведения, так и в учреждения среднего профессионального образования.
4. Отсутствие внятной стратегии дифференциации обучения для различных уровней подготовки по информатике, в отличие от большинства других школьных дисциплин. «Усредненный» курс информатики, очевидно, может приводить к снижению мотивации изучения данного предмета как для слабо подготовленных учащихся, так и для успешных учащихся в рассматриваемой предметной области [11, 12].
5. Незаинтересованность учащихся. Незаинтересованность и слабая мотивация к изучению информатики могут быть вызваны несколькими причинами: кажущаяся легкость предмета, который ошибочно может ассоциироваться только лишь с изучением базовых информационных технологий, компьютерных игр, социальных сервисов и др., излишне формальный

подход к изучению, отсутствие практического применения полученных знаний в различных сферах жизни ученика, для отдельных групп учащихся — наоборот, трудность в изучении некоторых тем, например, связанных с программированием [13, 14].

6. **Несовершенство школьных учебников по информатике.** Проанализировав содержание основных действующих учебников по информатике, можно сделать вывод о том, что введение нового ФГОС предполагает серьезную модернизацию содержания школьных учебных программ [15–17]. И, к сожалению, большинство школьных учебников уже не соответствуют заявленному в ФГОС содержанию, не учитывают повышающийся уровень технической оснащенности современной школы, не в полной мере реализуют необходимые межпредметные связи [18].

Указанные недостатки препятствуют развитию информационно-технологического образования, его выходу на новый методический и предметно-содержательный уровень. Их устранение предполагает существенный пересмотр роли и функции системы дополнительного образования, которое в описываемом контексте должно рассматриваться как естественное средство дополнения и поддержки базовых курсов информатики.

## 2. Пути совершенствования обучения информатике

Поиск возможностей интеграции школьного и дополнительного обучения информатике актуализирует развитие следующих направлений его совершенствования:

1. Реализация доступа к современной технике и технологиям.
2. Системность и преемственность построения программ и методик базового и дополнительного образования.
3. Необходимость реализации конвергентных решений в рамках содержательно-методического обеспечения школьных дисциплин на основе их цифровизации.
4. Необходимость симбиоза технологий и программ базовых и дополнительных дисциплин в рамках информационно-технологического образования.

Остановимся на каждом вопросе более подробно.

Первый вопрос затрагивает внедрение в школьное и дополнительное образование оборудования, необходимого для проведения занятий по робототехнике, реализации элементов AR/VR, человеко-машинного взаимодействия.

Школьное оборудование, как правило, представляет собой компьютерные классы, демонстрационное оборудование, также могут присутствовать робототехнические наборы (но часто они не отвечают современным требованиям, включая только базовую

комплектацию). Это, очевидно, представляется недостаточным для подготовки учащихся к образовательной и трудовой деятельности в современном цифровом обществе. Также может встать вопрос и о подготовленности учителей к работе с новым оборудованием, что приводит к ситуации простоя даже современно укомплектованного класса или нецелевого использования соответствующего оборудования. Такая ситуация характерна как для основного, так и для дополнительного образования. Соответственно, одним из вариантов решения вопроса здесь видится работа современных площадок, таких как, например, центры цифрового образования «IT-куб».

Второй аспект затрагивает вопрос построения новой учебной программы школьной информатики.

Школьная программа имеет для дальнейшего развития цифровых компетенций большое значение. Системное освоение и применение цифровых технологий должно начинаться в начальной школе и иметь свое продолжение в высшей школе. В настоящее время наблюдается зачастую «стихийное» построение курса некоторыми авторами, когда рассмотренные ранее разделы не находят своего должного применения в старших классах. Остро стоит вопрос и относительно дополнительного образования, которое часто выступает в отрыве от основного курса.

Так, элементы робототехники и программирования находятся в тесной взаимосвязи и обогащают друг друга. Но в школьном курсе они могут рассматриваться непоследовательно, и тогда теряется связь, нарушается системность построения содержания. Еще острее стоит вопрос обеспечения преемственности содержания школьного курса и курсов, рассматриваемых в высшей школе. Поэтому при построении современного школьного курса информатики необходима специальная методическая работа по выстраиванию четких системных линий, которые будут находить свое продолжение в каждом звене. Данная работа должна затрагивать и содержание дополнительного образования, целью которого в рассматриваемом ракурсе является расширение и углубление основного курса за счет привлечения дополнительных инструментальных ресурсов и разделов.

Третий вопрос касается конвергенций методик и технологий при цифровом обучении. Такая конвергенция дает возможность формирования новых ориентиров в обучении информатике, новых форматов учебной деятельности, что, в свою очередь, способствует развитию системы образования в целом. Среди упомянутых форматов можно отметить: дистанционные технологии, технологии смешанного обучения, проектные технологии и т. д., которые должны находить свое широкое применение как в основном, так и в дополнительном образовании. Так, например, цифровые технологии AR/VR могут естественным образом применяться в качестве своеобразного интегрирующего средства для обучения сборке электрических схем в физике, проведения видеоопытов в химии и биологии, интерактивных видеоэкскурсий в географии, создания тематических карт и т. д.

Четвертое направление непосредственно связано с предыдущим. Оно представляет «естественную» адаптацию общих принципов образования, условий и критериев его эффективности к целенаправленному обучению с использованием конкретных технических средств образовательного назначения (робототехнических конструкторов, мобильных устройств и т. д.). На передний план при этом выдвигается необходимость «глобального» проектирования цифровизации естественно-научных предметов (физики, химии, биологии) с использованием технологий эмерджентного обучения при обязательном учете оценки целесообразности применения той или иной технологии в данных конкретных обстоятельствах учебного процесса.

### 3. Предлагаемые решения проблемы интеграции основного и дополнительного образования

Важнейшим условием реализации обозначенных направлений, как указывалось ранее, является эффективная интеграция разделов основного и дополнительного школьного образования.

Нами предлагается методическая стратегия интеграции основного и дополнительного образования, в рамках которой осуществляются взаимодействие и взаимопроникновение ряда тем общего и дополнительного основного школьного информационно-технологического образования. В общем виде такое

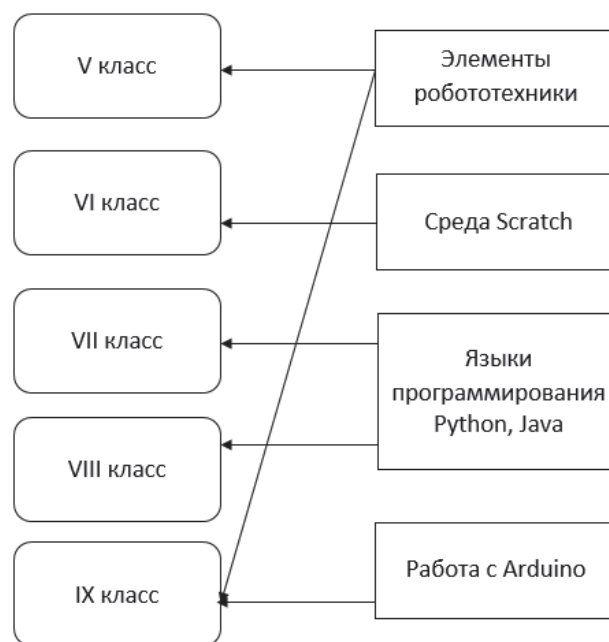


Рис. 1. Схема интеграции основных разделов предметной области «Информатика»

Fig. 1. The scheme of integration of the main sections of the subject area "Informatics"

взаимопроникновение можно проиллюстрировать с помощью следующей схемы (рис. 1).

В таблице, предложен конкретный пример рассматриваемого формата интеграции основных тем

Таблица / Table

#### Варианты интеграции основных тем для V класса

#### Options of integration of main themes for the 5th grade

№ п/п	Раздел	Тема	Содержание
1	Алгоритмика	Робот. Базовые понятия	История развития робототехники. Введение понятия «робот». Поколения роботов. Классификация роботов. Кибернетическая система. Обратная и прямая связь. Датчики
2		Знакомство со средой VEXcode VR	Основные фрагменты интерфейса платформы. Панель управления, блоки программы, датчики, игровая площадка, экран датчиков и переменных, кнопки управления
3		Исполнительные механизмы конструкторов VEX	Создание простейших программ (скриптов), сохранение и загрузка проекта
4		Программируемый контроллер	Математические и логические операторы, блоки вывода информации в окно вывода, блоки трансмиссии
5		Основные блоки	Блоки управления, блоки переменных, блоки датчиков
6		Датчик местоположения, направления движения	Местоположение VR-робота. Скрипт проекта с датчиком местоположения
7		Датчики цвета	Датчики цвета и их направление. Игровое поле «Дисковый лабиринт»
8		Датчик расстояния	Датчик расстояния. Простой лабиринт. Динамический лабиринт
9		Управление магнитом. Сбор фишек	Блоки группы «Магнит». Игровое поле «Перемещение фишек»

курса «Информатика» и разделов дополнительного образования для V класса.

В раздел «Алгоритмика» базового курса входят следующие темы:

- понятие алгоритма;
- формы записи алгоритма;
- типы алгоритмов;
- управление исполнителем.

Схема интеграции основных тем рассматриваемого раздела «Алгоритмика» в рамках основного и дополнительного образования представлена ниже (рис. 2).

Очевидно, что первой задачей, которую необходимо решить для целенаправленной интеграции основного и дополнительного информационно-технологического образования, является создание соответствующей содержательной основы. В этом направлении предпринимаются многочисленные попытки поддержки и развития дополнительного школьного образования как на региональном, так и на федеральном уровне.



Рис. 2. Схема интеграции раздела «Алгоритмика»

Fig. 2. The scheme of integration of the section “Algorithmics”

В рамках указанных работ авторский коллектив принял участие в разработке методического обеспечения по программам основного и дополнительного образования для центров цифрового образования детей «IT-куб», центров образования «Точки роста», детских технопарков «Кванториум» на базе ряда общеобразовательных организаций России.

Рассмотрим основные характеристики реализации программ дополнительного образования центров «IT-куб» [19].

Как известно, центры цифрового образования детей «IT-куб» начинали развиваться в Российской Федерации с 2019 года. В настоящее время на территории России действует сеть более чем из 100 центров «IT-куб» в 70 регионах России. Данные центры призваны формировать современную образовательную экосистему, объединяющую компании — лидеров ИТ-рынка, опытных наставников и начинающих разработчиков от 7 до 18 лет [20, 21].

Шесть граней «IT-куб» — это шесть векторов развития специалиста в области информационных технологий. В соответствии с идеологией проекта, образовательные направления программ центров, такие как: «Программирование на Python», «Мобильная разработка», «VR/AR-разработка», «Программирование роботов», «Системное администрирование», «Кибергигиена и большие данные», «Основы программирования на Java», «Основы алгоритмики и логики», ориентированы на ускоренное освоение детьми актуальных и востребованных знаний, навыков и компетенций в сфере информационных технологий [22–24]. Выбор таких направлений не случаен, каждое из них обусловлено насущной потребностью современного общества в специалистах, компетентных в заявленных вопросах. При этом естественным образом возникает вопрос о сочетаемости содержания указанных выше разделов с материалом базового курса информатики.

Для обеспечения эффективной реализации упомянутых направлений в центрах «IT-куб», а также «Точка роста» и «Кванториум» в контексте проблемы интеграции основного и дополнительного образования была разработана серия методических пособий, каждое из которых содержит следующие основные разделы:

- пояснительную записку, содержащую описание возможностей реализации дополнительной общеобразовательной программы по тематическому направлению с использованием оборудования центров цифрового образования детей, нормативную базу, основные понятия и термины, краткое описание подходов к структурированию материалов, навигацию по разделам;
- описание материально-технической базы центров;
- примерную рабочую программу дополнительного образования по тематическому направлению;
- перечни доступных источников информации, а также материалы для организации и проведе-

ния учебно-исследовательской и проектной деятельности школьников, которые могут быть использованы в рамках как дополнительного, так и базового образования.

Программа обучения рассчитана в основном на детей возраста основной школы с разным уровнем начальной подготовки и сориентирована на использование различных открытых программных систем с применением стандартных возможностей аппаратных средств. Такой подход позволяет результаты обучения применить в различных условиях информационно-технологического образования (базовый курс, кружок, факультатив, занятия в рамках дополнительного образования, подготовка индивидуальных проектов и др.). При этом тот или иной учащийся сможет повторить и усовершенствовать свои разработки дома, используя домашний компьютер.

Создаваемые программы дополнительного образования можно применить при организации различных научно-технических соревнований среди учеников на основе предложенных содержательно-методических рекомендаций. Реализованные на практике идеи проектов могут также служить основой для дальнейших исследований и разработок соответствующих проектов как учеников, так учителей информатики и смежных дисциплин.

Рассмотрим структуру пособий на примере пособия «Информатика с использованием оборудования центра «Точка роста», авторский коллектив: С. Г. Григорьев, И. Е. Вострокнутов, М. А. Родионов, И. В. Акимова, О. А. Кочеткова [24]. В данном пособии были предложены для рассмотрения следующие основные темы: «Робототехника», «Программирование на Python», «Среда программирования Scratch», «Методы регистрации данных. Программирование расчетов», «Вопросы искусственного интеллекта», «Среда программирования для Arduino», «Технологии кодирования и передачи информации». Выбор тем обусловлен следующими соображениями: они могут быть использованы в основном информационно-технологическом образовании и, одновременно, органично вплетены в темы смежных курсов. В то же время они находят свою наиболее полную реализацию в рамках дополнительного образования за счет расширения количества часов на ту или иную тему, что в итоге может вылиться в самостоятельный факультативный курс интегративного характера.

Представленное в пособии тематическое планирование может быть непосредственно использовано учителем; оно включает подробные планы учебных занятий, которые содержат рекомендуемое количество часов, планируемые результаты; список необходимых оборудования и материалов, перечень лабораторных работ с подробными планами для облегчения работы учителя информатики.

Приводится несколько примеров конспектов уроков в качестве методической помощи учителю при подготовке к проведению занятий в рамках базового и дополнительного информационно-технологического образования. В конспектах указываются цели,

планируемые результаты (предметные, метапредметные, личностные), оборудование и материалы. Подробно описывается ход урока: указывается деятельность учителя и учащегося, возможные вопросы учащихся. При подготовке конспектов уроков используются различные технологии обучения, в частности элементы проблемного обучения. В пособии также представлены дидактические материалы, которые могут быть использованы как учителем при подготовке к уроку, так и задействоваться в качестве дополнительного справочного материала для учащихся. В качестве таких материалов авторы предлагают справочную информацию по всем названным темам.

Вместе с тем пособие предполагает гибкую возможность увеличения или уменьшения количества часов, добавления или удаления некоторых тем и составления своего собственного варианта планирования по предложенным темам в зависимости от рассматриваемого цикла образования (базового или дополнительного). Разработанные материалы могут быть дополнены учителем, а также на их основе могут быть разработаны собственные конспекты и планы занятий в зависимости от того, в рамках какого цикла образования будет рассматриваться данный материал.

В качестве итоговой аттестации предполагается разработка и защита практико-ориентированного проекта. В качестве примеров рассматриваются: создание проекта «Перевод числа в римскую систему счисления», который может быть интересен начинающим программистам; конспекты различных мероприятий, например, День открытых дверей в игровой форме, Игра по станциям.

Первичная апробация пособия показала, что оно может быть эффективно использовано как в рамках основного информационно-технологического образования (в качестве поддерживающего содержательно-методического ресурса), так и в качестве методического обеспечения дополнительных занятий для школьников, особо интересующихся цифровыми технологиями и их функциональными возможностями.

## 4. Выводы

1. Актуальность реализации интегративного подхода в образовании, в основе которого лежит тесное взаимодействие и взаимопроникновение основного и дополнительного информационно-технологического образования, обуславливается следующими факторами: недостаточная квалификация учителей информатики, нецелевое использование компьютерной техники, недостаточная преемственность между школьным курсом и курсом высшей школы, отсутствие внятной стратегии дифференциации обучения для различных уровней подготовки школьников, низкая заинтересованность учащихся.

2. Нивелирование указанных недостатков предполагает изменение роли дополнительного образования, которое должно выступать в органическом

единстве с базовым курсом. При этом возникает необходимость реализации ряда образовательных инициатив, предполагающих обеспечение доступа к современной технике и технологиям; преемственность и системность построения соответствующих программ и методик; оптимальную конвергенцию решений в рамках содержательно-методического обеспечения школьных дисциплин; методически обусловленный симбиоз технологий и программ смежных курсов на основе их глобальной цифровизации.

3. Для реализации предлагаемых инициатив целесообразны, в частности, внедрение в основное школьное и дополнительное образование оборудования, обеспечивающего проведение занятий по робототехнике, реализация элементов AR/VR, человеко-машинного взаимодействия; обеспечение преемственности освоения и применения цифровых технологий, начиная с начального и заканчивая дополнительным и высшим образованием; научно обоснованное внедрение в основное и дополнительное образование современных методик цифрового обучения (дистанционных, смешанных, проектных, эмерджентных и других технологий); адаптация основных педагогических детерминантов (принципов, закономерностей, условий, критериев успешности и т. д.) к условиям цифрового обучения с использованием конкретных технических средств обучения (робототехнических конструкторов, мобильных устройств и т. д.).

4. В рамках проводимого исследования возможностей интеграции общего и дополнительного информационно-технологического образования необходимо решить вопрос об обоснованном и «естественном» внедрении значимых тем дополнительного образования в содержание базового курса основной школы. Предлагается общая схема такой интеграции для различных этапов обучения информатике.

5. Важной задачей, которая лежит в основе интеграции основного и дополнительного информационно-технологического образования, является отбор и методическая обработка наиболее востребованных тем дополнительного образования, которые достаточно органично могут взаимодействовать с традиционным содержанием действующих школьных курсов. Данная задача решалась коллективом авторов в рамках разработки методического обеспечения для центров цифрового образования детей «IT-куб», центров образования «Точка роста», детских технопарков «Кванториум» на базе общеобразовательных организаций России.

Одним из результатов решения стала серия методических пособий, каждое из которых содержит: описание возможностей реализации соответствующей дополнительной общеобразовательной программы с использованием оборудования центров цифрового образования детей «IT-куб», «Точка роста», а также детских технопарков «Кванториум»; соответствующую нормативную базу; основные понятия и термины; краткое описание подходов к структурированию материалов; навигацию по раз-

делам; примерную рабочую программу дополнительного образования; перечни доступных источников информации, а также материалы для организации и проведения учебно-исследовательской и проектной деятельности школьников.

Данные пособия могут быть использованы в качестве «достройки» основного курса информатики, восполняя существующую нехватку в плане содержательно-методического и технологического обеспечения.

6. При разработке методического обеспечения программ дополнительного информационно-технологического образования предполагается задействовать основы технологии SMART, кейс-методы, словесные методы (беседа, опрос и т. д.), метод проблемного изложения (постановка проблемы и решение ее самостоятельно или группой), наглядные (демонстрация схем, таблиц, инфографики, презентаций и т. д.), практические (практические задания, анализ и решение проблемных ситуаций, показ учителем готовой модели и т. д.), метод проектов. Указанные приемы существенно обогащают технологический инструментарий, традиционно используемый учителями информатики в рамках базового и элективного учебных курсов.

В числе функциональных особенностей программ, реализованных в пособиях и обеспечивающих эффективное взаимодействие с базовым информационно-технологическим образованием, целесообразно указать:

- ориентацию на использование открытых программных систем, с применением стандартных возможностей аппаратных средств;
- возможность самостоятельного повторения учащимся своих работ дома, используя домашний компьютер;
- применимость при организации различных научно-технических соревнований среди учеников на основе предложенных методик;
- упор на реализацию на практике таких идей, которые могли бы служить основой для дальнейших исследований и разработок как учеников, так и учителей информатики.

Как показывает практика, предлагаемая стратегия организации дополнительного образования в рамках рассматриваемых программ цифрового образования детей может служить своеобразным «мостиком» для эффективного взаимодействия и взаимопроникновения методических тезаурусов базовых и дополнительных курсов по информатике.

#### Список источников / References

1. Андреева Е. Б., Сартанова Е. Е. Модель региональной системы персонализированного дополнительного образования детей. *Научно-педагогическое обозрение*. 2020;(4(32)):131–139. DOI 10.23951/2307-6127-2020-4-131-139

[Andreyeva E. B., Sartanova E. E. Model of the regional system of personified additional education of children. *Pedagogical Review*. 2020;(4(32)):131–139. (In Russian.) DOI 10.23951/2307-6127-2020-4-131-139]

2. Antonova I. I., Antonova A. A., Shmeleva A. N., Novikov A. A., Nazarenko M. A. System analysis of transport-information infrastructure transformation in modern cities. *2020 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS)*. 2020:154–156.
3. Bagrova E. V., Kruchinin S. V., Nazarenko M. A. Additional Education in Russia. Ways of Development. *2018 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS)*. 2018:561–564. DOI: 10.1109/ITMQIS.2018.8524999.
4. Morano Okuno H. R., Benitez G. S., Lopez V. V., Guerrero L. V., Moran E. G., Solis Cordova J. J. Introducing Virtual Reality in an Automated Manufacturing Systems course — First approach. *2020 V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino)*. 2020:1–5.
5. Сафонова П. Н., Шамрай И. Н. Современная система дополнительного образования детей: особенности, стратегии, тенденции. *Вестник МГУКИ*. 2020;(4(96)):158–171. DOI: 10.24412/1997-0803-2020-10415  
[Safonova P. N., Shamray I. N. Modern system of additional education for children: features, strategies, trends. *Bulletin of MGUKI*. 2020;(4(96)):158–171. (In Russian.) DOI: 10.24412/1997-0803-2020-10415]
6. Цибицова Е. Б. Дополнительное образование: назначение, содержание, проблемы разработки программы. *Народное образование*. 2020;(1(1478)):129–135.  
[Tsibizova E. B. Additional education: Purpose, content, problems program development. *Public Education*. 2020;(1(1478)):129–135. (In Russian.)]
7. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/#1000>  
[Federal State Educational Standard of basic general education (In Russian.) Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/#1000>]
8. Кушниренко А. Г., Лебедев Г. В. Информатика: 12 лекций о том, для чего нужен школьный курс информатики и как его преподавать. М.: Лаборатория Базовых знаний; 2000. 461 с.  
[Kushnirenko A. G., Lebedev G. V. Informatics: 12 lectures on what a school informatics course is for and how to teach it. Moscow, Laboratory of Basic knowledge; 2000. 461 p. (In Russian.)]
9. Кушниренко А. Г., Рогожкина И. Б. ПиктоМир: опыт обучения программированию старших дошкольников. *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2011;7:873–879. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23020831&>
10. Кузнецов А. А. Основные направления совершенствования методической подготовки учителей информатики в педвузах. *Информатика и образование*. 1997;12(6):13–21.  
[Kuznetsov A. A. The main directions of improving the methodological training of computer science teachers in pedagogical universities. *Informatics and Education*. 1997;12(6):13–21. (In Russian.)]
11. Кузнецов А. А. Общая методика обучения информатике: учебное пособие для студентов педагогических вузов. Ч. 1. М.: Прометей; 2016. 300 с.  
[Kuznetsov A. A. General methods of teaching computer science: a textbook for students of pedagogical universities. Part 1. Moscow, Prometheus; 2016. 300 p. (In Russian.)]
12. Ваграменко Я. А. Информационные технологии и модернизация образования. *Педагогическая информатика*. 2000;(2):3–9. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/978/45978/files/2000-2.pdf?ysclid=l3dhg4nojh>  
[Vagramenko Ya. A. Information technologies and modernization of education. *Pedagogical informatics*. 2000;(2):3–9. (In Russian.) Available at: <http://window.edu.ru/resource/978/45978/files/2000-2.pdf?ysclid=l3dhg4nojh>]
13. Ершов А. П. О предмете информатики. *Вестник АН СССР*. 1984;2:112–113.  
[Ershov A. P. On the subject of informatics. *Bulletin of the USSR Academy of Sciences*. 1984;2:112–113. (In Russian.)]
14. Ершов А. П., Звенигородский Г. А., Первин Ю. А. Школьная информатика (концепции, состояния, перспективы). *Информатика и образование*. 1995;10(1):3–19.  
[Ershov A. P., Zvenigorodsky G. A., Pervin Yu. A. School informatics (concepts, conditions, prospects). *Informatics and Education*. 1995;10(1):3–19. (In Russian.)]
15. Кушниренко А. Г., Леонов А. Г., Зайдельман Я. Н., Тарасова В. В. Информатика. 9 класс: учебник. М.: Дрофа; 2020. 340 с.  
[Kushnirenko A. G., Leonov A. G., Zaidelman Ya. N., Tarasova V. V. Informatics. 9th grade: textbook. Moscow, Drofa; 2020. 340 p. (In Russian.)]
16. Гейн А. Г., Юнерман Н. А. Информатика. 9 класс. М.: Просвещение; 2020. 142 с.  
[Gein A. G., Yunerman N. A. Informatics. 9th grade. Moscow, Prosveshhenie; 2020. 142 p. (In Russian.)]
17. Семакин И. Г., Залогова Л. А., Русаков С. В. Информатика. 9 класс. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2016. 208 с.  
[Semakin I. G., Zalogova L. A., Rusakov S. V. Informatics. 9th grade. Moscow, BINOM. Laboratory of Knowledge; 2016. 208 p. (In Russian.)]
18. Ланчик М. П. Методика обучения информатике: учебное пособие. СПб.: Лань; 2016. 392 с.  
[Lapchik M. P. Methods of teaching informatics: study guide. St. Petersburg, Lan; 2016. 392 p. (In Russian.)]
19. Сайт Академии Минпросвещения России. Режим доступа: <https://arkpro.ru/natsproektobrazovanie/bankdokumentov/>  
[Website of the Academy of the Ministry of Education of Russia. (In Russian.) Available at: <https://arkpro.ru/natsproektobrazovanie/bankdokumentov/>]
20. Сайт Министерства просвещения Российской Федерации. Режим доступа: <https://edu.gov.ru/national-project/>  
[Website of the Ministry of Education of the Russian Federation. (In Russian.) Available at: <https://edu.gov.ru/national-project/>]
21. Доклад Правительства Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации о реализации государственной политики в сфере образования (от 06 июня 2019 г.). Режим доступа: <http://dop.edu.ru/article/21504/doklad-pravitelstvarossiiskoi-federatsii-federalnomu-sobraniyu-rossiiskoi-federatsii-o-realizatsii>  
[Report of the Government of the Russian Federation to the Federal Assembly of the Russian Federation on the implementation of state policy in the field of education (dated June 06, 2019). (In Russian.) Available at: <http://dop.edu.ru/article/21504/doklad-pravitelstvarossiiskoi-federatsii-federalnomu-sobraniyu-rossiiskoi-federatsii-o-realizatsii>]
22. Григорьев С. Г., Вострокнутов И. Е., Трухманов В. Б., Родионов М. А., Исайкин О. А. Реализация образовательных программ предметной области «Математика и информатика» с использованием оборудования центра цифрового образования детей «ИТ-куб»: методическое пособие. М.; 2021. 119 с. Режим доступа: [https://report.arkpro.ru/uploads/share/ИТ-куб\\_Математика\\_и\\_информатика.pdf](https://report.arkpro.ru/uploads/share/ИТ-куб_Математика_и_информатика.pdf)  
[Grigoriev S. G., Vostroknutov I. E., Trukhmanov V. B., Rodionov M. A., Isaikin O. A. Implementation of educational



programs of the subject area “Mathematics and Informatics” using the equipment of the “IT cube” kid’s digital education center: methodical manual. Moscow; 2021. 119 p. (In Russian.) Available at: [https://report.apkpro.ru/uploads/share/IT-куб\\_Математика и информатика.pdf](https://report.apkpro.ru/uploads/share/IT-куб_Математика и информатика.pdf)]

23. Григорьев С. Г., Родионов М. А., Акимова И. В. Реализация дополнительной общеобразовательной программы по тематическому направлению «Программирование на языке Python» с использованием оборудования центра цифрового образования детей «IT-куб»: методическое пособие. М.; 2021. 123 с. Режим доступа: [https://report.apkpro.ru/uploads/share/IT-куб\\_Программирование на языке PYTHON.pdf](https://report.apkpro.ru/uploads/share/IT-куб_Программирование на языке PYTHON.pdf)

[Grigoriev S. G., Rodionov M. A., Akimova I. V. Implementation of an additional general education program in the thematic direction “Programming in Python” using the equipment of the “IT cube” kid’s digital education center: methodical manual. Moscow; 2021. 123 p. (In Russian.) Available at: [https://report.apkpro.ru/uploads/share/IT-куб\\_Программирование на языке PYTHON.pdf](https://report.apkpro.ru/uploads/share/IT-куб_Программирование на языке PYTHON.pdf)]

24. Григорьев С. Г., Вострокнутов И. Е., Родионов М. А., Акимова И. В., Кочеткова О. А. Реализация образовательных программ по предмету «Информатика» с использованием оборудования центра «Точка роста»: методическое пособие. М.; 2021. 119 с. Режим доступа: [https://report.apkpro.ru/uploads/share/TP\\_Информатика.pdf](https://report.apkpro.ru/uploads/share/TP_Информатика.pdf)

[Grigoriev S. G., Vostroknutov I. E., Rodionov M. A., Akimova I. V., Kochetkova O. A. Implementation of educational programs on the subject of “Informatics” using the equipment of the “Point of Growth” center: methodical manual. Moscow; 2021. 119 p. (In Russian.) Available at: [https://report.apkpro.ru/uploads/share/TP\\_Информатика.pdf](https://report.apkpro.ru/uploads/share/TP_Информатика.pdf)]

#### **Информация об авторах**

**Григорьев Сергей Георгиевич**, доктор тех. наук, член-корреспондент РАО, профессор, профессор департамента информатики, управления и технологий, Институт цифрового образования, Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-0034-9224>; *e-mail*: [grigorsg@yandex.ru](mailto:grigorsg@yandex.ru)

**Вострокнутов Игорь Евгеньевич**, доктор пед. наук, профессор, профессор департамента информатики, управления и технологий, Институт цифрового образования, Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-1690-7961>; *e-mail*: [vostroknutov\\_i@mail.ru](mailto:vostroknutov_i@mail.ru)

**Родионов Михаил Алексеевич**, доктор пед. наук, профессор, зав. кафедрой информатики и методики обучения инфор-

матике и математике, Педагогический институт им. В. Г. Белинского, Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-1764-9047>; *e-mail*: [do7tor@mail.ru](mailto:do7tor@mail.ru)

**Акимова Ирина Викторовна**, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры информатики и методики обучения информатике и математике, Педагогический институт им. В. Г. Белинского, Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-0900-4676>; *e-mail*: [ulrih@list.ru](mailto:ulrih@list.ru)

**Воробьев Михаил Владимирович**, начальник управления методологии и экспертно-организационного сопровождения проектной деятельности, Фонд новых форм развития образования, г. Москва, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-1007-7661>; *e-mail*: [vmv220490@icloud.com](mailto:vmv220490@icloud.com)

#### **Information about the authors**

**Sergey G. Grigoriev**, Doctor of Sciences (Engineering), Corresponding Member of RAE, Professor, Professor at the Department of IT, Management, and Technology, Institute of Digital Education, Moscow City University, Moscow, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-0034-9224>; *e-mail*: [grigorsg@yandex.ru](mailto:grigorsg@yandex.ru)

**Igor E. Vostroknutov**, Doctor of Sciences (Education), Professor, Professor at the Department of IT, Management, and Technology, Institute of Digital Education, Moscow City University, Moscow, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-1690-7961>; *e-mail*: [vostroknutov\\_i@mail.ru](mailto:vostroknutov_i@mail.ru)

**Mikhail A. Rodionov**, Doctor of Sciences (Education), Professor, Head of the Department of Informatics and Teaching Methods of Informatics and Mathematics, Pedagogical Institute named after V. G. Belinsky, Penza State University, Penza, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-1764-9047>; *e-mail*: [do7tor@mail.ru](mailto:do7tor@mail.ru)

**Irina V. Akimova**, Candidate of Sciences (Education), Doцент, Associate Professor at the Department of Informatics and Teaching Methods of Informatics and Mathematics, Pedagogical Institute named after V. G. Belinsky, Penza State University, Penza, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-0900-4676>; *e-mail*: [ulrih@list.ru](mailto:ulrih@list.ru)

**Mikhail M. Vorobev**, Head of the Department of Methodology and Expert Support of Project Activity, Education Development Fund, Moscow, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-1007-7661>; *e-mail*: [vmv220490@icloud.com](mailto:vmv220490@icloud.com)

*Поступила в редакцию / Received*: 27.03.2022.

*Поступила после рецензирования / Revised*: 11.04.2022.

*Принята к печати / Accepted*: 12.04.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-24-33

# SAP ANALYTICS CLOUD: ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ СЕРВИС ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Д. М. Назаров<sup>1</sup>, Д. Б. Ковтун<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup> Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия

✉ kovtun.d.b@gmail.com

## Аннотация

В условиях цифровых изменений, происходящих в мире, возникает необходимость использования сквозного компетентностного подхода при реализации Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО 3++). Использование эффективных инструментальных средств интеллектуального анализа данных как инструмента понимания процессов цифровой трансформации становится особенно актуальным. Процесс цифровой трансформации образования служит одним из важнейших компонентов цифровизации экономики, что является причиной необходимости изучения основ интеллектуального анализа данных, как важнейшего элемента образовательной парадигмы современного этапа в образовании. Актуальна методика обучения технологии «интеллектуального поиска» в SAP Analytics Cloud, которая разделена на несколько этапов, каждый из которых направлен на формирование конкретных профессиональных компетенций и их закрепление. В статье предложена ситуационная задача, которая позволяет сформировать необходимые компетенции в рамках направления «Бизнес-информатика». Также предложены два кейса для закрепления полученных компетенций через самостоятельную работу. Формат описания методики представлен в виде традиционной технологии «КеубуКеу» (клавиша за клавишей), широко применяемой в получении профессиональных компетенций в сфере информационных технологий.

**Ключевые слова:** образовательный стандарт, профессиональный стандарт, образовательная программа, открытые данные, машинное обучение.

## Для цитирования:

Назаров Д. М., Ковтун Д. Б. SAP Analytics Cloud: интеллектуальный сервис цифровой трансформации. *Информатика и образование*. 2022;37(2):24–33. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-24-33

---

# SAP ANALYTICS CLOUD: INTELLECTUAL SERVICE OF DIGITAL TRANSFORMATION

D. M. Nazarov<sup>1</sup>, D. B. Kovtun<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup> Ural State Economic University, Ekaterinburg, Russia

✉ kovtun.d.b@gmail.com

## Abstract

In the context of digital changes taking place in the world, there is a need to use an end-to-end competency-based approach in the implementation of the Federal State Educational Standards of Higher Education. The use of effective data mining tools as a tool for understanding digital transformation processes is becoming especially relevant. The process of digital transformation of education is one of the most important components of the digitalization of the economy, which is the reason for the need to study the basics of data mining as an essential element of the educational paradigm of the current stage in education. The methodology for teaching the technology of “intelligent search” in SAP Analytics Cloud is relevant. This methodology is divided into several stages, each of which is aimed at the formation of specific professional competencies and their consolidation. The situational task that allows you to form the necessary competencies within the framework of the “Business Informatics” direction is described in the article. Also, two cases are proposed to consolidate the acquired competencies through independent work. Format of the methodology description is presented in the form of the traditional key-by-key technology, which is widely used in obtaining professional competencies in IT sphere.

**Keywords:** educational standard, professional standard, educational program, open data, machine learning.

## For citation:

Nazarov D. M., Kovtun D. B. SAP Analytics Cloud: Intellectual service of digital transformation. *Informatics and Education*. 2022;37(2):24–33. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-24-33

## 1. Введение

В условиях цифровой трансформации для каждого субъекта экономической деятельности становится актуальным вопрос о повышении компетенций в области обработки и анализа данных. Это происходит, потому что цифровая трансформация резко отличается по концептуальным признакам от информатизации бизнес-процессов [1, 2]. Информатизация подразумевает совершенствование бизнес-процессов на основе использования компьютерных и информационных технологий. Цифровая трансформация подразумевает построение цифровых двойников бизнес-процессов и их совершенствование на основе анализа данных, который включает в себя и интеллектуальную составляющую. Система образования в этой связи выступает одновременно в двух ролях, с одной стороны, она сама должна находиться в процессе цифровой трансформации, а с другой — обеспечить массовое повышение компетенций специалистов во всех сферах деятельности в области применения технологий обработки и интеллектуального анализа данных [3].

Исторически сложилось так, что основным средством анализа данных бизнес-процессов долгое время являлась электронная таблица (SuperCalc, Quattro Pro, Excel и др.). В результате конкурентной борьбы на этом сегменте рынка полную победу одержал продукт компании Microsoft — табличный процессор Excel. Он стал самым востребованным благодаря постоянному расширению функционала и простоте использования при анализе данных. Опытные пользователи могли «добраться» до сути при анализе любых наборов данных, используя деловую графику, методы оптимизации, сводные таблицы, формулы и язык VBA [4, 5]. В условиях цифровой трансформации типичные возможности табличного процессора Excel стали недостаточными для обработки данных, в связи с ограниченным размером рабочей книги, вычислительной мощностью и объемными характеристиками обрабатываемой информации. Потребовались новые подходы и новые программные продукты в реализации процесса анализа данных, которые бы включали в себя полный функционал баз данных и языки обработки данных. На сегодняшний момент времени таких инструментальных средств на рынке представлено достаточно много: Power BI, Tableau, Qlik View, SAS, SAP HANA и т. д. Они позволяют реализовать полный цикл обработки и моделирования данных с последующей их визуализацией. Однако далеко не все из перечисленных выше систем обладают достаточно простыми и понятными для массового пользователя модулями, реализующими интеллектуальный анализ данных [6, 7].

Это означает, что показать эффективность и полезность инструментальных средств интеллектуального анализа данных для массового пользователя не представляется возможным. А ведь именно такой функционал необходим для понимания процессов цифровой трансформации [8]. Действительно, имен-

но интеллектуальная составляющая помогает на любом управленческом уровне от оперативного до стратегического принимать обоснованные управленческие решения в режиме реального времени.

Поэтому важной научно-методической задачей в условиях цифровой трансформации образования любого уровня является разработка кейсов, связанных с реальным применением средств интеллектуального анализа данных для решения практических задач [9].

Целью нашей статьи является разработка методики обучения интеллектуальному анализу данных с помощью облачного сервиса SAP Analytic Cloud [10].

## 2. Цифровая трансформация и возможности SAP Analytics Cloud в интеллектуальном анализе данных

В конце XX и в начале XXI века информационные технологии стали не только инструментом информатизации общества, но и новым элементом научно-технического прогресса, позволившим задать контуры процесса цифровой трансформации, первый этап которой ассоциируется с так называемой технологией Data mining. Ключевую идею этой технологии сформулировал Григорий Пятацкий-Шапиро, и она заключалась в том, что Data mining — это технология, которая позволяет «сырые данные» последовательно превратить в полезную информацию и знания, а затем их интерпретировать с практической точки зрения [11, 12]. С этого момента одним из стимулирующих факторов развития экономики становится относительно новый вид ресурсов — данные. С увеличением объема циркулирующих данных в экономическом пространстве с учетом тенденций глобализации можно с уверенностью сказать, что правопреемником этой технологии на современном этапе становятся технология обработки больших данных и интеллектуальный анализ данных, которые в каком-то смысле идентичны [13].

Термин «цифровая трансформация» (digital transformation) является своеобразной производной от термина «цифровая экономика». На современном этапе цифровая трансформация подразумевает изменение всех экономических и производственных процессов на основе интеллектуального анализа данных этих процессов и выявления «скрытых» закономерностей их функционирования [14, 15]. Стремительная цифровая трансформация всего общества показывает, насколько такое исследование всех процессов является эффективным, а рост количества цифровых инструментов интеллектуальной обработки данных демонстрирует востребованность такого подхода во всех сферах деятельности [16]. Цифровая трансформация образования является одним из важнейших компонентов цифровизации экономики, и поэтому изучение основ интеллектуального анализа данных — важнейший элемент образовательной

парадигмы современного этапа, позволяющий сформировать цифровые компетенции специалистов [17].

SAP Analytics Cloud — облачное решение компании SAP, объединяющее процессы анализа данных, планирования и прогнозирования. SAP Analytics Cloud позволяет реализовать весь комплекс алгоритмов интеллектуального анализа данных, получить информативные выводы по результатам анализа. Платформа SAP Analytics Cloud предоставляет свои ресурсы на основе оформленной годовой подписки, а также любой пользователь может воспользоваться trial-версией на 90 дней, пройдя процесс регистрации в системе. Цифровой облачный сервис SAP Analytics Cloud для интеллектуальной обработки данных использует алгоритмы машинного обучения. Хотелось бы обратить внимание на то, что этот сервис доступен массовому пользователю для обучения, поскольку сама платформа позволяет подготовить данные для реализации машинного обучения без участия пользователя. Пользователю достаточно нажать кнопку «Создать модель». По этой модели сама система проведет «интеллектуальное обнаружение» и выдаст результат в виде графиков и диаграмм, типы которых подберет, исходя из специфики анализируемых данных. При этом сервис к ряду диаграмм и графиков сформирует выводы на русском языке, если будет обнаружена какая-то зависимость [18].

### 3. Методика формирования профессиональных компетенций в рамках направления «Бизнес-информатика»

Методика формирования профессиональных компетенций содержит пять этапов, каждый из которых направлен на формирование конкретных профессиональных компетенций и их закрепление:

1. Загрузка данных в SAP Analytics Cloud (10 минут).

Целью данного этапа выступает обучение способам загрузки массивов данных в среду обработки данных SAP Analytics Cloud.

2. Обработка моделей в SAP Analytics Cloud (20 минут).

Конечная цель этого этапа — научить обучающихся предварительно очищать массивы данных и подготавливать их для дальнейшего анализа.

3. Создание журнала отчета (10 минут).

Этот этап формирует у обучающегося компетенции в систематизации данных, с целью их дальнейшего использования в качестве модели обучения для интеллектуального анализа.


4. Использование интеллектуального обнаружения SAP Analytics Cloud и анализ результатов (30 минут).

На этом этапе происходит формирование профессиональных компетенций с целью использования соответствующего математического аппарата и инструментальных средств для анализа и систематизации информации по теме исследования.

5. Кейсы для самостоятельного решения с целью закрепления полученных навыков и компетенций.

Для описания методики формирования компетенций был выбран набор данных из открытого источника Kaggle.com «World Happiness Report» (<https://www.kaggle.com/unsdsn/world-happiness?select=2019.csv>). Всемирный доклад о счастье — это обзор состояния глобального счастья. Первый отчет был опубликован в 2012 году, а отчет за 2017 год, который оценивал 155 стран по уровню счастья, был опубликован в Организации Объединенных Наций на мероприятии, посвященном Международному дню счастья 20 марта. Отчет продолжает получать глобальное признание, поскольку правительства, организации и гражданское общество все чаще используют индикаторы счастья для информирования своих политических решений. Ведущие эксперты в различных областях: экономике, психологии, социологии, статистике, здравоохранении, государственной политике и др. описывают, как измерения благосостояния могут быть эффективно использованы для оценки прогресса наций. В отчетах рассматривается состояние счастья в современном мире и показано, как новая наука о счастье объясняет личные и национальные различия в счастье.

#### 3.1. Загрузка данных в SAP Analytics Cloud

Для работы и анализа данных необходимо создать модель. Для этого нажмите на кнопку  на Домашнем экране и выберите «Разработчик моделей» (рис. 1).

При загрузке данных в систему SAP Analytics Cloud вам будет предложено несколько вариантов импорта данных из системы компьютера, как показано на рисунке 2, также существует возможность загруз-

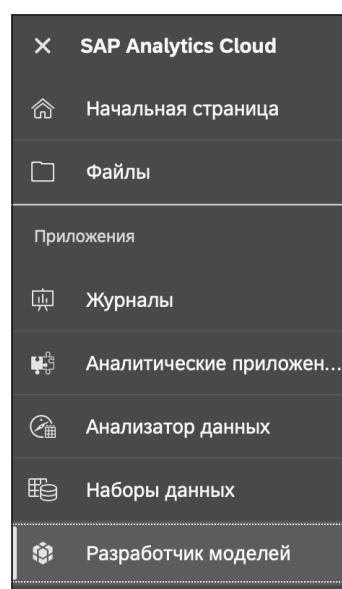


Рис. 1. Боковое меню в интерфейсе SAP Analytics Cloud  
Fig. 1. Side menu in the SAP Analytics Cloud interface

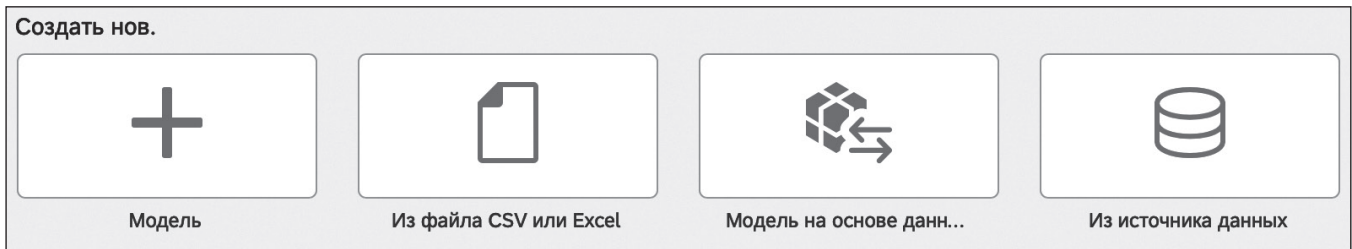


Рис. 2. Выбор источника данных

Fig. 2. Data source selection

ки датасетов из облачных сервисов, например Google Drive. В нашем случае были использованы локальные файлы в пункте меню «Из файла CSV или Excel».

### 3.2. Обработка моделей в SAP Analytics Cloud

Моделирование данных в SAP Analytics Cloud — это способ улучшить ваши данные и подготовить их к анализу. Вы можете массово редактировать свои данные, определять категории и устанавливать иерархические отношения, а также создавать собственные формулы.

С правой стороны в интерфейсе моделирования (рис. 3) вы обнаружите панель со сведениями о данных, например, при нажатии на заголовок колонки «Perceptions of corruption» появятся сведения о типе данных, который присутствует в выбранной колонке, также качество этих данных, о чем мы поговорим

позже, и распространение. Распространение представлено в виде столбчатой гистограммы, которая позволяет мгновенно оценить количественные и качественные показатели в выбранной колонке.

Для лучшего понимания сущности рейтинга счастья, то есть его составляющих, необходимо сделать перевод данных с английского языка на русский. Для этого дважды нажмите на заголовок столбца, после чего он станет доступным для редактирования, и введите новое значение, подтверждая введенные данные клавишей Enter. Ниже приведен перевод переменных, которым вы можете воспользоваться:

1. Overall rank — Ранг.
2. Country or region — Страна или регион.
3. Score — Рейтинг.
4. GDP per capita — ВВП на душу населения.

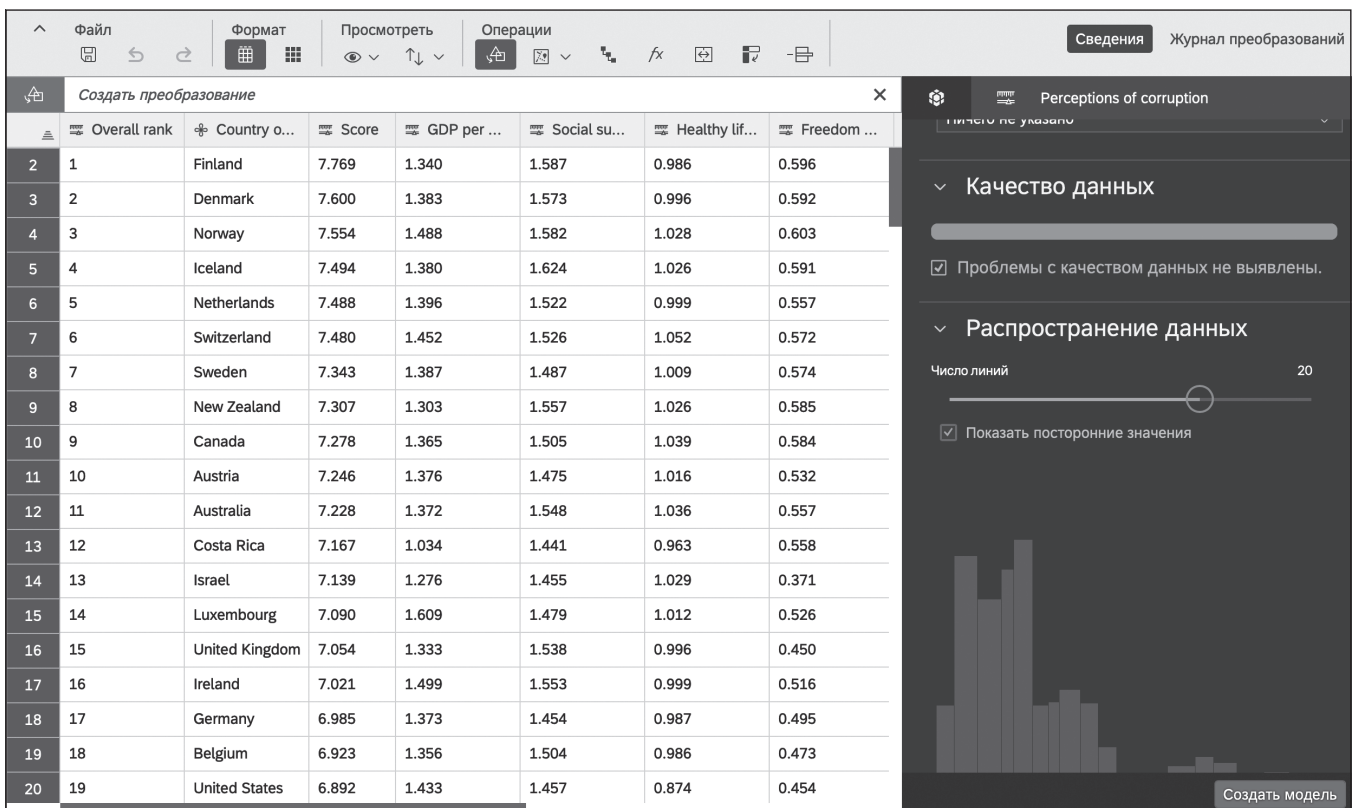


Рис. 3. Моделирование данных

Fig. 3. Data modeling

5. Social support — Социальная поддержка. «Если бы у вас была проблема, могли бы вы рассчитывать на помощь родственников или друзей в случае необходимости?»
6. Healthy life expectancy — Ожидаемая продолжительность жизни.
7. Freedom to make life choices — Свобода принятия жизненных решений. «Вы удовлетворены или не удовлетворены свободой выбора того, что вы делаете со своей жизнью?»
8. Generosity — Щедрость. «Тратили ли вы на благотворительность деньги в прошлом месяце?»
9. Perceptions of corruption — Индекс восприятия коррупции. «Распространена ли коррупция в правительстве или нет?»

На этом этапе подготовку данных можно закончить и перейти к созданию модели. Стоит обратить внимание на то, что редактирование модели будет невозможным после ее создания, так как алгоритмы SAP Analytics Cloud специальным образом конвертируют данные для дальнейшего применения машинного обучения.

Задайте произвольное имя для вашей новой модели и подтвердите действие клавишей «ОК» (рис. 4).

Рис. 4. Присвоение имени для модели  
Fig. 4. Naming a model

### 3.3. Создание журнала отчета

Журнал — это то место, где ваши данные ожидают благодаря мощной визуализации данных. Диаграммы, графики, таблицы и другие визуальные элементы организованы так, чтобы рассказывать историю вашего бизнеса или организации и помогать вам обнаруживать идеи, скрытые в ваших данных.

Чтобы создать журнал с подготовленной моделью, вернитесь на главный экран SAC и выберите «Журналы» (рис. 5).

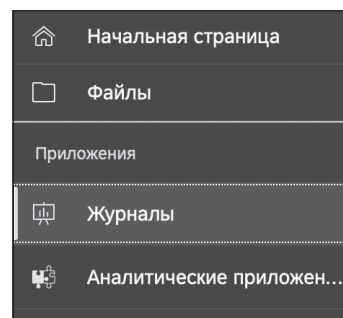


Рис. 5. Инструмент «Журналы» в боковом меню  
Fig. 5. The Logs tool in the side menu

Из предложенных вариантов выберите «Из интеллектуального обнаружения» (рис. 6).

В меню проводника выберите ранее созданную модель, после чего SAC предложит настроить параметры интеллектуального обнаружения, такие как «Цель» — это данные, которые вы хотите изучить с помощью алгоритмов SAC, «Сущность» — параметры, которые необходимо изучить применительно к цели, «Фильтры» — настройки для ограничения области интеллектуального обнаружения и «Расширенные настройки» для включения и исключения столбцов в подборку параметров для анализа (рис. 7).

Для добавления параметров нажмите на знак «+» и из выпадающего списка выберите данные, интересующие вас.

В данном кейсе нас интересует, каким образом и насколько сильно показатели влияют на общий рейтинг счастья в странах, поэтому целью был выбран «Рейтинг», для сущности выбраны данные «Страны и регионы», а расширенные настройки изменены так, чтобы из показателей убрать «Ранг», так как это значение является следствием, а не причиной рейтинга счастья. После проверки введенных данных нажмите клавишу «Выполнить».

### 3.4. Использование интеллектуального обнаружения SAP Analytics Cloud и анализ результатов

Интеллектуальное обнаружение — функция машинного обучения в SAP Analytics Cloud. Благодаря мощности машинного обучения она помогает пользователям воспользоваться преимуществами передовых методов внесения вкладов, классификации и регрессии [19]. Эта функция помогает любому



Рис. 6. Выбор интеллектуального обнаружения  
Fig. 6. Selection of intelligent detection

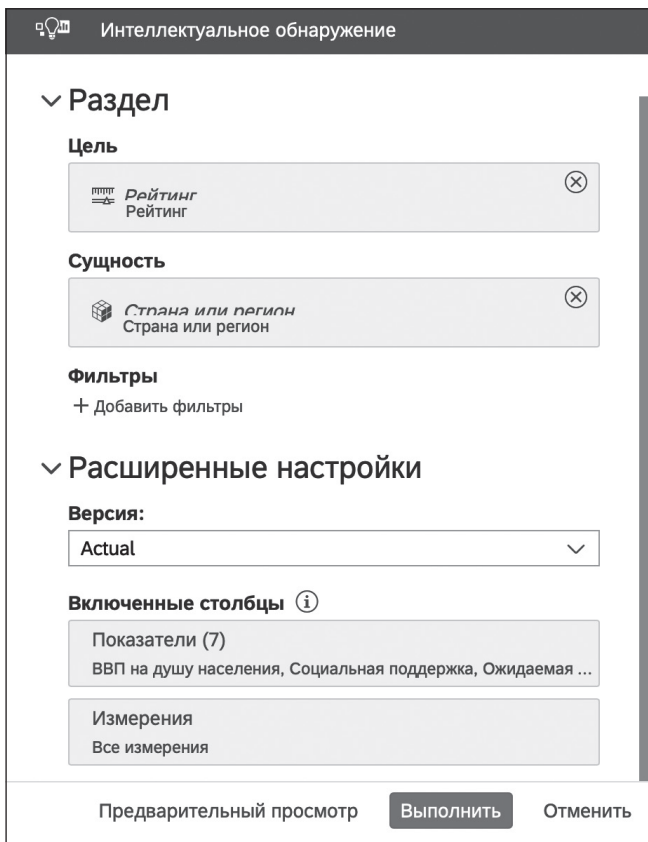


Рис. 7. Настройка параметров интеллектуального обнаружения

Fig. 7. Setting the parameters of intelligent detection

пользователю обнаруживать скрытые закономерности и сложные взаимосвязи в своей информации, даже без каких-либо знаний или опыта в области науки о данных. Это мощные возможности машинного обучения, которые помогают бизнесу быстро принимать решения с помощью SAP Analytics Cloud.

Интеллектуальное обнаружение — это очень мощная функция SAP Analytics Cloud, которая использует машинное обучение для анализа и изучения ваших данных и получения ценной информации. Функция интеллектуального обнаружения данных SAP Analytics Cloud помогает экономить время за счет запуска автоматизированных алгоритмов машинного обучения в бэкенде для определения корреляции между элементами набора данных и целевой метрикой, например, между такими ключевыми показателями эффективности, как доход, время заполнения дней, продажи и т. д. [20]. Сделав несколько щелчков мышью, можно не только получить все ключевые факторы влияния для нашей цели, но также можно увидеть влияние других переменных, просмотреть аномалии данных и запустить сценарии «что, если», проанализировать закономерности в данных и использовать исторические данные для прогнозирования будущих результатов.

Когда пользователь выбирает «Выполнить», интеллектуальное обнаружение начинает создавать и тестировать несколько тестовых моделей с использованием технологий автоматизированного машинного обучения. Затем интеллектуальное обнаружение выберет лучшую модель на основе

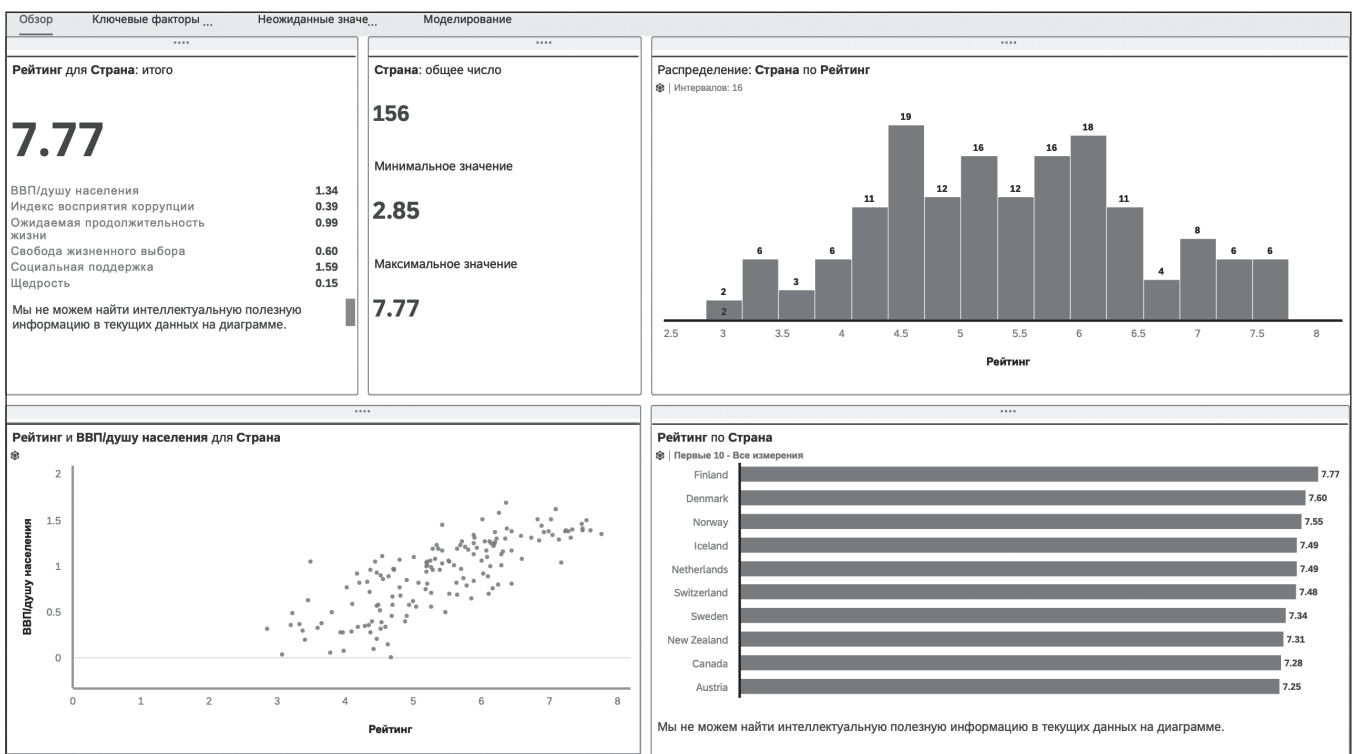


Рис. 8. Страница обзора

Fig. 8. The overview page

точности, надежности и простоты. Эта модель будет использоваться для создания четырех страниц журнала — страницы обзора, страницы ключевых факторов влияния, страницы неожиданных значений и страницы моделирования.

Страница обзора — на этой странице представлены визуализации для обобщения результатов для целевого измерения или меры. В описываемом кейсе были построены несколько графиков распределения рейтинга по странам для быстрого визуального анализа информации, а также несколько карточек с показателями минимального и максимального рейтинга счастья по странам (рис. 8).

Страница ключевых факторов влияния. Ключевые факторы влияния — это меры и параметры, которые влияют на результаты или исходы. Они распознаются на основе информации в выбранной вами модели с использованием методов классификации и регрессии. Методы классификации используются для определения параметров, которые разделяют результаты на разные группы. Методы регрессии определяют отношения между точками данных, чтобы предсказать будущие результаты.

Страница «Ключевые факторы влияния» показывает взаимосвязанные переменные, которые имеют наибольшее влияние на цель (рис. 9). На этой странице перечислены (в порядке убывания от высшего к низшему) почти до десяти параметров и показателей, которые существенно влияют на цель обнаружения.

На странице с неожиданными значениями отображается информация о выбросах. Эта страница отображается только в случае непредвиденных значений. В таблице показаны записи, фактическая сумма которых сильно отличается от ожидаемой в прогнозной модели (ожидаемые значения). В полученном анализе только Ботсвана попала в неожиданные значения. При реальном рейтинге счастья 3.49 SAC прогнозирует, что рейтинг должен быть выше на 31 % (рис. 10).

Страница моделирования позволяет проверять гипотетические сценарии. На странице используются ключевые факторы влияния в интерактивном моделировании «что, если...». На уже обученной модели в режиме реального времени можно моделировать любые показатели для проверки влияния их на цель исследования. Справа от страницы отображаются список ключевых факторов влияния и их соответствующие значения (рис. 11).

Выберите значение и используйте либо отображаемый ползунок, либо переключатели на странице, чтобы указать новое значение. Каждый раз, когда значение изменяется, число мигает, чтобы показать процентное изменение по сравнению с предыдущим набором значений. На диаграмме отображается вклад каждого из ключевых факторов влияния на основе выбранных значений.

Чтобы продемонстрировать возможности моделирования, представим страну, где рейтинг счастья имеет следующие значения (рис. 12).

Интеллектуальный анализ подсказывает, что положительное влияние на рейтинг оказывается со стороны показателей «Социальная поддержка» и «ВВП на душу населения», поэтому попробуем изменить эти параметры и посмотреть, насколько снизится исследуемая величина.

Из полученных результатов, представленных на рисунке 13, можем заметить, что рейтинг снизился на 15 %, что является значительной величиной, то есть можно утверждать, что финансовое благосостояние граждан, а также социальная поддержка являются одними из важнейших показателей для высокого уровня счастья граждан моделируемой страны.

Следующим этапом предлагаем проверить, как сильно восприятие коррупции сказывается на рейтинге. Изменим этот параметр на максимальное из возможных значений (0 — «самый высокий уровень восприятия коррупции», 100 — «самый низкий»). Результаты представлены на рисунке 14.

Обзор   Ключевые факторы ...   Неожиданные значе...   Моделирование			
Ключевые факторы влияния Рейтинг для Страна			
Информация об этом интеллектуальном обнаружении			
<p>Это интеллектуальное обнаружение проанализировало <b>Рейтинг для Страна</b> из 2019. Оно определило столбцы (6) в качестве ключевых факторов влияния. Эти ключевые факторы влияния основаны на мгновенном снимке ваших данных из дек. 15, 2021.</p> <p>Мы исключили <b>Ранг</b> перед выполнением анализа.</p> <p>Мы агрегируем все релевантные показатели и измерения до уровня сущности.</p> <p>Базовая модель машинного обучения указывает на хорошее качество анализа.</p> <p><b>Интерпретация диаграмм</b></p> <p>Указанные ниже диаграммы основаны на ваших данных Live. На первой диаграмме выберите ключевой фактор влияния, чтобы проанализировать, как он влияет на <b>Рейтинг для Страна</b>.</p> <p>На второй диаграмме выберите дополнительный ключевой фактор влияния, чтобы понять связь между двумя этими факторами и их влияние на <b>Рейтинг для Страна</b>.</p>			
Ключевые факторы влияния Рейтинг для Страна			
Влияние	Столбец	Корреляции	
● СЛАБОЕ	ВВП/душу населения	Ожидаемая продолжительность жизни, Социальная поддержка	
● СЛАБОЕ	Социальная поддержка	ВВП/душу населения, Ожидаемая продолжительность жизни	
● СЛАБОЕ	Ожидаемая продолжительность жизни	ВВП/душу населения, Социальная поддержка	
● СЛАБОЕ	Свобода жизненного выбора	Индекс восприятия коррупции	
● СЛАБОЕ	Щедрость	-	
● СЛАБОЕ	Индекс восприятия коррупции	Свобода жизненного выбора	

Рис. 9. Страница ключевых факторов влияния

Fig. 9. The page of key influence factors



## Неожиданные значения в Рейтинг для Страна или регион

Обнаружены неожиданные 1 (Страна или регион).

дек. 14, 2021 22:11 |

	Факт: Рейтинг	Ожидается: Рейтинг	Разница: Рейтинг	Разница: Рейтинг %	ВВП на душу населен...
1	3.49	5.08	-1.59	-31 %	1.04

Рис. 10. Страница неожиданных значений

Fig. 10. The page of unexpected values

### Как мои факторы влияния воздействуют на Рейтинг для Страна или регион

Ожидаемое значение Рейтинг для Страна или регион  
дек. 14, 2021 22:11 |

# 4.47

Для Страна или регион ожидаемое значение Рейтинг равно 4.47 с отрицательным влиянием в основном со стороны Социальная поддержка [0.83] + Ожидаемая продолжительность жизни [0.57].

Измените значения факторов влияния ниже и нажмите 'Смоделировать'

Факторы влияния	Влияние
ВВП на душу населения <input type="text" value="0.85"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Социальная поддержка <input type="text" value="0.83"/>	<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> Отрицательное
Ожидаемая продолжитель... <input type="text" value="0.57"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Слабое отрицательное
Свобода принятия решений <input type="text" value="0.32"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Слабое отрицательное
Щедрость <input type="text" value="0.28"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Индекс восприятия корруп... <input type="text" value="0.23"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное

Рис. 11. Страница моделирования

Fig. 11. The modeling page

### Ожидаемое значение Рейтинг для Страна

дек. 15, 2021 11:26 |

# 5.75

-9%

Для Страна ожидаемое значение Рейтинг равно 5.75 с положительным влиянием в основном со стороны Социальная поддержка [1.45] + ВВП/душу населения [1.18].

Измените значения факторов влияния ниже и нажмите 'Смоделировать'

Факторы влияния	Влияние
ВВП/душу населения <input type="text" value="1.18"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Слабое положительное
Социальная поддержка <input type="text" value="1.45"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Слабое положительное
Ожидаемая продолжитель... <input type="text" value="0.73"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Свобода жизненного выбо... <input type="text" value="0.32"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Слабое отрицательное
Щедрость <input type="text" value="0.08"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Индекс восприятия корруп... <input type="text" value="0.03"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное

Рис. 12. Моделирование уровня счастья

Fig. 12. Modeling the level of happiness

### Ожидаемое значение Рейтинг для Страна

дек. 15, 2021 11:26 |

# 4.92

-15%

Для Страна ожидаемое значение Рейтинг равно 4.92 с отрицательным влиянием в основном со стороны Социальная поддержка [0.96] + Свобода жизненного выбора [0.32].

Измените значения факторов влияния ниже и нажмите 'Смоделировать'

Факторы влияния	Влияние
ВВП/душу населения <input type="text" value="0.87"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Социальная поддержка <input type="text" value="0.96"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Слабое отрицательное
Ожидаемая продолжитель... <input type="text" value="0.73"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Свобода жизненного выбо... <input type="text" value="0.32"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Слабое отрицательное
Щедрость <input type="text" value="0.08"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Индекс восприятия корруп... <input type="text" value="0.03"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное

Рис. 13. Влияние ВВП на душу населения и социальной поддержки на уровень счастья

Fig. 13. The impact of GDP per capita and of social support on the level of happiness

### Ожидаемое значение Рейтинг для Страна

дек. 15, 2021 11:26 |

# 4.91

-1%

Для Страна ожидаемое значение Рейтинг равно 4.91 с отрицательным влиянием в основном со стороны Социальная поддержка [0.96] + Свобода жизненного выбора [0.32].

Измените значения факторов влияния ниже и нажмите 'Смоделировать'

Факторы влияния	Влияние
ВВП/душу населения <input type="text" value="0.87"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Социальная поддержка <input type="text" value="0.96"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Слабое отрицательное
Ожидаемая продолжитель... <input type="text" value="0.73"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Свобода жизненного выбо... <input type="text" value="0.32"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Слабое отрицательное
Щедрость <input type="text" value="0.08"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное
Индекс восприятия корруп... <input type="text" value="0.00"/>	<input checked="" type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> Нейтральное

Рис. 14. Влияние максимального восприятия коррупции на уровень счастья

Fig. 14. The influence of maximum perception of corruption on the level of happiness

## 4. Заключение

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы: даже при самом высоком восприятии коррупции рейтинг счастья изменился незначительно. Этот результат кажется иррациональным, так как самые крупные гражданские волнения и скандалы чаще всего связаны именно с коррупцией в политике и бизнесе, но, опираясь на смоделированную ситуацию, можно сделать вывод, что коррупция не так сильно отражается на счастье граждан, нежели их материальное благосостояние. Также среди неожиданных результатов можно отметить, что уровень счастья граждан Ботсваны был оценен интеллектуальным поиском как заниженный и в действительности должен составлять 5,08 единиц рейтинга вместо 3,49 единиц реального рейтинга. Таким образом, Ботсвана должна переместиться на несколько десятков позиций вверх по таблице рейтинга.

Ниже приведены кейсы, которые позволят формировать компетенции с помощью сквозного подхода, делая упор на обработку данных и применение средств машинного обучения в виде интеллектуального поиска в SAP Analytics Cloud.

**Кейс 1.** Вы бизнес-аналитик в IT-компании, которая, в качестве подрядчика, анализирует данные о работниках других фирм с целью выявления перспективных сотрудников, неожиданно высоких или низких зарплат, склонности сотрудника к увольнению. Вам предоставили набор данных (<https://www.kaggle.com/saurabhshahane/data-science-jobs-salaries>), чтобы вы провели анализ по трем компаниям — S (меньше 50 сотрудников), M (50–200 сотрудников) и L (больше 250 сотрудников) с целью выявления наиболее оплачиваемых должностей и поиска зависимостей размера зарплаты от размера компании и от ее местонахождения.

**Кейс 2.** Вы бизнес-аналитик в футбольном клубе. В ваши обязанности входит анализ показателей игроков, оценка их стоимости и принятие решения о покупке или продаже футболистов в своем клубе. В вашем распоряжении находится набор данных с 499 футболистами, который содержит информацию о возрасте, позиции на поле, стране, клубе, количестве сыгранных матчей, количестве результативных передач и забитых голах (<https://www.kaggle.com/sanjeetsinghnaik/most-expensive-footballers-2021>). С помощью интеллектуального обнаружения необходимо выявить 11 лучших футболистов для комплектования состава футбольного клуба.

### Список источников / References

1. Вдовин В. М., Суркова Л. Е., Шурупов А. А. Предметно-ориентированные экономические информационные системы. М.: Дашков и К<sup>о</sup>; 2016. 388 с.  
[Vdovin V. M., Surkova L. E., Shurupov A. A. Subject-oriented economic information systems. Moscow, Dashkov and Co.; 2016. 388 p. (In Russian.)]
2. Акперов И. Г. Информационные технологии в менеджменте: учебник для студентов вузов, обучающихся по

направлению «Менеджмент» и по специальности «Менеджмент организации». М.: ИНФРА-М; 2014. 400 с.

[Akperov I. G. Information technologies in management: textbook for university students studying in the direction of “Management” and in the specialty “Organization Management”. Moscow, INFRA-M; 2014. 400 p. (In Russian.)]

3. Бородулин А. Н. Современные тенденции развития информационных технологий в области бизнес-аналитики. *ИнноЦентр*. 2018;(4(21)):286–292. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36972776&>

[Borodulin A. N. Modern trends of information technology development in business analytics. *InnoCenter*. 2018;(4(21)):286–292. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36972776&>]

4. Дюдюкина А. М. Развитие технологий бизнес-аналитики на основе BI-систем. *Аудит*. 2021;1:17–19.

[Dyudyukina A. M. Business intelligence technology development based on BI-systems. *Audit*. 2021;1:17–19. (In Russian.)]

5. Кравченко Т. Информационная бизнес-аналитика — новое направление в бизнес-образовании. *Проблемы теории и практики управления*. 2010;8:31–38.

[Kravchenko T. Informational business analytics — a new line in business education. *Problems of Management Theory and Practice*. 2010;8:31–38. (In Russian.)]

6. Арсеньев Ю. Н., Шелобаев С. И., Давыдова Т. Ю. Информационные системы и технологии. Экономика. Управление. Бизнес. М.: ЮНИТИ; 2006. 447 с.

[Arsenyev Yu. N., Shelobaev S. I., Davydova T. Yu. Information systems and technologies. Economy. Management. Business. Moscow, UNITY; 2006. 447 p. (In Russian.)]

7. Трофимов В. В. Информационные технологии в экономике и управлении: учебник для академического бакалавриата. М.: Юрайт; 2016. 482 с.

[Trofimov V. V. Information technologies in economics and management: textbook for academic bachelor’s degree. Moscow, Yurayt; 2016. 482 p. (In Russian.)]

8. Назаров Д. М., Рыжкина Д. А. Интеллектуальные средства бизнес-аналитики. М.: Кнорус; 2021. 242 с.

[Nazarov D. M., Ryzhkina D. A. Intellectual means of business analytics. Moscow, Knorus; 2021. 242 p. (In Russian.)]

9. Соколова И. С., Гальдин А. А. Практическое применение искусственного интеллекта в условиях цифровой экономики. *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2018;(2(26)):71–79. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36491947&>

[Sokolova I. S., Galdin A. A. Practical application of artificial intelligence in the digital economy. *Models, Systems, Networks in Economics, Technology, Nature and Society*. 2018;(2(26)):71–79. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36491947&>]

10. Поварова В. М. Сравнение аналогов SAP на российском рынке. *Актуальные теоретические и прикладные вопросы управления социально-экономическими системами: Материалы Международной научно-практической конференции*. М.: Институт развития дополнительного профессионального образования. 2019:131–132.

[Povarova V. M. Comparison of sap analogues in the russian market. *Actual theoretical and applied issues of management of socio-economic systems: Materials of the International Scientific and Practical Conference*. Moscow, Institute for the Development of Additional Professional Education. 2019:131–132.]

11. Marshall A., Mueck S., Shockley R. How leading organizations use big data and analytics to innovate. *Strategy Leadership*. 2015;43(5):32–39. DOI:10.1108/SL-06-2015-0054

12. Nesterov S. A., Smolina E.M. The assessment of the results of a massive open online course using Data Mining methods. *Computing, Telecommunications and Control*. 2020;13(1):65–78. DOI: 10.18721/JCSTCS.13106.

13. Велигура А. В., Мусаева Э. К. Анализ существующих методологий интеллектуального анализа данных для производственных систем. *Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля*. 2020;(5(35)):45–50.

[Veligura A. V., Musayeva E. K. Application of intellectual analysis methods in industrial production. *Bulletin of Lugansk National University named after Vladimir Dal*. 2020;(5(35)):45–50. (In Russian.)]

14. Пухович С. В. Методы интеллектуального анализа больших массивов данных. *Теория и практика современной науки: материалы XVI Международной научно-практической конференции*. М.: Научно-информационный издательский центр «Институт стратегических исследований»; 2014:105–109.

[Pukhovich S. V. Methods of intellectual analysis of large data arrays. *Theory and practice of modern science: materials of the XVI International Scientific and Practical Conference*. Moscow, Scientific and Information Publishing Center “Institute for Strategic Studies”; 2014:105–109. (In Russian.)]

15. Балдин К. В., Уткин В. Б. Информационные системы в экономике. М.: Дашков и К; 2019. 394 с.

[Baldin K. V., Utkin V. B. Information systems in economics. Moscow, Dashkov and Co; 2019. 394 p. (In Russian.)]

16. Wu X., Zhu X., Wu G. Q., Ding W. Data mining with big data. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*. 2014;26(1):97–107. DOI: 10.1109/TKDE.2013.109.

17. Титоренко Г. А. Информационные системы в экономике. М.: ЮНИТИ-ДАНА; 2017. 463 с.

[Titorenko G. A. Information systems in economics. Moscow, UNITY-DANA; 2017. 463 p. (In Russian.)]

18. Nazarov D. M., Nazarov A. D., Kovtun D. B. Building technology and predictive analytics models in the SAP analytic cloud digital service. *2020 IEEE 22nd Conference on Business Informatics (CBI)*. 2020:106–110. DOI: 10.1109/CBI49978.2020.10067.

19. Воищева О. С., Гончарова А. А. Решение SAP Bi (SAP business intelligence). *Экономическое прогнозирование: модели и методы. Материалы XII международной*

*научно-практической конференции*. Воронеж: Воронежский Центральный научно-технический институт; 2016:320–323.

[Voishcheva O. S., Goncharova A. A. SAP Bi (SAP business intelligence) solution. *Economic forecasting: models and methods. Materials of the XII International Scientific and Practical Conference*. Voronezh: Voronezh Central Scientific and Technical Institute; 2016:320–323. (In Russian.)]

20. Kovtun D. B., Nazarov D. M., Reichert T. N. SAP Analytics Cloud: Intellectual analysis of small and medium-sized business activities in Russia in the context of COVID-19. *2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*. 2020:1–6. DOI: 10.1109/AICT50176.2020.9368635.

#### **Информация об авторах**

**Назаров Дмитрий Михайлович**, доктор экон. наук, доцент, зав. кафедрой бизнес-информатики, Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-5847-9718>; *e-mail*: slup2005@mail.ru

**Ковтун Денис Борисович**, ассистент кафедры бизнес-информатики, Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-3570-4601>; *e-mail*: kovtun.d.b@gmail.com

#### **Information about the authors**

**Dmitry M. Nazarov**, Doctor of Sciences (Economics), Docent, Head of the Department of Business Informatics, Ural State Economic University, Ekaterinburg, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-5847-9718>; *e-mail*: slup2005@mail.ru

**Denis B. Kovtun**, Assistant at the Department of Business Informatics, Ural State Economic University, Ekaterinburg, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-3570-4601>; *e-mail*: kovtun.d.b@gmail.com

*Поступила в редакцию / Received*: 25.12.2021.

*Поступила после рецензирования / Revised*: 21.01.2022.

*Принята к печати / Accepted*: 25.01.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-34-41

# РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖВУЗОВСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Е. С. Васева<sup>1</sup> ✉, Н. В. Бужинская<sup>1</sup><sup>1</sup> *Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) Российского государственного профессионально-педагогического университета, г. Нижний Тагил, Россия*

✉ e-s-vaseva@mail.ru

## Аннотация

Основной задачей происходящих и планируемых изменений в сфере образования является формирование цифровой компетентности у участников образовательного процесса и в первую очередь у учителей. Создать условия для понимания потенциала использования цифровых технологий в образовательном процессе, приобретения практического опыта их применения в ситуациях, близких к профессиональной деятельности, и, как следствие, формирование цифровых компетенций у будущего учителя возможно уже в период обучения в вузе. Важной задачей является выявление дидактических возможностей развития цифровых компетенций будущих учителей при вовлечении их в процесс организации межвузовских мероприятий. Предложена модель организации межвузовского мероприятия, подразумевающая четыре взаимосвязанных этапа: целеполагающего, организационного, деятельностного и оценочного. Для каждого этапа определена цифровая среда сопровождения, а также формируемые у студента цифровые компетенции. Реализация предложенной модели обсуждается на примере проекта «Организация и проведение международного конкурса компьютерной графики». Сделаны выводы, что вовлечение студентов в процесс организации межвузовского мероприятия позволяет создать условия для формирования таких цифровых компетенций, как цифровая грамотность, коммуникативная грамотность, создание цифрового контента, цифровая безопасность, цифровая компетентность.

**Ключевые слова:** цифровая компетенция, проектная деятельность, межвузовское мероприятие, цифровая грамотность, коммуникативная грамотность, создание цифрового контента, цифровая безопасность, цифровая компетентность.

## Для цитирования:

Васева Е. С., Бужинская Н. В. Развитие цифровых компетенций будущих учителей в процессе организации межвузовских мероприятий. *Информатика и образование*. 2022;37(2):34–41. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-34-41

---

# DEVELOPMENT OF DIGITAL COMPETENCIES OF FUTURE TEACHERS DURING ORGANIZING INTERUNIVERSITY EVENTS

E. S. Vaseva<sup>1</sup> ✉, N. V. Buzhinskaya<sup>1</sup><sup>1</sup> *Nizhny Tagil State Socio-Pedagogical Institute (branch) of Russian State Vocational Pedagogical University, Nizhny Tagil, Russia*

✉ e-s-vaseva@mail.ru

## Abstract

The main task of ongoing and planned changes in education is the formation of digital competence of participants of the educational process and, first of all, of teachers. It is possible already during the period of study at university to create conditions for understanding the potential of using digital technologies in the educational process, gaining practical experience in their use in situations close to professional activities, and, as a result, the formation of digital competencies of a future teacher. An important task is to identify didactic opportunities for the development of digital competencies of future teachers while involving them in organizing interuniversity events. The article describes the model for organizing an interuniversity event, which implies four interrelated stages: goal setting, organization, activity, and evaluation. For each stage, a digital support environment is defined, as well as digital competencies those should be formed in the student. The implementation of the proposed model is discussed on the example of the project “Organization and conducting of an international computer graphics competition”. It is concluded that the involvement of students in organizing an interuniversity event allows to create conditions for the formation of such digital competencies as digital literacy, communicative literacy, digital content creation, digital security, digital competence.

**Keywords:** digital competency, project activity, interuniversity event, digital literacy, communicative literacy, digital content creation, digital security, digital competence.

## For citation:

Vaseva E. S., Buzhinskaya N. V. Development of digital competencies of future teachers during organizing interuniversity events. *Informatics and Education*. 2022;37(2):34–41. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-34-41

## 1. Введение

В период пандемии педагоги столкнулись с необходимостью соответствия темпу ускоренной цифровизации сферы образования и поиска новых подходов к обучению. Нужно отметить, что данный период сфокусировал внимание исследователей на оценке готовности образовательных учреждений и педагогов к осуществлению образовательного процесса при активном использовании цифровых технологий. Однако цифровая трансформация образования началась до этого, как ответ на запросы, возникающие в условиях социально-экономического развития страны, развития цифровой экономики [1]. Переход на дистанционный формат обучения в срочном порядке оказался бы невозможным, если бы российские школы не были достаточно оборудованы цифровыми устройствами, а педагоги были бы не способны применять современные технологии при организации образовательного процесса [2]. Такой готовности способствовало в том числе и наличие государственных программ и инициатив в области цифровизации образования. Так, согласно указу Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» в списке приоритетных задач — увеличение количества организаций, осуществляющих технологические инновации, и ускоренное внедрение цифровых технологий в экономике и социальной сфере [3]. Утвержденный в 2018 году паспорт национального проекта «Образование» определяет задачи, которые должны быть решены к 2024 году для создания современной и безопасной цифровой образовательной среды, обеспечивающей высокое качество и доступность образования всех видов и уровней, в числе которых создание материально-технической базы для реализации программ цифрового профиля, обновление федеральных государственных образовательных стандартов в части требований к гибким компетенциям, обеспечение возможности повышения квалификации педагогических работников на основе использования современных цифровых технологий [4]. Основной задачей происходящих и планируемых изменений в области цифровой трансформации образования является формирование цифровой грамотности у участников образовательного процесса [5].

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что качество подготовки педагогических кадров является одним из определяющих факторов успеха развития и цифровизации образования [6]. При этом системе образования требуется сосредоточиться на развитии тех направлений, в которых накоплен технологический потенциал будущего, а развитие кадровых ресурсов должно осуществляться с учетом требований цифровой экономики [7, 8]. Работа в новых условиях цифровизации подразумевает формирование непрерывного образования в течение всей жизни личности, начиная с дошкольного этапа и заканчивая повышением квалификации на пред-

приятнях. В условиях цифровизации кардинально меняется концепция образования [9].

Сегодня педагог должен использовать эффективные методические решения, обеспеченные современными средствами обучения, обладать необходимыми цифровыми компетенциями для обеспечения равных возможностей для обучающихся, высокого качества результатов образовательного процесса. Как и любые компетенции, цифровые невозможно получить без практики. Оценить потенциал использования цифровых технологий в образовательном процессе, ориентируясь на собственный практический опыт, будущий педагог может уже в период обучения в вузе.

## 2. Цифровые компетенции будущего педагога

Развитие цифровых компетенций невозможно без понимания их структуры, способов диагностики. Компетенция является умением, используемым на практике, что подразумевает выход за рамки знаний человека. Представления о цифровых компетенциях как совокупности знаний, умений и навыков, необходимых для эффективной деятельности в цифровой среде, имеют разные интерпретации в зависимости от вида профессиональной деятельности обладателей этих компетенций, задач того или иного исследования.

Международный подход, использующийся для всесторонней оценки цифровых компетенций граждан, включает концептуальную эталонную модель DigComp (The Digital Competence Framework for Citizens) [10]. Согласно обозначенной модели, цифровые компетенции можно разделить на следующие составляющие [11]:

1. Цифровая грамотность — умения формулировать информационные потребности для решения определенной задачи, осуществлять поиск информации, судить об ее актуальности.
2. Организация коммуникаций и сотрудничества предполагает общение, сотрудничество, участие в общественной жизни при использовании цифровых технологий как средств взаимодействия.
3. Разработка цифрового контента — навыки в области создания, улучшения, интеграции цифровой информации в существующую совокупность знаний при понимании и соблюдении того, как должны применяться авторские права и лицензии.
4. Безопасность — умения в области защиты устройств, контента, личных данных, физического и психологического здоровья в цифровой среде.
5. Решение проблем — умения определять, находить способы решения и решать проблемные ситуации в цифровой среде.

Данный международный подход реализован при проведении исследования национальным центром финансовых исследований цифровой грамотности россиян на платформе «Цифровой гражданин» [12].

В рамках исследования субъективной самооценки цифровых компетенций россиян [13], находящихся

на дистанционном формате работы, авторы выделяют пять групп неспецифичных компетенций, которые могут использоваться для решения повседневных бытовых задач или же в профессиональной деятельности специалистов из самых различных областей сферы труда. К таким группам относятся компетенции в области использования информационно-коммуникационных технологий для поиска информации и обмена сообщениями; компетенции в области использования офисных приложений и оборудования; административно-технические компетенции — работа с файлами, установка и настройка приложений; компетенции работы с мультимедиаданными — съемка и обработка фото и видео; компетенции, необходимые для совершения финансовых операций в цифровой среде.

Формирование некоторых цифровых компетенций начинается у ребенка уже с малого возраста. Обычно первым устройством, с которым знакомится ребенок и активно его использует, являются смарт-часы. Посредством смарт-часов ребенок связывается с родителями, отслеживает время, отправляет сообщения. Затем с помощью смартфонов и планшетов ребенок смотрит мультфильмы, общается с голосовыми помощниками. По мере взросления человека меняется круг задач, который ему приходится решать. Обучаясь в школе, ребенок решает такие задачи, как поиск информации, подготовка аудио- и видеоматериалов, установка и настройка приложений. В более старшем возрасте человек начинает понимать необходимость и важность совершения операций в цифровой среде — взаимодействия с общественными и государственными структурами, возможности онлайн-оплат, приобретения товаров через интернет-магазин и др.

Для более успешной адаптации пользователей к условиям деятельности, которые диктует цифровая образовательная среда, нужны наставники, которые на собственном примере будут демонстрировать необходимость применения знаний и умений в области цифровых технологий для решения различных задач, в том числе профессиональных. В этой связи предъявляются новые требования к качеству подготовки выпускников педагогических вузов. Будущий учитель должен иметь определенный уровень развития цифровых компетенций для того, чтобы потом быть готовым и способным передать свой опыт обучающимся. Он должен показать детям, как правильно организовать коммуникацию в новых условиях, защищать свои личные данные, искать и отбирать необходимую информацию. Современный учитель является не транслятором информации для обучающихся, а организатором их деятельности в цифровой образовательной среде.

### 3. Подходы к формированию цифровых компетенций

Требования к подготовке будущих учителей ведут к переосмыслению подходов, используемых при обучении, ставят новые задачи профессионального образования.

Традиционные форматы обучения во многих исследованиях определяются как неэффективные для формирования цифровых компетенций. Например, формирование цифровой компетентности у будущего специалиста в период обучения в вузе связывается с распределенной на весь период обучения системой образовательных проектов, позволяющих создать условия профессиональной и социальной среды [14]. В исследованиях [15, 16] отмечается, что проект представляет собой комплекс взаимосвязанных мероприятий, которые реализуются в течение определенного времени и направлены на создание и распространение или внедрение педагогических новшеств в области содержания образования, образовательных технологий, технологий управления, образовательной диагностики, при условии достижения положительного результата.

Участие студентов в проекте подразумевает реализацию четырех взаимосвязанных этапов: целеполагающего, организационного, деятельностного и оценочного. Данные этапы отображены в виде модели на рисунке. Отметим, что в процессе построения модели мы опирались на исследования Н. Д. Козиной, которая считает, что в целях получения инновационного результата в модели проектной деятельности должна быть учтена цифровая среда поддержки [17]. Поэтому на каждом из выделенных этапов указан перечень цифровых компетенций, формируемых у студентов.

На первом этапе студентам необходимо определить цель и задачи проекта, а также разработать необходимые материалы для его реализации. При выборе темы проекта важно учесть то обстоятельство, что она не должна противоречить моральным и этическим нормам, кроме того, она должна быть диагностичной [18, 19]. На этом этапе студентам приходится искать нужную информацию, анализировать аналогичные проекты и выбирать программное и аппаратное обеспечение. Если проект предполагает организацию командной работы, то на данном этапе важно распределить обязанности между членами команды. Организационный этап предполагает установление коммуникации со всеми участниками проекта. В условиях цифровой образовательной среды данное взаимодействие может быть организовано онлайн. Деятельностный этап предполагает наблюдение за ходом мероприятия и взаимодействие со всеми участниками. Важную роль в реализации проекта занимает оценочный этап, на котором анализируются отзывы участников и подводятся итоги. Все обозначенные этапы взаимосвязаны. В случае затруднений на одном из этапов необходимо своевременно внести изменения в ход проекта.

Рассмотрим реализацию данной модели на примере проекта «Организация и проведение международного конкурса компьютерной графики». Вовлечение студентов в процесс организации данного межвузовского мероприятия позволяет создать условия для формирования перечисленных выше цифровых компетенций.

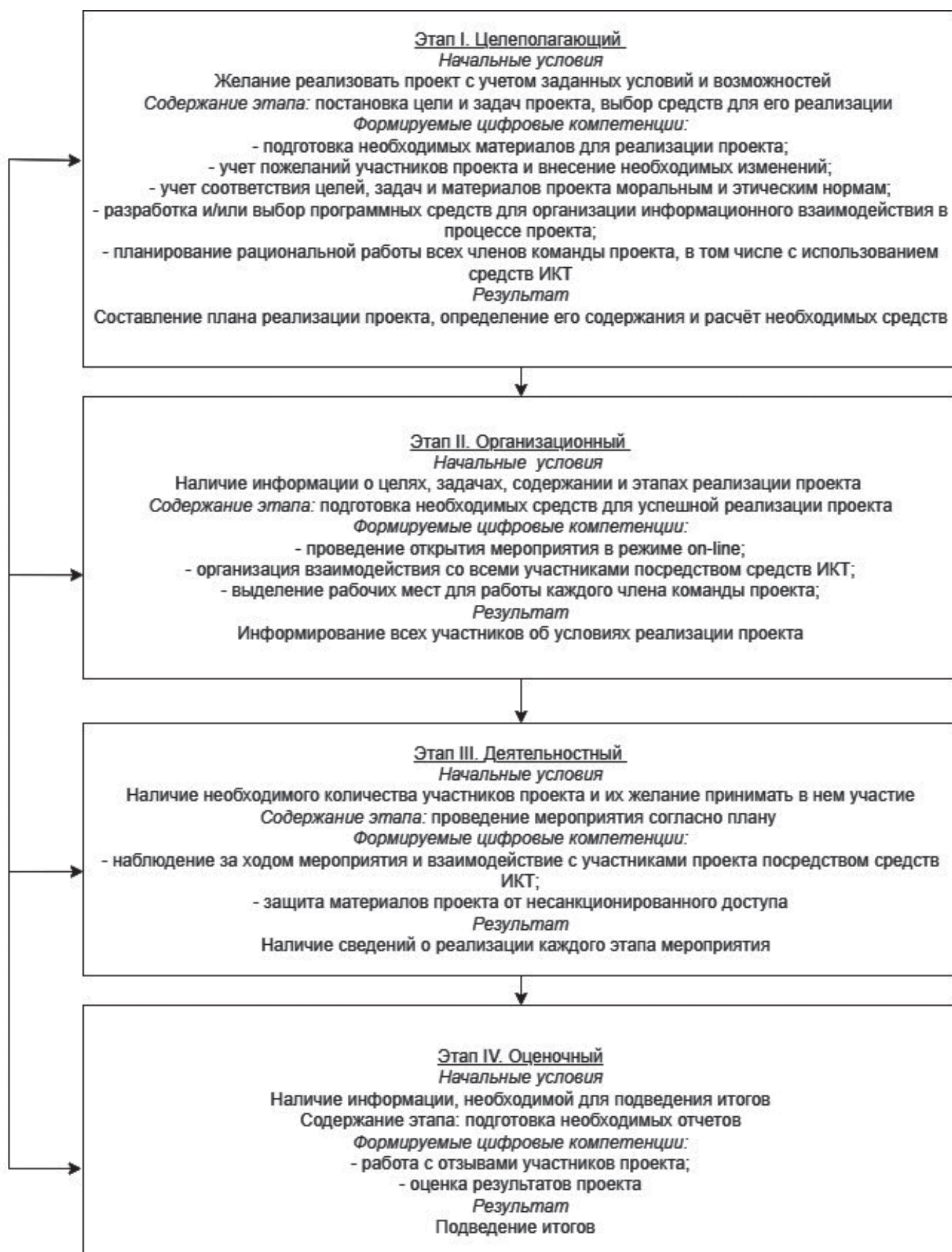


Рис. Этапы проектной деятельности по организации мероприятия

Fig. Stages of project activity for the organization of the event

#### 4. Участие будущих педагогов в подготовке и проведении межвузовских конкурсов как условие развития цифровых компетенций

Конкурс компьютерной графики проводится в дистанционном формате при непосредственном участии команды студентов в качестве организаторов ме-

роприятия. Процесс организации и сопровождения конкурса предполагает решение ряда определенных задач, которые представлены в таблице.

Принимая непосредственное участие в организации конкурса графики, будущим учителям приходится проявлять свои знания и умения работы с цифровыми технологиями на всех этапах. В зависимости от роли в команде студент должен подойти ответственно к организации своего рабочего места.

Таблица / Table

#### Формирование составляющих цифровых компетенций на этапах организации конкурса Formation of the components of digital competencies at the stages of the organization of the competition

Цифровая компетенция	Составляющие компетенции	Содержание заданий (работ) в рамках организации конкурса компьютерной графики	Этап мероприятия			
			I	II	III	IV
Цифровая грамотность	Навык поиска информации	Подготовка заданий к конкурсу компьютерной графики	+			
	Оценка информации	Редактирование и внесение изменений в содержание заданий к конкурсу компьютерной графики с учетом пожеланий участников и руководителей	+	+		
	Управление цифровым контентом	Проверка работ участников на соответствие теме конкурса, а также моральным и этическим нормам			+	
Коммуникативная грамотность	Взаимодействие с помощью цифровых технологий	Проведение открытия мероприятия в формате онлайн-конференции, организация общения участников по e-mail и посредством форума. Рассылка дипломов и благодарственных писем	+	+	+	+
	Совместная работа с файлами в цифровом пространстве	Разработка информационного письма в текстовом редакторе. Подготовка презентации к открытию мероприятия. Оценивание работ участников в электронной таблице, расположенной в облаке	+	+	+	+
	Участие в жизни общества посредством цифровых технологий	Подготовка заявки на участие в социальном гранте. Публикация результатов конкурса в СМИ	+			+
Создание цифрового контента	Создание и редактирование цифрового контента	Разработка сайта конкурса компьютерной графики	+	+		
	Использование авторских прав и лицензий	Проверка работ участников на плагиат			+	
	Настройка программного обеспечения	Тестирование работы сайта, внесение необходимых изменений в случае наличия ошибок	+	+	+	+
Цифровая безопасность	Защита цифровых устройств и персонального компьютера	Защита сайта конкурса от несанкционированного доступа	+	+	+	+
	Охрана здоровья при использовании цифровых устройств	Разделение обязанностей по конкурсу для рационального распределения времени на организацию конкурса	+			
	Учет влияния ИКТ на окружающую среду	Планирование рабочих мест членов Организационного комитета конкурса	+			



Окончание таблицы / End of the table

Цифровая компетенция	Составляющие компетенции	Содержание заданий (работ) в рамках организации конкурса компьютерной графики	Этап мероприятия			
			I	II	III	IV
Цифровая компетентность	Решение повседневных проблем при помощи цифровых технологий	Администрирование сайта мероприятия. Реагирование на запросы, поступающие от участников	+	+	+	+
	Получение знаний об ИКТ	Взаимодействие с участниками конкурса и их руководителями		+	+	+
	Постоянное совершенствование навыков использования цифровых технологий	Рефлексия мероприятия, работа с отзывами участников. Внесение изменений в организацию конкурса на следующий год				+

Важно обратить внимание будущих учителей на необходимость рационального планирования своей деятельности. Нельзя допустить, чтобы кто-то из членов команды выполнял свои обязанности в последний момент или не выполнил вовсе. Студенты должны понимать значимость данного мероприятия как для всех участников конкурса, так и для вуза в целом.

Для планирования работы команды и наблюдения за ходом мероприятия необходимо использовать облачные платформы, например, систему визуализации задач и управления проектами Trello [20] или онлайн-диаграмму Ганта [21].

Работая над информационным письмом конкурса, будущие учителя должны учитывать правила оформления текстов, так как данный документ отправляется по почте всем участникам и формирует первичное представление о мероприятии. Для взаимодействия с участниками конкурса и их руководителями студенты используют электронную почту, социальные сети, мессенджеры. На этом этапе важно обратить внимание студентов на необходимость быстрого ответа пользователям при строгом соблюдении этических норм. Для организации информационного обеспечения конкурса разрабатывается сайт конкурса. Отметим, что в процессе работы студенты анализируют информацию в заявках участников: ФИО, место работы или учебы, номер телефона, при этом придерживаясь правил обеспечения защиты персональных данных участников. После окончания конкурса студенты участвуют в подведении итогов, составлении рейтинговых таблиц участников, подготовке наградных документов.

## 5. Заключение

Опыт проведения конкурса компьютерной графики показал, что формирование цифровых компетенций может быть реализовано в процессе участия студентов в подготовке и проведении межвузовских мероприятий. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Любое межвузовское мероприятие должно начинаться с постановки цели. Цифровая грамотность характеризует умение студентов найти необходимую информацию для проведения мероприятия, а также обработать ее и донести до участников. При этом важно выбрать программные или аппаратные средства, которые будут использоваться для сопровождения мероприятия. Компетенция «Создание цифрового контента» характеризует умения студентов разрабатывать и применять различные программные продукты для проведения мероприятия.

2. В условиях цифровизации образования следует помнить, что мероприятие может проходить онлайн, поэтому необходимо продумать стратегию взаимодействия с участниками. Коммуникативная грамотность будущего учителя предполагает наличие у него знаний и умений в области применения цифровых устройств и программ для организации связи. Также очень важно соблюдать правила этикета при общении как с членами своей команды, так и со всеми участниками мероприятия.

3. В условиях цифровой трансформации, увеличения доли работ, выполняемых удаленно, умения организовать рабочее место и планировать режим работы играют определяющую роль в достижении результата деятельности. Способность рационально планировать свою работу с применением современных технологий характеризует компетенция «Цифровая безопасность».

4. В процессе реализации мероприятия у студентов могут возникнуть разные затруднения. Характерной особенностью быстро и качественно решать стоящие перед будущим учителем задачи является цифровая компетентность. Приобретая опыт в решении тех или иных проблем, будущим учителям будет легче адаптироваться в будущей профессиональной деятельности.

## Список источников / References

1. Уваров А. Ю., Гейбл Э., Дворецкая И. В., Заславский И. М., Карлов И. А., Мерцалов Т. А., Сергоманов П. А., Фрумин И. Д. Трудности и перспективы цифровой трансформации образования. М.: Национальный исследова-

тельский университет «Высшая школа экономики»; 2019. 344 с. DOI:10.17323/978-5-7598-1990-5

[Uvarov A. Yu., Gable E., Dvoretzkaya I. V., Zaslavsky I. M., Karlov I. A., Mertsalov T. A., Sergomanov P. A., Frumin I. D. Difficulties and prospects of digital transformation of education. Moscow, National Research University Higher School of Economics; 2019. 344 p. (In Russian.) DOI:10.17323/978-5-7598-1990-5]

2. *Обухов А. С., Томила М. В.* Развитие цифровых образовательных технологий в России до пандемии: история и особенности индустрии EdTech. *Информатика и образование*. 2021;36(8):52–61. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-8-52-61

[Obukhov A. S., Tomilina M. V. The development of digital educational technologies in Russia before the pandemic: History and peculiarities of the EdTech industry. *Informatika and Education*. 2021;36(8):52–61. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-8-52-61]

3. Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204 (ред. от 21.07.2020) «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_297432/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297432/)

[Decree of the President of the Russian Federation dated May 07, 2018 No. 204 (as amended on July 21, 2020) “On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024”. (In Russian.) Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_297432/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297432/)

4. Паспорт национального проекта «Образование» (утв. Президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16). Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_319308/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_319308/)

[Passport of the national project “Education” (approved by the Presidium of the Presidential Council for Strategic Development and National Projects, Protocol No. 16 dated December 24, 2018). (In Russian.) Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_319308/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_319308/)

5. Распоряжение Минпросвещения России от 18.05.2020 № Р-44 «Об утверждении методических рекомендаций для внедрения в основные общеобразовательные программы современных цифровых технологий». Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_355762/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_355762/)

[Order of the Ministry of Education of Russia dated May 18, 2020 No. R-44 “On approval of methodological recommendations for the introduction of modern digital technologies into basic general education programs”. (In Russian.) Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_355762/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_355762/)

6. *Аймалетдинов Т. А., Баймуратова Л. Р., Зайцева О. А., Имаева Г. Р., Спиридонова Л. В.* Цифровая грамотность российских педагогов. Готовность к использованию цифровых технологий в учебном процессе. М.: Изд-во НАФИ; 2019. 84 с. Режим доступа: <https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2019/10/digit-ped.pdf?ysclid=l3cquy55t4>

[Aimaltdinov T. A., Baymuratova L. R., Zaitseva O. A., Itayeva G. R., Spiridonova L. V. Digital literacy of Russian teachers. Readiness to use digital technologies in the educational process. Moscow, NAFI Publishing House; 2019. 84 p. (In Russian.) Available at: <https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2019/10/digit-ped.pdf?ysclid=l3cquy55t4>

7. *Кавецкая Р. И., Соловьева Р. И.* Особенности подготовки кадров в условиях цифровизации. *E-Scio*. 2020;(6(45)):246–261.

[Kavetskaya R. I., Solovyova R. I. Features of personnel training in the conditions of digitalization. *E-Scio*. 2020;(6(45)):246–261. (In Russian.)]

8. *Киварина М. В., Сажнева Л. П., Борисова И. А.* Адаптация системы высшего образования к условиям цифровой экономики. *Вестник Института экономики и управле-*

*ния Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого*. 2018;(2(27)):46–53.

[Kivarina M. V., Sazhneva L. P., Borisova I. A. Adaptation of the higher education system to the conditions of the digital economy. *Bulletin of the Institute of Economics and Management of the Novgorod State University named after Yaroslav the Wise*. 2018;(2(27)):46–53. (In Russian.)]

9. *Мехдиев Ш. З.* Формирование системы квалифицированных кадров в условиях цифровой экономики. *Вестник евразийской науки*. 2018;10(6):1–9.

[Mekhdiev Sh. Z. Assessment of the quality and efficiency of hr management and enterprise. *Bulletin of Eurasian Science*. 2018;10(6):1–9. (In Russian.)]

10. Официальный сайт Европейского Союза. The Digital Competence Framework for Citizens. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp/digital-competence-framework>

[Official website of the European Union. The Digital Competence Framework for Citizens. Available at: <https://ec.europa.eu/jrc/en/digcomp/digital-competence-framework>

11. *Carretero Gomez S., Vuorikari R., Punie Y.*, DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use, EUR 28558 EN, Luxembourg, Publications Office of the European Union; 2017. 48 p. DOI: 10.2760/38842

12. Тестирование цифровой грамотности. Сервис по оценке и развитию цифровых компетенций. Режим доступа: <https://it-gramota.ru/>

[Digital literacy testing. Service for the assessment and development of digital competencies. (In Russian.) Available at: <https://it-gramota.ru/>

13. *Давыдов С. Г.* Цифровые компетенции россиян и работа на самоизоляции во время пандемии covid-19. *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. 2021;(2(162)):403–422. DOI: 10.14515/monitoring.2021.2.1913

[Davydov S. G. Digital competencies of russians and work on self-isolation during the covid-19 pandemic. *Monitoring public opinion: economic and social changes*. 2021;(2(162)):403–422. (In Russian.) DOI: 10.14515/monitoring.2021.2.1913]

14. *Волкова И. А., Петрова В. С.* Формирование цифровых компетенций в профессиональном образовании. *Вестник Нижневартковского государственного университета*. 2019;1:17–24.

[Volkova I. A., Petrova V. S. Formation of digital competencies in vocational education. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. 2019;1:17–24. (In Russian.)]

15. *Белолобова А. А.* Сетевая проектная деятельность и цифровые инструменты для ее реализации. *Открытое образование*. 2020;(24(4)):22–31. DOI 10.21686/1818-4243-2020-4-22-31

[Belolobova A. A. Network project activities and digital tools for their implementation. *Open Education*. 2020;(24(4)):22–31. (In Russian.) DOI 10.21686/1818-4243-2020-4-22-31]

16. *Самойлова М. В.* Сущностная характеристика педагогического проектирования при подготовке будущего педагога профессионального обучения. *Педагогика. Вопросы теории и практики*. 2019;(4(4)):196–199. DOI 10.30853/pedagogy.2019.4.36.

[Samoilova M. V. Essential characteristic of pedagogical projecting while training a future teacher of vocational education. *Pedagogy. Questions of Theory and Practice*. 2019;(4(4)):196–199. (In Russian.) DOI 10.30853/pedagogy.2019.4.36.]

17. *Козина Н. Д.* Модель организации проектной деятельности в подготовке студентов бакалавриата технологического образования. *Человек и образование*. 2020;(3(64)):89–94.

[Kozina N. D. Model of project activity organization in preparing bachelors of technological education. *Man and Education*. 2020;(3(64)):89–94. (In Russian.)]

18. Ибрагимов Г. И. Проблемы целеполагания в условиях реализации ФГОС ВО. *Педагогика*. 2017;3:3–11.

[Ibragimov G. I. Problems of goal-setting in the conditions of implementation of GEF. *Pedagogy*. 2017;3:3–11. (In Russian.)]

19. Усолцев А. П., Антипова Е. П., Шамало Т. Н. Диагностические цели образования: проблемы, стратегии и возможные решения. *Образование и наука*. 2020;22(8):11–40. DOI 10.17853/1994-5639-2020-8-11-40.

[Usol'tsev A. P., Antipova E. P., Shamalo T. N. Diagnostic purposes of education: problems, strategies and solutions. *Education and Science*. 2020;22(8):11–40. (In Russian.) DOI 10.17853/1994-5639-2020-8-11-40.]

20. Trello помогает командам эффективно решать рабочие задачи. Режим доступа: <https://trello.com/>

[Trello helps teams effectively solve work tasks. (In Russian.) Available at: <https://trello.com/>]

21. Онлайн-диаграмма Ганта для управления проектами. Режим доступа: <https://ganttpro.com/ru/>

[Online Gantt chart for project management. (In Russian.) Available at: <https://ganttpro.com/ru/>]

#### **Информация об авторах**

**Васева Елена Сергеевна**, канд. пед. наук, доцент кафедры информационных технологий, Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) Рос-

сийского государственного профессионально-педагогического университета, г. Нижний Тагил, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-5442-3170>; *e-mail*: [e-s-vaseva@mail.ru](mailto:e-s-vaseva@mail.ru)

**Бужинская Надежда Владимировна**, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий, Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) Российского государственного профессионально-педагогического университета, г. Нижний Тагил, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-5821-136X>; *e-mail*: [nadezhda\\_v\\_a@mail.ru](mailto:nadezhda_v_a@mail.ru)

#### **Information about the authors**

**Elena S. Vaseva**, Candidate of Sciences (Education), Associate Professor at the Information Technology Department, Nizhny Tagil State Socio-Pedagogical Institute (branch) of Russian State Vocational Pedagogical University, Nizhny Tagil, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-5442-3170>; *e-mail*: [e-s-vaseva@mail.ru](mailto:e-s-vaseva@mail.ru)

**Nadezhda V. Buzhinskaya**, Candidate of Sciences (Education), Docent, Associate Professor at the Information Technology Department, Nizhny Tagil State Socio-Pedagogical Institute (branch) of Russian State Vocational Pedagogical University, Nizhny Tagil, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-5821-136X>; *e-mail*: [nadezhda\\_v\\_a@mail.ru](mailto:nadezhda_v_a@mail.ru)

**Поступила в редакцию / Received:** 19.12.2021.

**Поступила после рецензирования / Revised:** 21.01.2022.

**Принята к печати / Accepted:** 25.01.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-42-49

# ЕДИНЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ В РАКУРСЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

А. А. Зубрилин<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup> *Мордовский государственный педагогический университет им. М. Е. Евсевьева, г. Саранск, Республика Мордовия, Россия*✉ [azubrilin@mail.ru](mailto:azubrilin@mail.ru)

## Аннотация

На сегодняшний день важным и значимым направлением в образовании является унификация подготовки педагогических кадров в вузе. Немаловажным представляется опыт разработки кафедрой информатики и вычислительной техники Мордовского государственного педагогического университета им. М. Е. Евсевьева рабочих программ учебных дисциплин в рамках проекта «Ядро высшего педагогического образования» по предметно-методическому модулю (профиль «Информатика»). Обосновывается набор учебных дисциплин, который должен быть освоен студентами, обучающимися по программам бакалавриата направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки). Определяется назначение каждой из представленных в наборе учебных дисциплин, раскрывается их специфика с точки зрения изучаемого содержания и овладения цифровыми компетенциями. Показывается, какие цифровые компетенции и какими инструментами можно сформировать на каждой из дисциплин. Дается описание некоторых из цифровых компетенций. В частности, при работе с электронными текстами, решении прикладных задач на компьютере, создании цифрового контента, проведении исследований с использованием табличных процессоров и языков программирования, организации проектной деятельности, подготовке к школьным олимпиадам по информатике. Делается вывод, что предложенный набор учебных дисциплин позволит полноценно подготовить студента к профессиональной деятельности учителя информатики, включая техническую, технологическую, методическую составляющие.

**Ключевые слова:** подготовка учителя информатики, ядро высшего педагогического образования, рабочие программы, обучение, цифровые компетенции.

## Для цитирования:

Зубрилин А. А. Единый подход к подготовке будущих учителей информатики в ракурсе формирования цифровых компетенций. *Информатика и образование*. 2022;37(2):42–49. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-42-49

# A UNIFIED APPROACH TO TRAINING FUTURE INFORMATICS TEACHERS IN TERMS OF THE FORMATION OF DIGITAL COMPETENCIES

A. A. Zubrilin<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup> *Mordovian State Pedagogical University named after M. E. Evseviev, Saransk, The Republic of Mordovia, Russia*✉ [azubrilin@mail.ru](mailto:azubrilin@mail.ru)

## Abstract

Today, an important and significant direction in education is the unification of the training of teaching staff at the university. In this regard, it is important the experience of the development by the Department of Informatics and Computer Engineering of the Mordovian State Pedagogical University named after M. E. Evseviev of work programs of academic disciplines within the framework of the project “The core of higher pedagogical education” in the subject-methodical module (profile “Informatics”). A set of academic disciplines is substantiated, which should be mastered by students of undergraduate programs in the direction of training 44.03.05 “Pedagogical education” (with two training profiles). The purpose of each of the disciplines presented in the set is determined, their specificity is revealed in terms of the content being studied and mastering digital competencies. It is shown what digital competencies can be formed in each of the disciplines and what tools should be used. A description of some of the digital competencies is given, in particular, when working with electronic texts, solving applied problems on a computer, creating digital content, conducting research using spreadsheet processors and programming languages, organizing project activities, preparing for school Olympiads in informatics. It is concluded that the proposed set of academic disciplines will fully prepare the student for the professional activity as an informatics teacher, including technical, technological, and methodological components.

**Keywords:** informatics teacher training, core of higher pedagogical education, work programs, training, digital competencies.

## For citation:

Zubrilin A. A. A unified approach to training future informatics teachers in terms of the formation of digital competencies. *Informatics and Education*. 2022;37(2):42–49. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-42-49

## 1. Введение

Последние два десятилетия модернизации российского образования выявили необходимость унификации образовательного процесса не только в школе, свидетельством чему, например, выступает единый государственный экзамен как инструмент единой оценки сформированности знаний и умений школьников по определенному учебному предмету, но и в процессе подготовки будущих педагогов к профессиональной деятельности. Свидетельством важности единой подготовки стал переход на дистанционную форму работы в 2020 году, когда электронные курсы, предложенные на ряде образовательных платформ, не могли быть в полной мере реализованы во многих российских вузах из-за несовпадающего набора компетенций и индикаторов, представленных в дистанционных курсах и вузовских дисциплинах [1]. Не случайно в середине 2021 года началась работа по реализации концепции содержательного и структурного обновления образовательных программ бакалавриата по УГСН 44.00.00 «Образование и педагогические науки», получившая название «Ядро высшего педагогического образования». Ведущей целью проекта является формирование единого образовательного пространства педагогического образования, когда обучение будущих педагогов должно вестись по единым учебным планам и рабочим программам, позволяя формировать единые компетенции, осуществлять централизованный контроль за сформированностью знаний и умений студентов, предоставить им возможность безболезненно переходить из одного педагогического вуза в другой для продолжения обучения по одинаковым профилям и многое другое. Кафедра информатики и вычислительной техники МГПУ им. М. Е. Евсевьева также приняла участие в разработке рабочих программ по предметно-методическому модулю (профиль «Информатика»). В настоящей статье мы выражаем собственную точку зрения на то, чему и как обучать будущих учителей информатики с учетом того, что им придется вести свою деятельность в цифровом обществе, уметь применять в своей педагогической деятельности и современное оборудование, и цифровые ресурсы, организовывать проектную деятельность школьников и так далее. Акцент сделан на формировании цифровых компетенций [2, 3], среди которых можно выделить умение работать с текстовыми документами с использованием текстовых процессоров, применять табличные процессоры при решении задач, создавать электронные презентации в редакторах презентаций, вести базы данных в системах управления базами данных, осуществлять поиск информации в сети Интернет посредством веб-обозревателей и поисковых систем, организовывать электронную коммуникацию через веб-обозреватели и почтовые клиенты, создавать изображения в графических редакторах, работать с личной информацией в персональных информационных менеджерах, управлять проектами через соответствующие программные средства.

## 2. Обучение будущего учителя информатики по предметно-методическому модулю (профиль «Информатика»)

С учетом письма Министерства просвещения РФ № 3794 от 21.10.2021 «Запрос о предоставлении ценовой информации» на предметно-методический модуль (профиль «Информатика») на изучение модуля должно выделяться не менее 60 зачетных единиц (з. е.) и не более 70 з. е. без учета практики и промежуточной аттестации. При этом для образовательных программ бакалавриата направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки) трудоемкость предметно-методического модуля базовой унифицированной части по каждому из профилей должна быть равнозначной по объему или представлена в соотношении 60/40 % в зависимости от вариантов сочетания профилей. Ниже мы приводим разбивку дисциплин из расчета 70 з. е.

Возможная структура модуля с выделением изучаемых дисциплин и их прохождением с разбиением на семестры представлена в таблице 1.

Выбор дисциплин и порядок их следования обусловлен следующими причинами.

Как показывает многолетний опыт работы в вузе, выпускники школ приходят в педагогический вуз с разным уровнем подготовки использования информационных технологий, которые некоторые из исследователей считают основой цифровой грамотности [4, 5], для решения прикладных задач; не сформированными навыками ведения проектной деятельности; со слабой теоретической подготовкой. Как правило, большинство студентов-первокурсников умеют работать с текстовыми документами, решать несложные задачи в табличных процессорах, рисовать коллажи, создавать презентации. Лишь немногие оформляют текстовые документы по стандартам, умеют использовать табличный процессор в проектной деятельности, создавать инфографику и др. Таким образом, необходимой дисциплиной, с которой студенты-информатики педагогического вуза должны начинать осваивать премудрости педагогической деятельности, должен стать практикум по информационным технологиям, на котором решаются обозначенные выше проблемы, а сами студенты узнают о новых для них инструментах по подготовке цифрового контента.

Теоретическая подготовка вчерашних выпускников школ, начинающих осваивать профессию учителя, оставляет желать лучшего, так как многие педагоги при обучении информатике в школе не уделяют должного внимания решению задач, не формируют умения по разработке алгоритмов. В связи с чем необходима учебная дисциплина, где бы решался выявленный недостаток по освоению (восполнению) теоретического материала, показывалась важность теоретического знания при изучении последующих вузовских дисциплин предметной области «Информатика». Такой дисциплиной может стать дисциплина «Теоретические основы информатики», где студенты к тому же начнут вовлекаться в проектную

## Структура предметно-методического модуля

## Structure of the subject-methodical module

Год обучения (курс)	Семестры	Примерное наименование дисциплин модуля	Минимальное количество з. е.	Типовые формы оценки
1	1	Практикум по информационным технологиям	4	Экзамен
1	1 2	Теоретические основы информатики	5	Экзамен Экзамен
1–2	2 3 4	Основы алгоритмизации и программирования	8	Экзамен Экзамен Экзамен
3–5	5 6 7 8 9 10	Технологии программирования	12	Зачет Экзамен Зачет Экзамен Зачет Экзамен
2	3 4	Цифровые образовательные ресурсы и их разработка	4	Зачет Экзамен
3	6	Компьютерное моделирование	3	Экзамен
3–4	6 7	Аппаратные и программные средства компьютера, компьютерные сети	6	Зачет Экзамен
4	7 8	Информационная безопасность	4	Зачет Экзамен
4	8	Информационные системы	3	Экзамен
3–5	5 6 7 8 9	Методика обучения информатике	12	Зачет Экзамен Экзамен Экзамен Экзамен
5	9 10	Веб-разработка и веб-дизайн, интернет-технологии	5	Зачет Экзамен
5	9	Технология подготовки школьников к олимпиадам по информатике	2	Зачет
5	9	Численные методы	2	Зачет
Итого:			70	
<b>Практики</b>				
2–3	4 5	Учебная (ознакомительная) практика	2	Зачет Зачет Зачет Зачет Зачет
4–5	8 9	Производственная (педагогическая) практика	12	Дифференцированный зачет Дифференцированный зачет
Итого:			14	

деятельность, решать школьные олимпиадные задачи, выполнять задания ОГЭ и ЕГЭ по информатике. Логическим продолжением данной дисциплины станут «Основы алгоритмизации и программирования». С одной стороны, указанная дисциплина по-

зволит углубить изучение алгоритмической линии, а, с другой, через изучение студентами языка программирования Pascal, подготовит их к овладению объектно-ориентированными и визуальными языками программирования.

Несмотря на принижение в последние годы важности программирования, когда постепенно забываются слова прародителя российской школьной информатики А. П. Ершова о программировании как второй грамотности [6], на наш взгляд, начиная с пятого семестра должно вестись систематическое обучение языкам и средам программирования, что способствует демонстрации функционала такой профессии, как программист [7], так и постепенно втягивает студентов в олимпиадное движение по информатике [8], например, к участию в Открытой международной студенческой интернет-олимпиаде [9]. Выбор языков программирования должен оставаться за педагогическим вузом, где ведется подобная дисциплина. Рабочее название дисциплины — «Технологии программирования».

Начиная со второго курса, будущие учителя информатики могут не просто выступать потребителями цифрового контента, но и учиться его самостоятельно создавать. Поэтому в рамках предметно-методического модуля (профиль «Информатика») актуальна дисциплина «Цифровые образовательные ресурсы и их разработка», где студенты-второкурсники осваивают азы разработки цифровых ресурсов. Что также, согласно Н. С. Епифановой и М. Г. Полозкову [10], способствует развитию цифровой грамотности.

Если, осваивая технологию программирования, студенты учатся строить компьютерные модели для решения задач — преимущественно математических — на языках программирования, то с середины обучения (шестой семестр) необходима дисциплина со специализацией на построение моделей для исследования сложных процессов, например, в биологии, физике, экономике и т. д. Нами предлагается дисциплина «Компьютерное моделирование», способствующая расширению знаний и умений студентов-третьекурсников в исследовательской деятельности. Полученные знания и умения студенты смогут применить на пятом курсе при изучении численных методов, когда они, используя методы компьютерного моделирования и изученный прикладной инструментарий, будут решать сложные математические задачи средствами информационных технологий [11, 12], включая облачные сервисы [13].

К третьему курсу знаний и умений студентов в области использования компьютерной техники становится достаточно, чтобы они на практике могли изучать архитектуру компьютера, выполнять его сборку или разборку, устранять элементарные неисправности, моделировать создание локальных компьютерных сетей, выполнять разбивку компьютерной сети на подсети и др. Поэтому востребована двухсеместровая дисциплина «Аппаратные и программные средства компьютера, компьютерные сети», где в первом семестре акцент делается на физических и технологических основах функционирования компьютера, а во втором происходит овладение работой с компьютерными сетями.

Важным направлением в обучении современных школьников является безопасная работа с цифровыми

ресурсами [14–18]. Осваивать азы информационной безопасности и формировать соответствующие ИКТ-компетенции позволит дисциплина «Информационная безопасность». Здесь студенты-четверокурсники познакомятся с правовыми материалами в области безопасной работы с компьютером и в компьютерных сетях, научатся использовать программное обеспечение по антивирусной защите компьютера, противостоянию хакерским угрозам, узнают о методах социальной инженерии, способах обучения школьников безопасной работе с информационными ресурсами.

Также на четвертом курсе на одноименной дисциплине должны изучаться информационные системы, где студенты овладевают работой с базами данных, включая сетевые базы данных. Таким образом, во второй половине своего обучения бакалавры профиля «Информатика» все больше начинают работать с сетевыми технологиями, осваивая цифровое информационное образовательное пространство.

В завершении освоения сетевых технологий изучается дисциплина «Веб-разработка и веб-дизайн, интернет-технологии», направленная на обучение студентов работе с графическим цифровым контентом, умению создавать его посредством онлайн-сервисов, разрабатывать и продвигать сайты, наполняя их авторскими цифровыми материалами, на овладение интернет-технологиями.

Нами предлагаются также две методические дисциплины — «Методика обучения информатике» и «Технология подготовки школьников к олимпиадам по информатике». Первая формирует навыки преподавательской деятельности, когда студенты осваивают приемы обучения школьников работе с информационными технологиями, решают задачи по информатике, разрабатывают технологические карты. Разделы дисциплины выстроены таким образом, чтобы они охватывали материалы предметных дисциплин, ведущихся параллельно. Дисциплина «Технология подготовки школьников к олимпиадам по информатике» способствует ознакомлению будущих учителей информатики с методами систематической подготовки школьников к олимпиадам по информатике.

Таким образом, через предметные и методические учебные дисциплины предметно-методического модуля (профиль «Информатика») у студентов формируются цифровые компетенции [19], которые позволяют им грамотно вести свою профессиональную деятельность в новых условиях.

### **3. Цифровые компетенции, формируемые при обучении будущего учителя информатики по предметно-методическому модулю (профиль «Информатика»)**

Изучая каждую из представленных выше дисциплин, студенты осваивают программные продукты, посредством которых у них формируются соответствующие цифровые компетенции. В таблице 2 указаны те инструменты, которые могут быть ис-

пользованы преподавателями в процессе обучения, а также сами формируемые цифровые компетенции.

Кроме учебных дисциплин в модуле предполагается практики, которые позволяют, во-первых, подготовить студентов к проектной деятельности и сфор-

мировать умение успешно участвовать в олимпиадах (учебная (ознакомительная) практика), во-вторых, овладеть начальными навыками профессиональной деятельности учителя информатики (производственная (педагогическая) практика).

Таблица 2 / Table 2

### Цифровые компетенции, формируемые при обучении будущего учителя информатики Digital competencies formed during the training of a future informatics teacher

Дисциплины	Возможные цифровые инструменты	Формируемые цифровые компетенции
Практикум по информационным технологиям	Текстовый процессор	Умение оперировать с электронными текстовыми документами, включая их создание, грамотное форматирование, оформление таблиц, выполнение вычислений в таблицах текстовых документов, работу с рисунками и формулами
	Табличный процессор	Умение решать задачи с использованием электронных таблиц, включая ввод данных различных типов, грамотную организацию данных на листе, установку форматов ячеек, использование относительных и абсолютных ссылок, работу с функциями из различных категорий (логические, статистические, математические, текстовые, пользовательские), знание возможностей использования табличного процессора в профессиональной деятельности педагога
	Сервисы Google Docs	Знакомство с облачными технологиями, умение создавать текстовые документы, презентации в облачных сервисах, решать задачи при помощи сервиса Google Таблицы, разрабатывать интерактивные тесты при помощи Google Forms
	Сервисы для создания инфографики	Умение разрабатывать инфографику с использованием соответствующих сервисов
Теоретические основы информатики	Калькулятор, порталы по оперированию числами различных позиционных систем счисления	Овладение для самоконтроля инструментами по выполнению арифметических операций над числами, представленными в различных системах счисления, переводом чисел из одной позиционной системы счисления в другую. Умение выделять достоинства и недостатки данных инструментов
	Система программирования «КуМир»	Знакомство с электронными исполнителями алгоритмов, умение строить изображения путем управления исполнителем
	Онлайн-ресурсы по работе с алгоритмами	Умение применять цифровые технологии при оформлении или разработке алгоритмов в блок-схемной нотации
	Портал Foxford	Представление о способах подготовки школьников к дистанционным олимпиадам, умение решать задачи олимпиадного характера по информатике в дистанционном формате
	Порталы по подготовке к ОГЭ и ЕГЭ	Владение онлайн-инструментами по подготовке школьников к итоговой аттестации по информатике, умение проверять уровень своих знаний по информатике
Основы алгоритмизации и программирования	Язык программирования Pascal	Владение навыком использования языка программирования Pascal при решении задач, включая реализацию линейной, разветвляющейся и циклической структур, умение работать с одномерными и двумерными массивами, графическими примитивами, владеть функциями и процедурами обработки данных символьного типа
Технологии программирования	Среда разработки Visual Studio	Владение элементами среды разработки Visual Studio для создания консольных приложений
	Язык программирования высокого уровня C/C++	Умение написания кода программы на языке программирования высокого уровня C/C++, включая работу с функциями, одномерными и двумерными массивами, стеком, рекурсивными алгоритмами, символьными данными, статическими и динамическими структурами данных, текстовыми и бинарными файлами
	Среда Visual C++	Владение технологией разработки приложений в среде Visual C++
	Язык PHP	Владение основами создания сайтов и веб-приложений



Продолжение таблицы 2 / Continuation of the table 2

Дисциплины	Возможные цифровые инструменты	Формируемые цифровые компетенции
Цифровые образовательные ресурсы и их разработка	Инструментальные программные средства для разработки цифровых образовательных ресурсов	Знание требований к созданию и использованию цифровых образовательных ресурсов, умение использовать приложения компьютера и онлайн-сервисы для создания интерактивных цифровых образовательных ресурсов, оценку цифрового контента [20]
Компьютерное моделирование	Виртуальные лаборатории	Владение основами моделирования объектов или процессов реального мира в компьютерной образовательной среде
	Табличный процессор	Умение проводить моделирование физических процессов, случайных процессов, биологической системы, решать оптимизационные и экономические задачи
	Среды и языки программирования	Умение моделировать и проводить исследование физических моделей, строить модели логических устройств, прогнозировать ситуации
Аппаратные и программные средства компьютера, компьютерные сети	Операционная система	Знание функционала операционных систем в управлении компонентами компьютерной системы, умение устанавливать операционную систему на персональный компьютер
	Сервисное программное обеспечение	Умение оптимизировать работу компьютера с использованием утилит
	Прикладное программное обеспечение	Владение навыком инсталляции и настройки прикладных программных средств, например, для реализации офисных технологий
	Программное обеспечение по моделированию разработки и управления локальными компьютерными сетями	Умение виртуально конфигурировать локальные компьютерные сети
Информационная безопасность	Правовые информационные системы	Владение цифровыми инструментами правовой направленности
	Антивирусное программное обеспечение	Умение организовывать антивирусную защиту персонального компьютера
	Антихакерское программное обеспечение	Умение противостоять хакерским угрозам
	Программы шифрования данных	Владение инструментами по организации криптозащиты
Информационные системы	Системы управления базами данных	Владение навыком проектирования, администрирования и ведения баз данных, включая сетевые базы данных
Методика обучения информатике	Правовые информационные системы	Владение инструментами по доступу к нормативным документам по преподаванию информатики, включая правила санитарно-гигиенических норм работы школьников за компьютером, их поведения и соблюдения техники безопасности в компьютерном классе
	Программное обеспечение	Владение прикладным и системным программным обеспечением и умение обучать школьников его использованию в учебной деятельности
	Свободное программное обеспечение	Знание об особенностях свободного программного обеспечения, владение его базовыми компонентами и умение обучать школьников использованию прикладных программ в учебной деятельности
	Программы для обеспечения тестового контроля знаний	Умение организовать проверку предметных результатов по информатике. Знание особенностей организации компьютерного тестирования по информатике
Веб-разработка и веб-дизайн, интернет-технологии	Графический редактор Gimp	Владение навыком построения сложных изображений

Дисциплины	Возможные цифровые инструменты	Формируемые цифровые компетенции
	Язык HTML	Владение навыком написания кода веб-документа в Блокноте или конструкторах сайтов, умение создавать веб-страницы с размещенными на них текстовыми и графическими ссылками, изображениями и мультимедиа-объектами, таблицами, фреймами
	Системы управления контентом сайтов (CMS)	Владение инструментом, автоматизирующим разработку сайтов
	Язык программирования JavaScript	Владение основами автоматической обработки данных, поступающих на сайт
	Системы управления обучением (LMS)	Разработка электронных курсов в LMS, например Moodle
Технология подготовки школьников к олимпиадам по информатике	Онлайн-платформы с дистанционными олимпиадами по информатике для школьников	Умение работать с образовательными платформами, владение технологией подготовки школьников к дистанционным олимпиадам по информатике
Численные методы	Табличный процессор	Умение находить абсолютную и относительную погрешности вычислений, отделять и уточнять корни нелинейных уравнений различными способами (методом половинного деления, методом хорд и касательных), автоматизировать решение системы линейных алгебраических уравнений матричным методом, методом Гаусса, методом Зейделя, проводить численное дифференцирование и интегрирование
	База знаний и набор вычислительных алгоритмов Wolfram Alpha	
	Языки программирования	

#### 4. Заключение

В рамках работы над проектом к каждой из дисциплин были разработаны оценочные материалы, основу которых составили компетентностно-ориентированные задания, контрольные работы и тесты. Выполнение оценочных мероприятий предполагает проверку цифровых компетенций, включая умение грамотно использовать цифровые ресурсы в профессиональной деятельности учителя информатики.

#### Список источников / References

1. Зубрилин А. А. Организационно-методические проблемы подготовки будущих педагогов в условиях дистанционного формата обучения. *Информатика и образование*. 2021;36(7):36–45. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-7-36-45

[Zubrilin A. A. Organizational and methodological problems of training future teachers in a distance learning format. *Informatics and Education*. 2021;36(7):36–45. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-7-36-45]

2. Спиридонов О. В. Учет цифровых технологий в профессиональных стандартах. Режим доступа: <https://profstandart.rosmintrud.ru/upload/medialibrary/ff9/12.11.2020.pdf>

[Spiridonov O. V. Accounting of digital technologies in professional standards. (In Russian.) Available at: <https://profstandart.rosmintrud.ru/upload/medialibrary/ff9/12.11.2020.pdf>]

3. Koken L., Knol M. V. Teaching conditions of the development of teacher's informational and communicative competence in the pedagogical higher education institute. *Bulletin of Kazakh Humanitarian Juridical Innovative University*. 2018;4(40):72–75.

4. Равилова А. Р. Цифровая трансформация системы образования на примере Республики Татарстан. *Global and Regional Research*. 2019;1(1):55–57. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38547926&>

[Ravilova A. R. Digital transformation of the education system on the example of the Republic of Tatarstan. *Global and Regional Research*. 2019;1(1):55–57. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38547926&>]

5. Baktybekkyzy A., Mukanova M. S., Yerzhanova Sh. T. Formation of digital literacy of the pupils at a basic school. *Актуальные научные исследования в современном мире*. 2021;(2–5(70)):7–14. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45575372&>

[Baktybekkyzy A., Mukanova M. S., Yerzhanova Sh. T. Formation of digital literacy of the pupils at a basic school. *Actual Scientific Research in the Modern World*. 2021;(2–5(70)):7–14. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45575372&>]

6. Ершов А. П. Программирование — вторая грамотность. *Проблемы информатики*. 2015;(4(29)):71–85. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25802066&>

[Ershov A. P. Programming is the second literacy. *Problems of Informatics*. 2015;(4(29)):71–85. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25802066&>]

7. Профессиональные стандарты. Программист. Режим доступа: [https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalny-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT\\_ID=56414](https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalny-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT_ID=56414)

[Professional standards. Programmer. (In Russian.) Available at: [https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalny-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT\\_ID=56414](https://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalny-reestr-professionalnykh-standartov/reestr-professionalnykh-standartov/index.php?ELEMENT_ID=56414)]

8. *Зубрилин А. А., Чадина Е. Г.* Теоретико-методические вопросы подготовки будущих бакалавров педагогического образования к олимпиадам по информатике. *Информатика и образование*. 2018;33(2):9–14. Режим доступа: <https://info.infojournal.ru/jour/article/view/255>
- [Zubrilin A. A., Chadina E. G. Theoretical and methodical issues of training future bachelors of pedagogical education for the olympiads in informatics. *Informatics and Education*. 2018;33(2):9–14. (In Russian.) Available at: <https://info.infojournal.ru/jour/article/view/255>]
9. Оценка качества подготовки студентов на международном уровне. Режим доступа: <https://olymp.i-exam.ru/>
- [Assessment of the quality of students' training at the international level. (In Russian.) Available at: <https://olymp.i-exam.ru/>]
10. *Епифанова Н. С., Полозков М. Г.* Цифровая грамотность как необходимое условие трансформации современной системы образования в России. *Государственная служба*. 2020;22(5):62–66. DOI: 10.22394/2070-8378-2020-22-5-62-66
- [Epifanova N. S., Polozkov M. G. Digital literacy as a prerequisite for transforming the modern Russian education system. *Public Service*. 2020;22(5):62–66. (In Russian.) DOI: 10.22394/2070-8378-2020-22-5-62-66]
11. *Безносова О. Г.* Численное решение уравнений с использованием электронных таблиц. *Математический вестник педвузов и университетов Волго-Вятского региона*. 2006;8:280–284. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29992484&>
- [Beznosova O. G. Numerical solution of equations using spreadsheets. *Mathematical Bulletin of Pedagogical Colleges and Universities of the Volga-Vyatka Region*. 2006;8:280–284. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29992484&>]
12. *Лазарева Е. П.* Использование информационных технологий при изучении дисциплины «Численные методы». *Среднее профессиональное образование*. 2009;12:34–36. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12999356&>
- [Lazareva E. P. The use of informational technologies in the process of studying “Numerical methods” subject. *Secondary Vocational Education*. 2009;12:34–36. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12999356&>]
13. *Аглямзянова Г. Н., Гумерова Л. З., Сиразева Д. Ф.* Опыт использования облачных сервисов в преподавании предмета «Численные методы» для педагогических направлений подготовки. *International Journal of Advanced Studies*. 2018;(8(1–2)):7–14. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35183203&>
- [Aglyamzyanova G. N., Gumerova L. Z., Sirazeva D. F. Experience in using cloud services in teaching the subject “Numerical techniques” in pedagogic. *International Journal of Advanced Studies*. 2018;(8(1–2)):7–14. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35183203&>]
14. *Боcharов М. И.* Ситуационное обучение информационной безопасности в начальной школе. *Начальная школа*. 2012;4:84–86. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18795655&>
- [Bocharov M. I. Situational training of primary schoolchildren's informational safety. *Elementary School*. 2012;4:84–86. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18795655&>]
15. *Данильчук Е. В., Лукичева А. В., Касьянов С. Н.* Методические особенности формирования понятия «информационная безопасность» на разных этапах обучения информатике в школе. *Известия Волгоградского государственного педагогического университета*. 2018;(8(131)):8–14. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35618425&>
- [Danilchuk E. V., Lukicheva A. V., Kasyanov S. N. Methodological features of the concept “information security” at different stages of teaching computer science at school. *Proceedings of the Volgograd State Pedagogical University*. 2018;(8(131)):8–14. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35618425&>]
16. *Жидкова А. В.* Понятие «информационная безопасность» на пропедевтическом этапе обучения информатике в школе. *Вопросы педагогики*. 2017;10:31–34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30541622&>
- [Zhidkova A. V. The concept of “information security” at the propaedeutic stage of computer science education at school. *Questions of Pedagogy*. 2017;10:31–34. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30541622&>]
17. *Зубрилина М. С., Терешкина К. Ю.* Ситуационные задачи как инструмент обучения школьников информационной безопасности. *Информатика в школе*. 2018;17(1):21–23. Режим доступа: <https://school.infojournal.ru/jour/article/download/198/198>
- [Zubrilina M. S., Tereshkina K. Yu. Situational tasks as a tool for teaching schoolchildren information security. *Informatics in school*. 2018;17(1):21–23. (In Russian.) Available at: <https://school.infojournal.ru/jour/article/download/198/198>]
18. *Tomczyk L., Eger L.* Online safety as a new component of digital literacy for young people. *Integration of Education*. 2020;(24(2)):172–184. DOI: 10.15507/1991-9468.099.024.202002.172-184
19. *Берман Н. Д.* Цифровые навыки и цифровая грамотность студентов. *Russian Journal of Education and Psychology*. 2021;(12(2-2)):26–34.
- [Berman N. D. Digital skills and digital literacy of students. *Russian Journal of Education and Psychology*. 2021;(12(2-2)):26–34. (In Russian.)]
20. *Жирыкова А. В.* Направления цифровой трансформации образования в условиях информационного общества. *Мир университетской науки: культура, образование*. 2019;9:49–54.
- [Zhiryakova A. V. Directions of digital transformation of education in the information society. *The World of University Science: Culture, Education*. 2019;9:49–54. (In Russian.)]

#### Информация об авторе

**Зубрилин Андрей Анатольевич**, канд. филос. наук, доцент, зав. кафедрой информатики и вычислительной техники, Мордовский государственный педагогический университет им. М. Е. Евсевьева, г. Саранск, Республика Мордовия, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-9146-397X>; *e-mail*: [azubrilin@mail.ru](mailto:azubrilin@mail.ru)

#### Information about the author

**Andrey A. Zubrilin**, Candidate of Sciences (Philosophy), Docent, Head of the Department of Informatics and Computer Engineering, Mordovian State Pedagogical University named after M. E. Evseviev, Saransk, The Republic of Mordovia, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-9146-397X>; *e-mail*: [azubrilin@mail.ru](mailto:azubrilin@mail.ru)

*Поступила в редакцию / Received*: 20.12.2021.

*Поступила после рецензирования / Revised*: 21.01.2022.

*Принята к печати / Accepted*: 25.01.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-50-63

# ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ К ПРИМЕНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

К. В. Розов<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup> Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия

✉ konstantin\_dubrava@mail.ru

## Аннотация

В статье представлены разработанные автором организационно-педагогические условия подготовки будущих учителей информатики к применению современных технологий искусственного интеллекта. Их реализация позволила модернизировать процесс освоения студентами технологий искусственного интеллекта через изменение содержания учебной дисциплины, направленное на формирование навыков и представлений будущего учителя информатики в области искусственного интеллекта, обеспечение включения в учебный процесс построения индивидуальных траекторий обучения. Приведены критерии и оценочно-диагностический инструментарий для определения уровня профессиональной готовности. Представлены основные результаты опытно-экспериментальной работы по апробации организационно-педагогических условий через реализацию авторского экспериментального практико-ориентированного курса «Технологии искусственного интеллекта», внедренного в образовательный процесс Новосибирского государственного педагогического университета. В эксперименте участвовали 127 студентов бакалавриата 3-го и 4-го курсов направлений 44.03.01 «Педагогическое образование» и 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профилей: «Информатика и информационно-коммуникационные технологии», «Информатика и информационно-коммуникационные технологии и Экономическое образование», «Математика и Информатика», «Физика и Информатика». Эксперимент проводился с 2018 по 2021 год (четыре учебных года) и показал эффективность использования выделенных организационно-педагогических условий для профессиональной подготовки будущих учителей информатики к применению технологий искусственного интеллекта. Результаты исследования могут представлять интерес для преподавателей вузов, осуществляющих профессиональную подготовку студентов непрофильных специальностей в области искусственного интеллекта, и исследователей, изучающих вопросы профессиональной подготовки педагогов к применению технологий искусственного интеллекта в образовании.

**Ключевые слова:** профессиональная подготовка, искусственный интеллект, технологии искусственного интеллекта, учитель информатики, высокие технологии, Python.

## Для цитирования:

Розов К. В. Формирование профессиональной готовности будущих учителей информатики к применению технологий искусственного интеллекта. *Информатика и образование*. 2022;37(2):50–63. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-50-63

# FORMATION OF PROFESSIONAL READINESS OF FUTURE INFORMATICS TEACHERS FOR USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

K. V. Rozov<sup>1</sup> ✉<sup>1</sup> Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

✉ konstantin\_dubrava@mail.ru

## Abstract

The article presents the organizational and pedagogical conditions for training future informatics teachers for using modern artificial intelligence technologies. Their implementation made it possible to modernize the process of mastering artificial intelligence technologies by students through changing the content of the academic discipline, aimed at developing the skills and ideas of the future informatics teacher in the field of artificial intelligence, ensuring the inclusion in the educational process of creating individual learning trajectories. Criteria as well as evaluation and diagnostic tools for determining the level of professional readiness are given. The main results of experimental work on approbation of organizational and pedagogical conditions through the implementation of the author's experimental practice-oriented course "Artificial intelligence technologies", introduced into the educational process of Novosibirsk State Pedagogical University, are presented. The experiment involved 127 bachelor students of the 3rd and 4th years of the directions 44.03.01 "Pedagogical education" and 44.03.05 "Pedagogical education (with two training profiles)", profiles: "Informatics and Information and Communication Technologies", "Informatics and Information and Communication Technologies and Economic

Education”, “Mathematics and Informatics”, “Physics and Informatics”. The experiment was conducted from 2018 to 2021 (4 academic years) and showed the effectiveness of using the identified organizational and pedagogical conditions for the professional training of future informatics teachers in the use of artificial intelligence technologies. The results of the study may be of interest to university teachers who provide professional training for students of non-core specialties in the field of artificial intelligence, and researchers studying the issues of professional training of teachers in the application of artificial intelligence technologies in education.

**Keywords:** professional training, artificial intelligence, artificial intelligence technologies, informatics teacher, high tech, Python.

**For citation:**

Rozov K. V. Formation of professional readiness of future informatics teachers for using artificial intelligence technologies. *Informatics and Education*. 2022;37(2):50–63. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-50-63

## 1. Введение

Технологические решения, основанные на методах искусственного интеллекта (ИИ), сегодня активно внедряются в различные отрасли экономики и другие сферы человеческой деятельности по всему миру. Это обусловлено потребностью человечества в обработке больших объемов данных, доступностью инструментов для разработок с использованием технологий ИИ и «сквозным» характером этих технологий [1]. Согласно Национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 года в Российской Федерации, одной из основных задач развития ИИ является «повышение уровня обеспечения российского рынка технологий искусственного интеллекта квалифицированными кадрами и уровня информированности населения о возможных сферах использования таких технологий» [1]. На наш взгляд, решению данной задачи может способствовать подготовка квалифицированных в области ИИ педагогических кадров — будущих учителей информатики. Стремительное развитие технологий ИИ, растущая популярность востребованного сегодня в области ИИ языка программирования Python в школах [2, 3], появление и развитие открытых программных библиотек для языка Python, предоставляющих интерфейсы для реализации самых разных методов ИИ (методов конструирования и обучения искусственных нейронных сетей, «классических» и нейросетевых методов компьютерного зрения для обнаружения и классификации объектов на изображениях, методов распознавания и синтеза речи и т. д.), без необходимости специальной подготовки по математике и компьютерным наукам на уровне профильных вузов существенно расширили возможности для технического творчества, проектной деятельности школьников и студентов. Именно современный учитель информатики может стать транслятором для населения сведений о сферах применения технологий ИИ, информируя обучающихся о достижениях человечества в этой области. Население еще со школы будет осведомлено о возможностях, ограничениях, сферах и проблемах применения ИИ. Одной из проблем школьного курса информатики, как отмечает Е. К. Хеннер, является недостаточное внимание, уделяемое технологическим аспектам ИТ-профессий [4]. Учитель информатики может стать не просто информатором, а человеком, создающим базу для компетентностного развития будущих квалифицированных кадров в области технологий ИИ.

Сегодня необходимо готовить педагогов, способных не только познакомить обучающихся с возможностями и сферами применения технологий ИИ, но и организовать профориентационную и проектную деятельность с применением этих технологий, а также применять технологии ИИ в качестве педагогических средств.

## 2. Актуальность и проблема исследования

В то же время в результате анализа современного состояния профессиональной подготовки будущих учителей информатики в области искусственного интеллекта (ИИ), представленного в нашей работе «О необходимости изменения содержания профессиональной подготовки будущего учителя информатики в области искусственного интеллекта» [5], было выявлено существенное отставание ее содержания от тенденций развития технологий ИИ. Кроме того, было выявлено, что дисциплины, связанные с ИИ, в педагогических вузах, как правило, являются дисциплинами по выбору, а значит, их включение в профессиональную подготовку будущих учителей информатики не гарантируется, что может негативно отразиться на компетентности учителя в области современных компьютерных технологий.

Поскольку в основе методов ИИ лежат методы математического анализа, математической статистики, линейной алгебры и других разделов высшей математики, возникает проблема формирования учебного материала по ИИ для школьников и студентов непрофильных специальностей. Очевидно, что разработка новых или модернизация существующих методов ИИ и разработка сложных интеллектуальных систем требуют узкоспециализированной профильной подготовки по математике и компьютерным наукам. Такая подготовка выходит за рамки высшего педагогического и тем более школьного (общего и среднего) образования. Решением этой проблемы, по нашему мнению, является смена классического, преимущественно математического характера изучения ИИ (подготовка осуществляется аналогично специализированным непедагогическим профилям, но с некоторыми упрощениями) на преимущественно технологический (инженерный) в профессиональной подготовке будущих учителей информатики. Это означает рассмотрение ИИ с точки зрения изучения инструментов реализации технологий ИИ и возможностей их применения в различных сферах деятельности человечества. Студенты — будущие

учителя информатики, и школьники — потенциальные специалисты в области высоких технологий, изучают востребованный в настоящее время язык программирования Python и, используя готовые программные библиотеки для него, решают различные практико-ориентированные задачи по применению технологий ИИ. При этом, безусловно, от изучения математических основ технологий ИИ отказываться полностью нельзя, поскольку это может привести к поверхностному, фрагментарному пониманию сущности ИИ у обучающихся. Такой подход к изучению ИИ в педагогическом вузе и школе, на наш взгляд, позволит познакомить обучающихся с разнообразными современными технологиями ИИ, их возможностями и ограничениями; может способствовать формированию и развитию у обучающихся навыков императивного и объектно-ориентированного программирования, логического, алгоритмического и системного мышления, развитию творческого потенциала.

Сегодня актуальность внедрения ИИ как компонента содержания общего образования не вызывает сомнений и отмечается как российскими, так и зарубежными исследователями [6, 7]. Анализ соответствующего мирового опыта, проведенный исследователями А. Р. Садыковой и И. В. Левченко, показал, что обучение ИИ в школах мира находится на начальном этапе развития, однако в этом направлении ведется активная работа [7]. В сфере непрофильного образования ИИ рассматривается часто как средство, а не объект изучения [7–9]. Некоторые российские университеты, в том числе педагогические, и образовательные центры совместно с крупными отечественными и зарубежными ИТ-компаниями занимаются активной разработкой и реализацией учебных курсов по изучению технологий ИИ для школьников и педагогов. Примерами крупных проектов являются «Академия искусственного интеллекта для школьников» [10] и программа Intel® AI for Youth «Технологии искусственного интеллекта для каждого» [11]. Коллективом авторов И. В. Левченко, А. Р. Садыкова и др. ведутся разработки образовательных модулей, учебных пособий по изучению современных технологий ИИ в школьном курсе информатики [12–14]. В. А. Кондратьева отмечает актуальность обучения ИИ в основной школе с использованием языка программирования Python [15]. Однако модернизации непосредственно профессиональной подготовки будущих учителей информатики в области ИИ в педагогическом вузе, с учетом современных тенденций развития технологий ИИ, на наш взгляд, уделено недостаточно внимания. В недавних публикациях, посвященных данной проблеме [16, 17], по-прежнему приводится классическое содержание учебных курсов по ИИ, в которых ключевыми дидактическими единицами являются экспертные системы и логическое программирование на языке Prolog, а при изучении нейронных сетей используется только нейросимулятор Ф. М. Черепанова и Л. Н. Ясницкого из лабораторного практикума «Искусственный

интеллект» пермской школы ИИ [18]. Язык Python не упоминается, а широко используемые сегодня в области ИИ Python-библиотеки для анализа данных, машинного обучения, компьютерного зрения, обработки естественного языка (NumPy, Pandas, Scikit-learn, TensorFlow и Keras, PyTorch, OpenCV, NLTK и др.) не рассматриваются.

Таким образом, актуальность подготовки будущих учителей информатики к применению технологий ИИ с учетом современного уровня развития этих технологий и их доступности обусловлена рядом противоречий. С одной стороны, общество и государство испытывают потребность в конкурентоспособной личности, владеющей технологиями ИИ, с другой — выявлено недостаточное обеспечение реализации этой потребности посредством подготовки будущих учителей информатики, обладающих соответствующими навыками. С одной стороны, возрастает значимость технологий ИИ, обуславливающая необходимость повышения качества профессиональной подготовки будущих учителей информатики в области современных технологий ИИ, с другой — устаревшее содержание учебных программ и учебно-методических пособий в высшем педагогическом образовании. Говоря о потребностях общества и государства, не стоит забывать и о личности будущего педагога. С одной стороны, существует необходимость развития творческого мышления обучающегося и реализации индивидуально-дифференцированного подхода в процессе профессиональной подготовки, с другой — неразработанность организационно-педагогических условий освоения современных технологий ИИ будущим учителем информатики для дальнейшего их применения в профессиональной деятельности. Вышеперечисленные противоречия, возрастание требований к профессиональной подготовке будущего педагога, значимость технологий ИИ для развития государства и перспективность внедрения ИИ в сферу образования определили проблему исследования, заключающуюся в необходимости выявления и научно-практического обоснования организационно-педагогических условий подготовки будущих учителей информатики к применению технологий ИИ в профессиональной деятельности.

### 3. Организационно-педагогические условия подготовки будущих учителей информатики к применению технологий ИИ

Цель разработки и внедрения организационно-педагогических условий — подготовка (как результат) бакалавров — будущих учителей информатики к применению технологий ИИ в образовательном процессе. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- 1) выявить, разработать и обосновать организационно-педагогические условия подготовки бакалавров — будущих учителей информатики к применению технологий ИИ;

- 2) разработать курс учебной дисциплины (учебный курс) «Технологии искусственного интеллекта» как основу системной реализации выявленных и разработанных организационно-педагогических условий;
- 3) апробировать учебный курс «Технологии искусственного интеллекта» в процессе профессиональной подготовки бакалавров — будущих учителей информатики, в педагогическом вузе;
- 4) проверить результативность влияния организационно-педагогических условий на подготовку бакалавров — будущих учителей информатики к применению технологий ИИ на основании разработанных критериев.

На основании ретроспективного анализа содержания профессиональной подготовки будущего учителя информатики в области ИИ и анализа ее современного состояния, представленных в работе [5], выявлено **первое организационно-педагогическое условие подготовки бакалавров**: изменение характера содержания дисциплины с преимущественно математического (акцент на математическом аппарате ИИ, подготовка аналогична профильной) на преимущественно технологический (акцент на программировании — применение технологий ИИ с использованием высокоуровневого языка программирования, готовых программных библиотек и сервисов для решения практико-ориентированных задач), изучение *современных направлений развития технологий ИИ и включение материалов о современных средствах реализации технологий ИИ*.

Классическое изучение ИИ в педагогическом вузе не предполагало применения дополнительных аудиовизуальных технических средств, таких как веб-камеры, микрофоны, различные средства воспроизведения звука [19, 20]. Однако при изучении технологий компьютерного зрения, распознавания и синтеза речи необходимо использовать средства реализации этих технологий. Исследователи М. С. Артюхина, О. И. Артюхин, И. И. Клешнина выделяют множество важных дидактических функций технических средств: источник информации, повышение степени наглядности и конкретизации понятий, обогащение круга представлений обучающихся и удовлетворение любознательности, создание эмоционального отношения к учебной информации, активизация познавательной деятельности обучающихся и др. [21]. Исходя из этого, **вторым условием** является *использование аудиовизуального технического (аппаратного) обеспечения реализации технологий ИИ*, что позволит сформировать у студентов навыки работы с техническим обеспечением для наиболее эффективного применения технологий ИИ.

В условиях стремительного развития технологий ИИ готовая учебная информация, связанная с применением таких технологий, быстро теряет актуальность, и передача преимущественно такого рода информации будущим учителям информатики суще-

ственно снизит эффективность их профессиональной подготовки. Это приводит к необходимости использования подходов и методов обучения, которые позволят осуществить переход от репродуктивного типа обучения к творческому через усиление характера исследовательской деятельности студентов. Проблемное обучение основано на использовании проблемных учебных задач, которые, как отмечает Т. А. Ильина, не имеют стандартного решения согласно некоторому алгоритму или образцу, они являются, прежде всего, поисковыми [22]. Проблемное обучение способствует развитию готовности обучающегося к самостоятельной деятельности [23]. Аналогичные цели могут достигаться с помощью эвристического обучения (В. И. Андреев [24], А. В. Хуторской [25] и др.). Особенность эвристического подхода к обучению заключается в достижении неизвестного заранее результата как учеником, так и учителем [26], что делает его «естественным» для организации обучения применению технологий ИИ, поскольку в области ИИ, в частности при изучении искусственных нейронных сетей, результаты могут быть непредсказуемыми, могут потребоваться множество экспериментов для достижения поставленной цели. Таким образом, **третьим условием** является *интеграция проблемного и эвристического обучения*, позволяющая изменить ориентацию типа обучения с репродуктивного на творческий через усиление исследовательского характера учебной деятельности.

Различные области ИИ и применяемые в них технологии могут быть изучены независимо друг от друга, что может способствовать реализации лично-ориентированного подхода. Реализации лично-ориентированного и лично-центрированного подходов к обучению может способствовать также построение электронного курса-конструктора, в котором учебный материал представлен в виде независимых разделов (модулей), что позволит эффективно организовать нелинейное обучение согласно индивидуальным потребностям обучающихся [27]. На основе этих положений было сделано предположение, что **четвертое условие** — *технологическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся и построения индивидуальных образовательных траекторий* через организацию электронного курса-конструктора средствами технологий дистанционного обучения, позволяющих преподавателю осуществлять педагогическое сопровождение студентов как в онлайн, так и в офлайн-режиме.

В условиях всеобщей цифровизации и популяризации дистанционного обучения возрастает значимость формирования и развития коммуникативной компетентности будущего учителя. В. А. Слостенин и Л. С. Подымова подчеркивают, что среди методов развития творческого потенциала учителя особое место занимает диалог, который строится как система проблемно-конфликтных вопросов [28]. В классических системах подготовки будущих учителей информатики в области ИИ [19, 20] метод контролирующего и развивающего диалога представлен слабо.

Как правило, ведущими средствами контроля знаний выступают тестовые задания преимущественно с выбором одного или нескольких вариантов ответа, факт сдачи практической работы и устная защита одного итогового проекта. При интеграции проблемного и эвристического обучения (третье условие) лабораторно-практические работы учебного курса должны включать в себя исследовательскую составляющую, т. е. являться небольшими исследовательскими работами, мини-проектами. Устное представление (защита) такой работы, на наш взгляд, позволит наиболее точно оценить степень понимания студентом учебного материала и полученных результатов и одновременно с этим может способствовать развитию коммуникативных навыков будущего педагога. Предполагаем, что **пятым условием** является *осуществление текущего контроля успеваемости обучающихся в форме устного представления выполненных лабораторно-практических работ.*

Заключительным, **шестым условием** является *изучение актуального языка программирования, применяющегося для разработок в области ИИ*, которое должно быть организовано перед подготовкой в области технологий ИИ, поскольку изучение программирования (особенностей и операторов языка программирования, алгоритмических структур и т. д.) само по себе является довольно трудоемким процессом, требующим от студента специальной организации и высокой внутренней мотивации. Применение языка программирования для работы с технологиями ИИ будет являться уже следующей ступенью профессиональной подготовки, подразумевающей наличие у студента необходимой «базы». В настоящее время актуальным языком программирования в области ИИ является Python 3.

#### 4. Критерии готовности будущих учителей информатики к применению технологий ИИ

Для определения уровня готовности будущего учителя информатики к применению технологий ИИ были разработаны критерии и оценочно-диагностический инструментарий. Методологической основой определения критериев послужил деятельностный подход, в соответствии с которым оценка готовности к применению технологий ИИ в профессиональной деятельности предполагает ответы на три вопроса:

1. «Способен ли бакалавр осуществлять деятельность по использованию технологий ИИ?» (или: «Владеет ли бакалавр навыками работы с технологиями ИИ?»).
2. «Способен ли бакалавр осуществлять деятельность по обучению использованию технологий ИИ?» (или: «На каком уровне у бакалавра сформированы навыки организации деятельности обучающихся по овладению знаниями, умениями и навыками, связанными с технологиями ИИ?»).
3. «Способен ли бакалавр осуществлять деятельность по использованию технологий ИИ в каче-

стве педагогических средств?» (или: «На каком уровне у бакалавра сформированы навыки владения технологиями ИИ, позволяющие ему применять эти технологии в качестве педагогических средств?»).

Выделены три группы критериев:

- 1) «владение технологиями ИИ», включающая в себя единственный критерий:
  - технологический — умение работать с технологиями ИИ для решения поставленных задач;
- 2) «готовность к обучению использованию технологий ИИ», критерии:
  - организационный — способность к созданию учебных заданий и учебных ситуаций по использованию технологий ИИ;
  - коммуникативный — способность представить информацию в устной и письменной формах, аргументировать свою позицию;
  - мотивационный — наличие внутренней мотивации к учебной и будущей профессиональной педагогической деятельности, стремление к самообразованию в области технологий ИИ;
- 3) «готовность к использованию технологий ИИ как педагогических средств», критерии:
  - мотивационный (см. выше);
  - когнитивный — сформированность системы знаний об основах функционирования и возможностях применения технологий ИИ, понимание причинно-следственных связей, умение выявлять закономерности;
  - деятельностный — степень самостоятельности при выполнении заданий с использованием технологий ИИ.

В соответствии с критериями были выделены уровни профессиональной готовности: репродуктивный, продуктивный и творческий (для технологического и организационного критериев); низкий, средний и высокий (для коммуникативного, мотивационного, когнитивного и деятельностного критериев). Описанные критерии и уровни позволили диагностировать уровни готовности будущих учителей информатики к применению технологий ИИ дифференцированно по группам критериев (для выявления индивидуальных проблемных зон), а также оценить их общий уровень готовности к использованию технологии ИИ в профессиональной педагогической деятельности.

На рисунке 1 представлены вышеозначенные компоненты готовности будущего учителя информатики к применению технологий ИИ.

#### 5. Экспериментальная проверка эффективности организационно-педагогических условий

Экспериментальная работа по проверке эффективности организационно-педагогических условий подготовки будущих учителей информатики к приме-





Рис. 1. Компоненты готовности бакалавра — будущего учителя информатики к применению технологий ИИ  
 Fig. 1. Components of readiness of a bachelor, a future informatics teacher, for the use of AI technologies

нению технологий ИИ проводилась в 2018–2021 годах на базе ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет» (НГПУ) и включала в себя четыре этапа: подготовительный, констатирующий, формирующий и контрольно-обобщающий.

На *подготовительном этапе* был разработан и внедрен в образовательный процесс НГПУ учебный практико-ориентированный курс «Технологии искусственного интеллекта», включающий в себя комплекс из 14 лабораторно-практических работ по темам «Интеллектуальный анализ данных», «Компьютерное зрение», «Обработка естественного языка», «Игровой искусственный интеллект», сопровождающихся необходимым минимумом теоретического материала и предполагающих решение учебных задач репродуктивного и продуктивного характера на языке программирования Python [5]; разработаны диагностические материалы.

На *констатирующем этапе* были сформированы экспериментальная и контрольная группы. В исследовании участвовали 127 студентов бакалавриата 4-го курса очной формы обучения следующих направлений и профилей подготовки: 44.03.01 «Педагогическое образование», профиль «Информатика и информационно-коммуникационные технологии» и 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профиль «Информатика и информационно-коммуникационные технологии и Экономическое образование»; 3-го курса очной формы обучения, направление 44.03.05, профили: «Информатика и информационно-коммуникационные технологии и Экономическое образование», «Математика и Информатика», «Физика и Информатика».

Численность выборочной совокупности студентов-бакалавров была определена наличием групп, изучающих технологии ИИ. Каждый учебный год в исследовании одновременно участвовало не менее двух учебных групп разных профилей: «Информатика и информационно-коммуникационные технологии» (ИКТ), «Информатика и информационно-коммуникационные технологии и Экономическое образование» (ИЭО), «Математика и Информатика» (МИ),

«Физика и Информатика» (ФИ). Внутри каждой из них проводился отбор студентов в экспериментальную и контрольную группу.

Для повышения точности оценки средних значений в процессе применения статистических методов в связи с малым количеством студентов бакалавриата в образованных экспериментальных и контрольных группах в рамках одного учебного года было решено объединить все экспериментальные и контрольные группы в две выборки: экспериментальную группу численностью 65 человек и контрольную группу численностью 62 человека.

В начале опытно-экспериментальной работы было проведено входное анкетирование всех участвующих в эксперименте студентов бакалавриата с использованием авторской анкеты, направленное на выявление у обучающихся опыта работы с технологиями ИИ и их возможной готовности к применению таких технологий в профессиональной педагогической деятельности. Анкета включала в себя следующие вопросы:

- 1) Знаете ли вы о применении каких-либо технологий искусственного интеллекта в повседневной жизни людей в настоящее время? (Да / Нет.) Если да, то приведите примеры (не более трех).
- 2) Имеете ли вы опыт работы с технологиями искусственного интеллекта? (Да / Нет.) Если да, то кратко опишите свой опыт.
- 3) Можете ли вы составить собственное учебное задание для школьника, предполагающее применение технологий искусственного интеллекта? (Да / Нет.) Если да, то кратко опишите такое задание.
- 4) Готовы ли вы применять технологии искусственного интеллекта в своей (будущей) профессиональной деятельности? (Да / Нет.). Если да, то какие именно и с какой целью. Если нет, то почему.
- 5) Опишите ваши ожидания от изучения дисциплины, связанной с искусственным интеллектом. Чему бы вы хотели научиться?

Анализ ответов студентов на вопросы разработанной анкеты позволил сделать следующие выводы.

- 1) Большая часть респондентов (примерно 90 %) имеют представление о применении технологий ИИ в повседневной жизни людей. Наиболее частые примеры: голосовые помощники (Siri, Алиса, Google Assistant), определение лиц с помощью видеочамер, сервисные чат-боты, поиск в интернете и подбор рекламы, технологии умного дома. Более редкие примеры: робот-пылесос, беспилотные автомобили, распознавание текста в документах, поиск людей по фотоснимкам. Менее 10 % респондентов не смогли привести примеры и ответили «нет».
- 2) Практически все респонденты (96 %) не имеют опыта разработки программ с использованием технологий ИИ. 67 % респондентов ответили, что не имеют опыта работы с технологиями ИИ; 29 % ответили, что имеют опыт как пользователи (из них 100 % указывали использование голосовых помощников либо наблюдение за работой неких «готовых программ»); 4 % респондентов указали, что создавали чат-боты.
- 3) Практически все респонденты (98 %) считают, что не могут составить собственное учебное задание для школьника, предполагающее применение технологий ИИ. Один из ответивших «да» респондентов в качестве задания указал генерацию портретов на специальных сайтах и дальнейший разбор с учениками возможных артефактов. Другой респондент указал в качестве задания работу в двух онлайн-сервисах, основанных на технологиях ИИ: «Quick, Draw!» и «AutoDraw».
- 4) Большинство респондентов (91 %) считают, что не могут применять технологии искусственного интеллекта в своей профессиональной деятельности, причем из них только около 20 % конкретизировали ответ «нет». Типичные причины: «нет, потому что еще не знаю, как они работают», «нет, поскольку я слишком мало на данный момент о них знаю», «пока не очень хорошо в этом разбираюсь», «нет, потому что не работаю в школе». Остальные респонденты (9 %) ответили «да», не конкретизируя используемые технологии ИИ и цели их использования либо указывая только цель (типичная цель — «проектная деятельность»).
- 5) Большая часть респондентов (68 %) не имеют конкретных ожиданий от изучения дисциплины, связанной с ИИ. Типичные ответы на вопрос «Чему бы вы хотели научиться?» данной группы респондентов: «хоть чему-то», «многому», «новому», «чему-то новому», «базовым знаниям», «затрудняюсь ответить». 18 % респондентов указали, что подобная дисциплина им не интересна. Около 5 % в целом также не имеют конкретного представления о том, что могло бы изучаться в рамках дисциплины, связанной с ИИ, и чему бы они

хотели научиться, но давали более развернутые ответы: «просто больше узнать об этой области», «понимать процессы работы ИИ» и т. п. Оставшиеся примерно 9 % респондентов при описании своих представлений связали изучение ИИ с программированием, что выражается в ответах: «программировать ИИ», «писать код для применения ИИ и видеть результат работы», «я хочу изучать языки программирования и в целом ИИ», «научиться программированию, а потом подробно изучать данную дисциплину».

Таким образом, входное анкетирование показало, что участвующий в исследовании контингент студентов-бакалавров — будущих учителей информатики в целом не имеет специфических для их профилей знаний, умений, навыков и способов деятельности, связанных с технологиями ИИ. В связи с этим предварительные знания студентов о технологиях ИИ и опыт работы с ними не могут быть значимыми характеристиками, которые стоит учитывать при отборе студентов в экспериментальную и контрольную группы.

Отбор студентов в экспериментальную и контрольную группы проводился на основе их академической успеваемости, выраженной результатами итоговой аттестации по ранее освоенным дисциплинам, имеющим, на наш взгляд, наиболее выраженные междисциплинарные связи непосредственно с учебным курсом «Технологии искусственного интеллекта» и ИИ как разделом науки информатики: «Программирование», «Дискретная математика», «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Компьютерная графика», «Иностранный язык» (английский), а также на основе результатов тестирования по программированию на языке Python 3 (который студенты изучали ранее в рамках дисциплины «Программирование»). Для подтверждения однородности экспериментальной и контрольной групп были использованы статистические методы: *F*-критерий Фишера и *t*-критерий Стьюдента.

На *формирующем этапе* была проведена апробация предложенных организационно-педагогических условий в процессе реализации курса «Технологии искусственного интеллекта» с последующей диагностикой уровней готовности будущих учителей информатики к применению технологий ИИ на основе представленных выше шести критериев. Учебные занятия как в контрольной, так и в экспериментальной группе проводились с соблюдением двух из шести предложенных организационно-педагогических условий: новое содержание дисциплины (технологический характер, изучение актуальных технологий ИИ) и изучение актуального языка в области ИИ (Python 3). Исключение влияния данных условий на контрольную группу невозможно, поскольку изучение неактуальных технологий ИИ и неактуальных или малоактуальных в данной области языков программирования очевидно снизит качество

## Диагностические методы

## Diagnostic methods

Критерии оценки уровней подготовки бакалавров — будущих учителей информатики к применению технологий ИИ	Методы диагностики	
	Экспериментальная группа	Контрольная группа
Технологический	Наблюдение за выполнением и фиксация факта выполнения студентами практических заданий, включенных в лабораторно-практические работы	
Организационный	Наблюдение за разработкой студентами учебного задания (конспекта урока) по применению технологий ИИ, фиксация факта разработки такого задания	
Коммуникативный	Беседа; устная защита студентами лабораторно-практических работ	Беседа; проверка электронного отчета о выполнении лабораторно-практической работы
Мотивационный	Анкетирование	
Когнитивный	Устная защита студентами лабораторно-практических работ; ответы студентов на вопросы итогового контроля	Проверка электронного отчета о выполнении лабораторно-практической работы; ответы студентов на вопросы итогового контроля
Деятельностный	Наблюдение за выполнением и фиксация самостоятельности выполнения студентами практических заданий, включенных в лабораторно-практические работы	

подготовки студентов в контрольной группе и сделает исследование не только бессмысленным, но и наносящим вред профессиональной подготовке будущих учителей информатики. Другие предложенные организационно-педагогические условия реализовывались только в экспериментальной группе, в то время как в контрольной группе условия были приближены к традиционным. Методы, применяемые для определения уровней готовности по коммуникативному и когнитивному критериям, частично различались у экспериментальной и контрольной групп в связи с различиями в логике построения учебных занятий. В таблице приведены диагностические методы в соответствии с критериями оценки уровней готовности.

Оценивание студентов по критериям осуществлялось по трехбалльным шкалам. На основе оценок по шести критериям выведены оценки по трем группам критериев (рис. 1) как средние арифметические оценок по критериям, соответствующих группе. Оценка общего уровня готовности будущего учителя информатики к применению технологий ИИ вычислялась как среднее арифметическое оценок по трем группам критериев.

На заключительном, *контрольно-обобщающем этапе* опытно-экспериментальной работы были произведены анализ, осмысление, визуализация и интерпретация данных, полученных в результате апробации организационно-педагогических условий в рамках курса «Технологии искусственного интеллекта». Для обработки результатов исследования был использован *t*-критерий Стьюдента для независимых выборок. Различия между результатами экспериментальной и контрольной групп по общему уровню готовности, а также по группам критериев «Готовность к обучению использованию технологий

ИИ» и «Готовность к использованию технологий ИИ как педагогических средств» статистически значимы при  $\leq 0,01$ . Это позволило сделать вывод, что учебный курс «Технологии искусственного интеллекта», разработанный с учетом предложенных организационно-педагогических условий, способствует качественным изменениям профессиональной подготовки будущих учителей информатики к применению технологий ИИ. Однако наличие значимых различий между результатами экспериментальной и контрольной групп по группе критериев «Владение технологиями ИИ» (технологическому критерию) не подтвердилось, что, на наш взгляд, связано с соблюдением двух из шести апробируемых условий в обеих группах. Таким образом, при соблюдении данных условий студенты в обеих группах показали примерно равный уровень владения технологиями ИИ, т. е. уровень развития способности к осуществлению деятельности по использованию технологий ИИ, но без педагогической составляющей такой деятельности.

Соотношение общих уровней готовности будущих учителей информатики к применению технологий ИИ в экспериментальной и контрольной группах представлено на рисунке 2.

По *технологическому критерию* количество студентов с творческим уровнем готовности в экспериментальной группе на 7 % превысило количество таких студентов в контрольной группе, а студентов с репродуктивным уровнем в экспериментальной группе оказалось на 2 % меньше (рис. 3).

Можно констатировать, что, несмотря на отсутствие значимых различий в результатах согласно *t*-критерию, качество подготовки в экспериментальной группе все же выше, чем в контрольной (что, вероятно, является случайностью).

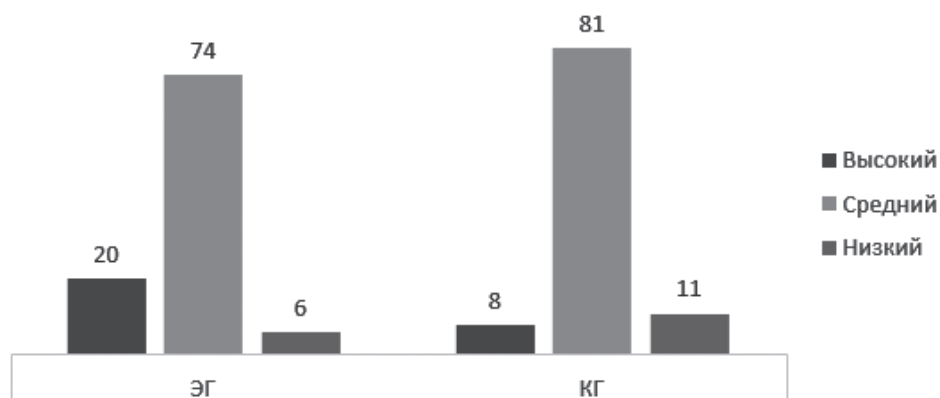


Рис. 2. Результаты определения общего уровня готовности в экспериментальной и контрольной группах

Fig. 2. The results of determining the overall level of readiness in the experimental and control groups



Рис. 3. Результаты определения уровня готовности

по технологическому критерию в экспериментальной и контрольной группах

Fig. 3. The results of determining the level of readiness

in the experimental and control groups according to the technological criterion

По *организационному критерию* количество студентов с творческим уровнем готовности в экспериментальной группе на 13 % превысило количество таких студентов в контрольной, причем в контрольной группе количество студентов с творческим уровнем готовности составило только 10 %. Одновременно с этим в экспериментальной группе на 25 % меньше

студентов, показавших репродуктивный уровень готовности по данному критерию (рис. 4).

По *коммуникативному критерию* количество студентов с высоким уровнем готовности в экспериментальной группе составило 31 % против 16 % в контрольной. В то же время количество студентов с низким уровнем готовности по данному критерию



Рис. 4. Результаты определения уровня готовности

по организационному критерию в экспериментальной и контрольной группах

Fig. 4. The results of determining the level of readiness

in the experimental and control groups according to the organizational criterion



Рис. 5. Результаты определения уровня готовности по коммуникативному критерию в экспериментальной и контрольной группах

Fig. 5. The results of determining the level of readiness in the experimental and control groups according to the communicative criterion

в экспериментальной группе оказалось на 7 % меньше, чем в контрольной (рис. 5).

Можно сделать вывод, что внедрение предложенных организационно-педагогических условий и разработанного с их учетом авторского курса «Технологии искусственного интеллекта» позволяет получить более высокие результаты в рамках подготовки будущих учителей информатики к обучению использованию технологий ИИ. На наш взгляд, более высоких результатов по организационному и коммуникативному критериям удалось достичь, прежде всего, через активное включение в процесс обучения обязательных для выполнения учебных задач проблемно-поискового и эвристического характера, а также за счет осуществления текущего контроля обучающихся в форме устного представления выполненных заданий.

Для оценки уровней готовности по *мотивационному критерию* была использована авторская анкета, которая включала в себя 18 высказываний, отношение к которым следовало выразить респондентам по четырехбалльной шкале (4 — верно; 3 — скорее верно, чем неверно; 2 — скорее неверно, чем верно; 1 — неверно):

- 1) изучение технологий искусственного интеллекта в педагогическом вузе полезно для будущего учителя;
- 2) мне интересно выполнять задания по применению технологий ИИ;
- 3) возможности технологий ИИ вызывают у меня восхищение;
- 4) если сразу не удастся выполнить задание по применению какой-либо технологии ИИ, я стараюсь разобраться, либо найти и применить альтернативную технологию ИИ для решения поставленной задачи;
- 5) планирую в будущем обучать применению технологий ИИ, например, в рамках внеурочной или проектной деятельности в школе;
- 6) планирую в будущем использовать технологии ИИ в качестве педагогических средств;

- 7) стараюсь следить за новостями о появлении новых технологий ИИ и их внедрением в различные сферы жизни человека (либо у меня возник интерес к таким новостям);
- 8) появление новых программных библиотек и сервисов для применения технологий ИИ побуждает меня опробовать их на практике;
- 9) мне интересно изучать профильную литературу, посвященную ИИ / смотреть тематические видеоролики, в том числе обучающие (либо планирую заняться изучением такой литературы / просмотром таких видеороликов);
- 10) в свободное время пробую создавать компьютерные программы с использованием технологий ИИ (либо планирую иногда практиковаться в создании таких программ);
- 11) в современном мире важно иметь представление о том, как работают те или иные технологии ИИ;
- 12) учитель информатики, владеющий технологиями ИИ, будет иметь больший авторитет у своих учеников, чем учитель, которой такими технологиями не владеет;
- 13) я готов(-а) изучать технологии ИИ, прежде всего, ради востребованных знаний и навыков, а не ради зачета или оценки за экзамен;
- 14) меня привлекают перспективы применения технологий ИИ в моих творческих проектах;
- 15) владение технологиями ИИ может повысить мою конкурентоспособность как учителя на рынке труда;
- 16) если технологии ИИ не будут включены в содержание основной образовательной программы по информатике, я все равно постараюсь познакомить своих заинтересованных учеников с ними, например, в рамках факультативных занятий;
- 17) высокая сложность или трудоемкость учебного задания по применению конкретных технологий ИИ не является для меня причиной полного отказа от их изучения;

18) я готов(-а) заняться изучением нового языка программирования, если это необходимо для применения интересующей меня технологии ИИ.

На основе анкеты определялся обобщенный уровень мотивации, являющийся средним значением уровней сформированности трех разновидностей мотивации:

- мотивация к изучению новой информации в области технологий ИИ (высказывания 2, 3, 7, 11, 13, 17);
- мотивация к применению технологий ИИ в будущей профессиональной деятельности (1, 5, 6, 12, 15, 16);
- мотивация к самообразованию в области технологий ИИ (4, 8, 9, 10, 14, 18).

В итоге по *мотивационному критерию* в экспериментальной группе доля студентов с низким обобщенным уровнем мотивации уменьшилась с 17 % до 8 % (на 9 %), а доля студентов с высоким обобщенным уровнем увеличилась с 9 % до 21 % (на 12 %). В то же время в контрольной группе доля студентов с низким уровнем уменьшилась с 22 % до 19 % (на 3 %), а доля студентов с высоким уровнем увеличилась с 18 % до 23 % (на 5 %). Соотношения долей студентов в экспериментальной и контрольной группах по уровням обобщенной мотивации до и после эксперимента показаны на рисунках 6 и 7 соответственно.

Таким образом, применение всего комплекса разработанных организационно-педагогических условий в экспериментальной группе оказало более эффективное воздействие на развитие мотивации к изучению технологий ИИ и их применению в будущей профессиональной деятельности.

Стоит отметить, что в процессе эксперимента обучающиеся экспериментальной группы неоднократно указывали на то, что наибольший интерес у них вызывают учебные задания, предполагающие использование аудиовизуальных средств реализации технологий ИИ, особенно веб-камер, в лабораторно-практических работах по компьютерному зрению. Вероятно, именно по этой причине большая часть обучающихся экспериментальной группы (83 %) при разработке собственного творческого задания (конспекта урока) выбирали тему «Компьютерное зрение» с обязательным использованием веб-камеры. Остальные 17 % обучающихся разрабатывали задания по распознаванию и синтезу речи с использованием микрофонов и звуковоспроизводящих устройств. На наш взгляд, возможность применения аудиовизуальных средств при выполнении лабораторно-практических работ оказала существенное положительное влияние на освоение обучающимися экспериментальной группы технологий ИИ, что отразилось на более высоких результатах по организационному и мотивационному критериям по сравнению с контрольной группой.

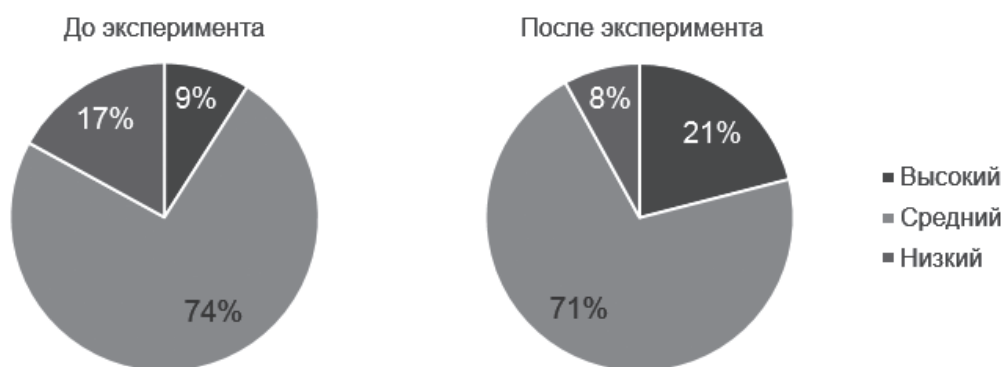


Рис. 6. Количество студентов в экспериментальной группе по обобщенным уровням мотивации

Fig. 6. The number of students in the experimental group by generalized levels of motivation

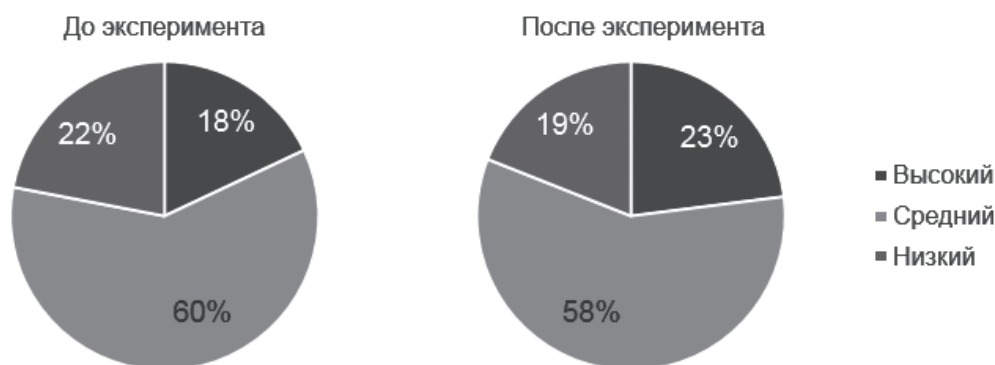


Рис. 7. Количество студентов в контрольной группе по обобщенным уровням мотивации

Fig. 7. The number of students in the control group by generalized levels of motivation



Рис. 8. Результаты определения уровня готовности по когнитивному критерию в экспериментальной и контрольной группах  
Fig. 8. The results of determining the level of readiness in the experimental and control groups according to the cognitive criterion

По когнитивному критерию количество студентов с высоким уровнем готовности в экспериментальной группе на 24 % превысило количество таких студентов в контрольной. При этом в экспериментальной группе на 6 % меньше студентов, показавших низкий уровень готовности по данному критерию, чем в контрольной. В контрольной группе студентов с низким уровнем готовности оказалось 19 % (рис. 8).

По деятельностному критерию количество студентов с высоким уровнем готовности в экспериментальной группе на 15 % превысило количество таких студентов в контрольной группе. Вместе с тем в экспериментальной группе на 30 % меньше студентов, показавших низкий уровень готовности по данному критерию, чем в контрольной. В контрольной группе студентов с низким уровнем готовности оказалось более половины — 53 % (рис. 9).

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что внедрение предложенных организационно-педагогических условий и разработанного с их учетом авторского курса «Технологии искусственного интеллекта» позволяет повысить эффективность профессиональной подготовки будущих учителей информатики к использованию технологий ИИ как педагогических средств. По нашему мнению, полученные результаты объяснимы доминированием проблемно-поисковых и эвристических методов в обучении студентов экспе-

риментальной группы в совокупности с возможностью построения обучающимися индивидуальных образовательных траекторий, что оказало положительное влияние на формирование и развитие у будущих учителей информатики навыков самоорганизации.

Результаты внедрения курса «Технологии искусственного интеллекта», разработанного с учетом предложенных организационно-педагогических условий, показали, что он позволил продемонстрировать обучающимся связи ИИ с другими науками и сферами человеческой деятельности; актуализировать изучение востребованного языка программирования Python 3; вызвать интерес и повысить внутреннюю мотивацию будущих учителей информатики к изучению технологий ИИ и их применению в профессиональной педагогической деятельности, в частности с помощью активного использования аудиовизуального технического обеспечения для повышения визуализации изучаемых методов и процессов, усиления их зрелищности; создать условия для реализации индивидуального подхода к каждому обучающемуся через обеспечение возможности формирования индивидуальных образовательных траекторий и применение метода учебной беседы; вовлечь обучающихся в процесс активной поисковой и творческой деятельности с использованием проблемно-поисковых и эвристических методов. Вы-



Рис. 9. Результаты определения уровня готовности по деятельностному критерию в экспериментальной и контрольной группах  
Fig. 9. The results of determining the level of readiness in the experimental and control groups according to the activity criterion

шеперечисленное оказало положительное влияние на освоение современных технологий ИИ будущими учителями информатики и повышение уровня их профессиональной подготовки.

Анализ, осмысление и интерпретация данных, полученных в ходе опытно-экспериментальной работы, позволили доказать перспективность профессиональной подготовки будущих учителей информатики в области современных технологий ИИ с учетом разработанных организационно-педагогических условий; расширить информационную базу для профессиональной подготовки бакалавров педагогического образования соответствующих профилей в области ИИ; разработать рекомендации и подготовить учебные пособия для совершенствования профессиональной подготовки будущих учителей информатики в педагогических вузах.

## 6. Заключение

Представленные нами выводы не претендуют на окончательное и исчерпывающее решение исследуемой проблемы. Исследование может быть продолжено в следующих направлениях: выявление иных организационно-педагогических условий и методов диагностики уровня готовности будущего учителя информатики к применению технологий ИИ; выявление потенциала и разработка организационно-педагогического обеспечения профессиональной подготовки будущих педагогов непрофильных специальностей к применению технологий ИИ.

### Список источников / References

1. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года). Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731>

[Decree of the President of the Russian Federation of 10.10.2019 No. 490 “Development of Artificial Intelligence in the Russian Federation” (together with the National Strategy for the Development of Artificial Intelligence Up to the Year 2030 in the Russian Federation). (In Russian.) Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731>]

2. Каракозов С. Д., Маняхина В. Г. Python как базовый язык обучения программированию в школе. *Информатика в школе*. 2020;(1):26–30. DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-1-26-30

[Karakozov S. D., Manyahina V. G. Python as a basic language for teaching programming in school. *Informatics in School*. 2020;(1):26–30. (In Russian.) DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-1-26-30]

3. Босова Л. Л. Программирование как инструмент формирования вычислительного мышления обучающихся. *Информатика в школе*. 2020;(10):4–10. DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-10-4-10

[Bosova L. L. Coding as a tool for forming computational thinking of students. *Informatics in School*, 2020;(10):4–10. (In Russian.) DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-10-4-10]

4. Хеннер Е. К. Педагогическое сопровождение профессионального самоопределения старшеклассников на ИТ-профессии. *Образование и наука*. 2021;(8):37–60. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-8-37-60

[Henner E. K. Pedagogical support for professional self-determination of high school students in it professions.

*Education and Science*. 2021;(8):37–60. (In Russian.) DOI: 10.17853/1994-5639-2021-8-37-60]

5. Розов К. В. О необходимости изменения содержания профессиональной подготовки будущего учителя информатики в области искусственного интеллекта. *Информатика и образование*. 2020;35(4):12–26. DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-4-12-26

[Rozov K. V. About the need to change the content of professional training of a future informatics teacher in artificial intelligence. *Informatics and Education*. 2020;35(4):12–26. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-4-12-26]

6. Vazhayil A. et al. Focusing on Teacher Education to Introduce AI in Schools: Perspectives and Illustrative Findings. *2019 IEEE Tenth International Conference on Technology for Education (T4E)*. IEEE, 2019:71–77. DOI: 10.1109/T4E.2019.00021

7. Садыкова А. Р., Левченко И. В. Искусственный интеллект как компонент инновационного содержания общего образования: анализ мирового опыта и отечественные перспективы. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования*. 2020;17(3):201–209. DOI: 10.22363/2312-8631-2020-17-3-201-209

[Sadykova A. R., Levchenko I. V. Artificial intelligence as a component of innovative content of general education: analysis of world experience and domestic prospects. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Informatization of education*. 2020;17(3):201–209. (In Russian.) DOI: 10.22363/2312-8631-2020-17-3-201-209]

8. Chen L., Chen P., Lin Z. Artificial Intelligence In Education: A Review. *IEEE Access*. 2020;(8):75264–75278. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2988510

9. Gunawan K. D. H. et al. The responses to artificial intelligence in teacher integrated science learning training program. *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, 2021;2098(1):1–5. DOI: 10.1088/1742-6596/2098/1/012034

10. AI-ACADEMY Академия искусственного интеллекта для школьников. Режим доступа: <https://ai-academy.ru/> [AI-ACADEMY Artificial Intelligence Academy for Schoolchildren. (In Russian.) Available at: <https://ai-academy.ru/>]

11. Программа Intel® AI for Youth «Технологии искусственного интеллекта для каждого». Режим доступа: <https://ai.mob-edu.ru/>

[Program Intel® AI for Youth «Artificial Intelligence Technologies for Everyone». (In Russian.) Available at: <https://ai.mob-edu.ru/>]

12. Левченко И. В., Садыкова А. Р. Системно-деятельностный подход к обучению искусственному интеллекту в основной школе. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования*. 2021;18(2):162–171. DOI: 10.22363/2312-8631-2021-18-2-162-171

[Levchenko I. V., Sadykova A. R. System and activity approach to learning artificial intelligence in basic school. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Informatization of education*. 2021;18(2):162–171. (In Russian.) DOI: 10.22363/2312-8631-2021-18-2-162-171]

13. Левченко И. В. Формирование информационных компетенций при освоении школьниками технологий искусственного интеллекта. *Шамовские педагогические чтения научной школы Управления образовательными системами. Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции*. М.: Международная академия наук педагогического образования, 5 за знания; 2021:380–384.

[Levchenko I. V. Formation of information competencies in the development of artificial intelligence technologies by schoolchildren. *Shamov Pedagogical Readings of the Scientific School of Educational Systems Management. Collection of articles of the XIII International Scientific and Practical Conference*. Moscow: International Academy of Sciences of Pedagogical Education, 5 for knowledge; 2021:380–384. (In Russian.)]

14. Методические рекомендации по обучению искусственному интеллекту в основной школе: учебно-методи-



ческое пособие / И. В. Левченко [и др.]. М.: Образование и Информатика; 2021. 48 с.

[Levchenko I. V. et al. Methodological recommendations for teaching artificial intelligence in basic school: teaching aid. Moscow, Education and Informatics; 2021. 48 p. (In Russian.)]

15. Кондратьева В. А. Особенности обучения искусственному интеллекту в основной школе средствами языка программирования Python. *Открытая наука 2021. Сборник материалов научной конференции с международным участием*. М.; 2021:248–253. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_46273707\\_10873086.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_46273707_10873086.pdf)

[Kondrat'eva V. A. Features of teaching artificial intelligence in basic school using the Python programming language. *Open Science 2021. Proceedings of a scientific conference with international participation*, Moscow, 2021:248–253. (In Russian.) Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_46273707\\_10873086.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_46273707_10873086.pdf)]

16. Даниленко С. В., Мартынюк Ю. М., Ванькова В. С. Содержание дисциплины «Системы искусственного интеллекта» в подготовке будущего учителя информатики. *Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе. Материалы международной научно-практической интернет-конференции. Московский педагогический государственный университет*. М.: 2020:83–86. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_44186173\\_77650735.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_44186173_77650735.pdf)

[Danilenko S. V., Martyniuk Yu. M., Van'kova V. S. The content of the discipline "Artificial Intelligence Systems" in the preparation of the future teacher of informatics. *Actual problems of teaching methods of computer science and mathematics in modern schools. Materials of the international scientific and practical Internet conference. Moscow State Pedagogical University*, Moscow, 2020:83–86. (In Russian.) Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_44186173\\_77650735.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_44186173_77650735.pdf)]

17. Жигалова О. П. К вопросу о подготовке учителя информатики в области искусственного интеллекта. *Вестник педагогического опыта*. 2019;44:97–101. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_39267198\\_53914773.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_39267198_53914773.pdf)

[Zhigalova O. P. On the issue of training a teacher of informatics in the field of artificial intelligence. *Pedagogical experience bulletin*. 2019;44:97–101. (In Russian.) Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_39267198\\_53914773.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_39267198_53914773.pdf)]

18. Пермское отделение Научного Совета Российской академии по методологии искусственного интеллекта. Лабораторный практикум по ИИ. Приложение к учебно-методическому комплексу. Режим доступа: <http://www.lbai.ru>

[Perm branch of the Scientific Council of the Russian Academy on the methodology of artificial intelligence. AI lab. Application to the educational-methodical complex. (In Russian.) Available at: <http://www.lbai.ru>]

19. Исаева Г. Г. Подготовка будущего педагога профессионального обучения к использованию элементов искусственного интеллекта: на примере отрасли «Информатика, вычислительная техника и компьютерные технологии»: дис. ... канд. пед. наук. Махачкала, 2013. 194 с.

[Isaeva G. G. Preparation of the future teacher of vocational training for the use of elements of artificial intelligence: The industry "Informatics, computer engineering and computer technology" as an example. Cand. ped. sci. diss. Makhachkala, 2013. 194 p. (In Russian.)]

20. Широких А. А. Методическая система подготовки учителя информатики по основам искусственного интеллекта: дис. ... канд. пед. наук. Пермь, 2007. 177 с.

[Shirokikh A. A. Methodical training system for an informatics teacher on the basics of artificial intelligence. Cand. ped. sci. diss. Perm, 2007. 177 p. (In Russian.)]

21. Артюхина М. С., Артюхин О. И., Клешина И. И. Аппаратная составляющая интерактивных

технологий образовательного назначения. *Вестник Казанского технологического университета*. 2014;(8):308–314. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_21591273\\_93344705.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_21591273_93344705.pdf)

[Artyuhina M. S., Artyuhin O. I., Kleshnina I. I. Hardware component of interactive educational technologies. *Kazan Technological University Bulletin*. 2014;(8):308–314. (In Russian.) Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_21591273\\_93344705.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_21591273_93344705.pdf)]

22. Ильина Т. А. Проблемное обучение — понятие и содержание. *Вестник высшей школы*. 1976;(2):39–48.

[Il'ina T. A. Problem-based learning — concept and content. *Higher School Bulletin*. 1976;(2):39–48. (In Russian.)]

23. Кудрявцев Т. В. Психология технического мышления: процесс и способы решения технических задач. М.: Педагогика; 1975. 304 с.

[Kudryavcev T. V. Psychology of technical thinking: the process and methods of solving technical problems. Moscow, Pedagogy; 1975. 304 p. (In Russian.)]

24. Андреев В. И. Эвристика для творческого саморазвития. Казань: Центр инновационных технологий; 1994. 246 с.

[Andreev V. I. Heuristics for creative self-development. Kazan, Center for Innovative Technologies; 1994. 246 p. (In Russian.)]

25. Хуторской А. В. Практикум по дидактике и современным методикам обучения. СПб.: Питер; 2004. 541 с.

[Hutorskoj A. V. Workshop on didactics and modern teaching methods. Saint Petersburg, Peter; 2004. 541 p. (In Russian.)]

26. Хуторской А. В. Проблемное обучение: советский период. *Вестник Института образования человека*. 2017;(2):1–19. Режим доступа: <https://eidos-institute.ru/journal/2017/200/Eidos-Vestnik2017-219-Khutorskoj.pdf>

[Hutorskoj A. V. Problem Learning: Soviet Period. *Bulletin of the Institute of Human Education*. 2017;(2):1–19. (In Russian.) Available at: <https://eidos-institute.ru/journal/2017/200/Eidos-Vestnik2017-219-Khutorskoj.pdf>]

27. Пак Н. И., Петрова И. А., Пушкарева Т. П. Электронный курс-конструктор как средство организации личностно-центрированного обучения студентов. *Современные проблемы науки и образования*. 2018;(2):1–12. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_34954697\\_80291573.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_34954697_80291573.pdf)

[Pak N. I., Petrova I. A., Pushkareva T. P. Electronic course-designer as a means of organization of personal-centered student training. *Modern Problems of Science and Education*, 2018;(2):1–12. (In Russian.) Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_34954697\\_80291573.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_34954697_80291573.pdf)]

28. Сластиenin В. А., Подымова Л. С. Готовность педагога к инновационной деятельности. *Сибирский педагогический журнал*. 2007;(1):42–49. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_11687141\\_95522744.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_11687141_95522744.pdf)

[Slastenin V. A., Podymova L. S. The teacher's readiness for innovation. *Siberian Pedagogical Journal*. 2007;(1):42–49. (In Russian.) Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_11687141\\_95522744.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_11687141_95522744.pdf)]

#### Информация об авторе

Розов Константин Владимирович, старший преподаватель кафедры информационных систем и цифрового образования, Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0001-5231-8035>; *e-mail*: [konstantin\\_dubrava@mail.ru](mailto:konstantin_dubrava@mail.ru)

#### Information about the author

Konstantin V. Rozov, Senior Lecturer at the Department of Information Systems and Digital Education, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0001-5231-8035>; *e-mail*: [konstantin\\_dubrava@mail.ru](mailto:konstantin_dubrava@mail.ru)

Поступила в редакцию / Received: 25.12.2021.

Поступила после рецензирования / Revised: 18.02.2022.

Принята к печати / Accepted: 22.02.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-64-77

# ФОРМИРОВАНИЕ ИКТ-КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ МАТЕМАТИКИ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТОХАСТИКЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Л. П. Латышева<sup>1</sup> ✉, А. Ю. Скорнякова<sup>1</sup>, Е. Л. Черемных<sup>1</sup>, Т. Д. Лаптева<sup>1</sup>, Е. В. Мельникова<sup>1</sup><sup>1</sup> Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия

✉ latisheva@pspu.ru

## Аннотация

Включение в вузовскую подготовку специалиста педагогической сферы авторского курса по изучению функциональных возможностей Электронной пермской образовательной системы (ЭПОС) способствует развитию умения работать в цифровой среде в основном и дополнительном образовании. Преподавание обозначенного курса ориентировано на использование технологий, связанных с реализацией образовательного инжиниринга, в настоящее время вышедшего за рамки технических специальностей и распространившегося на сферу подготовки специалистов в области педагогического дизайна, проектирования образовательных программ и траекторий. Особое внимание в данном курсе уделяется формированию ИКТ-компетенций будущих учителей при разработке цифровых продуктов в процессе изучения профильных дисциплин и курсов по выбору, в частности, таких как «Теория вероятностей и математическая статистика», «Электронная пермская образовательная система», реализуемых на основе применения компетентностно-ориентированного, проектного и инжинирингового подходов. Демонстрируется возможность аккумуляции последних в работе студенческих проектных мастерских в кластере Библиотеки ЭПОС. Результатом деятельности таких мастерских предполагается востребованный в реальной практике обучения и имеющий перспективы дальнейшего использования студентом уже в роли учителя после окончания вуза цифровой образовательный продукт (ЦОП): сценарий урока, электронный тест или другой учебный контент. Формируются специальные задания для студентов, нацеленные на формирование и диагностику ИКТ-компетентности будущих учителей математики в Пермском педагогическом университете. Как правило, выполнение задания включает в себя следующие этапы: разработку аннотации, создание паспорта и предметного содержания ЦОП, организацию апробации, представление презентации, защиту и публикацию разработанных материалов в ЭПОС. Приведено описание диагностики ИКТ-компетентности будущего учителя математики по трем ее компонентам: общепользовательскому, общепедагогическому и предметно-педагогическому.

**Ключевые слова:** педагогическое образование, цифровая трансформация образования, учитель математики, ИКТ-компетентность, проектная деятельность, инжиниринг.

## Для цитирования:

Латышева Л. П., Скорнякова А. Ю., Черемных Е. Л., Лаптева Т. Д., Мельникова Е. В. Формирование ИКТ-компетенций будущего учителя математики при обучении стохастике в условиях цифровой трансформации образования. *Информатика и образование*. 2022;37(2):64–77. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-64-77

## FORMATION OF ICT COMPETENCIES OF A FUTURE MATHEMATICS TEACHER WHEN TEACHING STOCHASTICS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

L. P. Latysheva<sup>1</sup> ✉, A. Yu. Skornyakova<sup>1</sup>, E. L. Cheremnykh<sup>1</sup>, T. D. Lapteva<sup>1</sup>, E. V. Melnikova<sup>1</sup><sup>1</sup> Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia

✉ latisheva@pspu.ru

## Abstract

The inclusion of the author's course of studying the functionality of the "Electronic Perm Educational System" (EPES) in the university training of a pedagogical sphere specialist contributes to the development of the ability to work in a digital environment in basic and additional education. The teaching of this course is focused on the use of technologies related to the implementation of educational engineering, which has now gone beyond the scope of technical specialties and has spread to the field of training specialists

in the field of pedagogical design, design of educational programs and trajectories. Particular attention in this course is paid to the formation of ICT competencies of future teachers in the development of digital products in the process of studying specialized disciplines and elective courses, in particular, such as “Probability theory and mathematical statistics”, “Electronic Perm Educational System”, implemented on the basis of competence oriented, design and engineering approaches. The possibility of accumulation of these approaches in the work of student design workshops in the EPES Library cluster is demonstrated. As a result of the activities of such workshops, a digital educational product (DEP) is supposed to be needed in real learning practice and has prospects for further use by the student already in the role of a teacher after graduation: a lesson script, an electronic test or other educational content. Special tasks for students are characterized, aimed at developing and diagnosing the ICT competence of future mathematics teachers at the Perm Pedagogical University. Usually, the solving of the task includes the following stages: development of annotations, creation of a passport and subject content of the DEP, organization of approbation, presentation, defense and publication of the developed materials in EPES. The description of diagnostics of ICT competence of a future mathematics teacher in three of its components is given: general user, general pedagogical and subject-pedagogical.

**Keywords:** teacher education, digital transformation of education, mathematics teacher, ICT competence, project activities, engineering.

**For citation:**

Latysheva L. P., Skorniyakova A. Yu., Cheremnykh E. L., Lapteva T. D., Melnikova E. V. Formation of ICT competencies of a future mathematics teacher when teaching stochastics in the context of digital transformation of education. *Informatics and Education*. 2022;37(2):64–77. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-64-77

## 1. Введение

Важным качеством современного специалиста является умение работать в цифровой среде. В образовании необходимость данного качества особенно ярко проявилась в период самоизоляции в 2020 году, когда многие учебные заведения перешли на дистанционный формат работы. С учетом происходящей цифровой трансформации образования в Российской Федерации акцентируется внимание на формировании ИКТ-компетенций будущих учителей [1]. При этом одно из важнейших направлений цифровой трансформации высшего педагогического образования связано с пересмотром его содержания, что подразумевает не только изучение цифровых инструментов, платформ, технологий как необходимых элементов профессиональной деятельности, но и формирование определенного стиля мышления, позволяющего проектировать и создавать новые образовательные продукты [2, 3]. Сегодня все чаще в педагогической среде используется термин «образовательный инжиниринг» [4] (хотя появился он еще в середине прошлого столетия [5]), понимаемый как применение инженерного мышления в образовании, внедрение инженерного подхода в практику образования, конструирования объектов в соответствии с образовательными задачами [6]. Но именно в настоящее время с развитием новых технологий образовательный инжиниринг вышел за рамки технических специальностей (инженеров-программистов, разработчиков обучающих электронных программ, электронных курсов, образовательных онлайн-платформ), распространяясь на сферу подготовки специалистов в области педагогического дизайна [7], проектирования образовательных программ, образовательных траекторий [8]. В отличие от научно-исследовательского инженерный подход в образовании не предполагает обязательной новизны решения, а ориентирован на создание образовательного продукта в соответствии с заданными целями на основе уже имеющихся концепций, технологий и методик. В частности, создание продукта может осуществляться специалистом на основе знаний

в области педагогического проектирования и уже имеющихся в арсенале цифровых инструментов, конструкторов [9]. Важными характеристиками специалиста в области инжиниринга являются креативные качества, умение находить нестандартные подходы к решению поставленных задач. Поэтому одной из составляющих образовательной подготовки становится обучение дизайн-проектированию и дизайн-мышлению. Основными задачами инжиниринга в производстве, экономике являются ускорение разработки продукта, его соответствие заявленным требованиям и снижение стоимости работ. Аналогичные задачи также ставятся и перед образовательным инжинирингом, хотя они не являются преобладающими в области дидактики. Технология инжиниринга приобретает сегодня все большую популярность, в ряде образовательных организаций есть опыт обучения ей школьников. Поэтому для будущего учителя важно знать основные ее принципы и получить определенный опыт соответствующей деятельности еще на этапе профессионального обучения [10].

Одновременно с этим согласно краевому проекту «Цифровая образовательная среда» в 2021 году все школы Пермского края начали взаимодействие с Электронной пермской образовательной системой (ЭПОС) [11]. Поэтому актуальным является включение в вузовскую подготовку специалиста образовательной сферы курса по изучению функциональных возможностей Школы ЭПОС, Библиотеки ЭПОС и важных особенностей использования цифровой образовательной среды в основном и дополнительном образовании [12]. В рамках освоения многих учебных дисциплин в Пермском государственном гуманитарно-педагогическом университете (ПГПУ) студент готовит всевозможные методические материалы. Предлагаемый курс демонстрирует возможность их аккумуляции в кластере Библиотеки ЭПОС и дальнейшего использования созданных в статусе студента сценариев уроков, электронных тестов и прочего учебного контента в будущем уже в роли учителя после окончания университета. Изучив возможности Библиотеки ЭПОС (с разными образовательными материалами), будущий учитель увидит, как можно

сделать свои уроки более интерактивными и интересными, что вовлечет учеников в активную учебную работу. Студент самостоятельно сможет создавать образовательный контент и загружать его в Библиотеку ЭПОС. Изучение функциональных возможностей ЭПОС позволит студенту — будущему учителю — подготовить уникальный образовательный контент для изучения стохастики, который в дальнейшем смогут использовать и его коллеги. Ключевым этапом в формировании ИКТ-компетенций будущих учителей является совершенствование навыков разработки цифровых продуктов при изучении дисциплин по выбору: «Дистанционные технологии в обучении математике», «Облачные технологии в обучении математике», «Электронная пермская образовательная система». В основу их изучения положен проектный метод [13, 14]. В частности, в рамках последней из указанных дисциплин учебная самостоятельная деятельность студентов организуется в форме проектных онлайн-мастерских, результатом работы которых должен стать востребованный в реальной практике обучения цифровой образовательный продукт (ЦОП). Ниже проиллюстрируем обозначенные идеи характеристикой основных особенностей формирования ИКТ-компетенций у будущих учителей математики

при изучении теории вероятностей и математической статистики.

## 2. Характеристика этапов формирования ИКТ-компетенций будущих учителей при изучении стохастики

Формирование ИКТ-компетенций у будущих учителей математики осуществлялось, в частности, на занятиях курсов «Теория вероятностей и математическая статистика» и «Электронная пермская образовательная система», предусмотренных учебным планом по направлению 44.03.05 «Педагогическое образование», по профилю «Математика и Информатика».

Электронная пермская образовательная система ЭПОС интегрирована со средой Moodle (рис. 1). Начиная с изучения базовых профильных дисциплин, студенты знакомятся с принципами работы на указанной платформе.

Так, после записи онлайн-занятия по теории вероятностей учитель (преподаватель) может выложить ее на курс в соответствующий блок, например, с помощью элемента управления «Внешний инструмент» (рис. 2).

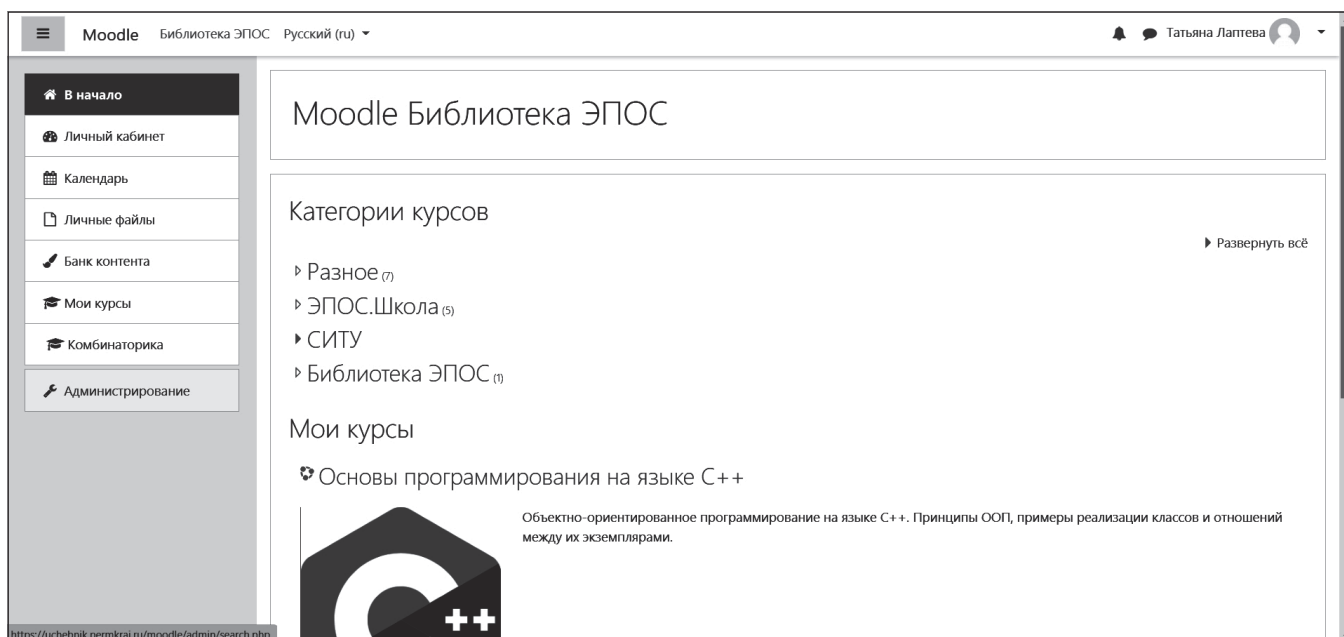


Рис. 1. Интерфейс главной страницы Moodle Библиотека ЭПОС

Fig. 1. Interface of the main page of the Moodle of the EPES Library system



Рис. 2. Размещение записи онлайн-занятия в курсе теории вероятностей и математической статистики в качестве внешнего инструмента

Fig. 2. Posting an online lesson record in the course of probability theory and mathematical statistics as an external tool

Наличие в курсе на платформе <https://moodle.pspu.ru/> видео-материалов с занятий, проведенных в Teams, позволяет более эффективно организовать учебную деятельность в условиях смешанного обучения. При этом часть заданий курса теории вероятностей и математической статистики предусматривает самостоятельное создание студентами элементов обучающего контента (интерактивных заданий, тестов и т. п.) на основе доступных интернет-инструментов и сервисов. Примером служит разработанный с помощью Google Формы входной тест по разделу «Комбинаторика», предназначенный для использования в условиях дистанционного обучения (рис. 3), который был апробирован в одной из групп на аудиторном занятии.

Впоследствии его результаты были проанализированы и представлены обучающимся (рис. 4).

На старших курсах при изучении дисциплин по выбору («Дистанционные технологии в обучении математике», «Облачные технологии в обучении математике», «Электронная пермская образовательная система») кроме освоения различных интернет-

### Входной контроль по элементам комбинаторики, изучаемым в рамках дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика»

\* Обязательно

Задания для входного контроля по элементам комбинаторики, изучаемым в рамках дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика»

Критерии оценивания предложенного тестирования следующие:  
14-15 баллов (1 балл начисляется за 1 верно отвеченный вопрос) – отметка «отлично», 11-13 баллов – отметка «хорошо», 8-10 баллов – отметка «удовлетворительно» и менее 8 баллов – отметка «неудовлетворительно».

Как называется раздел математики, в котором изучаются вопросы выбора или расположения элементов множества в соответствии с заданными правилами? \*

Мой ответ \_\_\_\_\_

Сколько четырёхбуквенных слов можно составить, взяв алфавит, состоящий из трёх букв а, в, с, при условии, что буквы могут повторяться? (Под словом понимается любая последовательность из нескольких букв данного алфавита) \*

81

18

11

6

Рис. 3. Страница с вопросами входного контроля перед изучением элементов комбинаторики

Fig. 3. The page with the questions of input control before studying the elements of combinatorics

Результаты входного теста	№ задания															Итог.балл	Отметка
	№ студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	11	4
2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	8	3
3	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	10	3
4	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	9	3
5	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	10	3
6	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	12	4
7	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	12	4
8	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	12	4
9	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	10	3
10	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	12	4
11	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	9	3
12	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	8	3
13	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	12	4

Рис. 4. Результаты входного тестирования студентов группы дневного отделения

Fig. 4. The results of entrance testing of full-time students

инструментов и совершенствования умений работы с ними студенты получают навыки проектирования цифровых образовательных продуктов [15] в соответствии с заданными характеристиками [16]. Поэтому самостоятельная учебная деятельность в рамках указанных дисциплин предусматривает обязательную проектную командную работу [17], итогом которой является полное усвоение учебного содержания (табл. 1).

В ходе изучения материалов курса студенты выполняют задания в несколько этапов: разработка аннотации, создание паспорта и предметного содержания ЦОП, организация апробации, представление презентации, защита и публикация разработанных материалов в ЭПОС (табл. 2).

В начале изучения курса «Электронная пермская образовательная система» обучающиеся делятся на проектные команды, анализируют представленные в Библиотеке ЭПОС материалы конкретного содержания какой-либо математической дисциплины (например, теории вероятностей) и определяют тему для разработки ЦОП (в указанном случае — из предметной области «Стохастика») с обоснованием ее выбора. Работа в команде предполагает распределение ролей и задач по разработке материалов ЦОП. Участники проектных команд также знакомятся с различными образовательными цифровыми ресурсами и прогнозируют применение ЦОП в условиях смешанного или дистанционного обучения в образовательной практике, подбирают цифровые материалы (видео, тесты, задания) для разработки предметного содержания электронного сценария урока.

Далее в ходе выполнения проектной деятельности осваиваются возможности Библиотеки ЭПОС для информационной поддержки обучения математике в школе, изучаются интерфейс и коллекции соответствующих электронных образовательных материалов. Ключевым элементом создания ЦОП является разработка паспорта цифрового образовательного продукта по модульному принципу, позволяющему конструировать урок по выбранным учителем

## Содержание дисциплины «Электронная пермская образовательная система»

## The content of the discipline "Electronic Perm Educational System"

Содержание раздела	Самостоятельная учебная деятельность	Содержание работы проектной команды
1. Цифровая образовательная среда. Обзор современных дистанционных образовательных технологий (ДОТ). Особенности и возможности использования ДОТ в обучении математике. Виды и содержание цифрового образовательного контента. Платформы для создания онлайн-курсов. Место и роль дистанционных технологий обучения математике в современной школе. Электронное обучение. Цифровые образовательные ресурсы. Библиотека ЭПОС как часть региональной информационно-коммуникационной системы ЭПОС: структура библиотеки, система поиска, создание методических материалов, возможности использования в учебном процессе	Обзор и сравнение цифровых образовательных ресурсов для проведения урока математики: Российская электронная школа, ЯКласс, Стенфорд, Фоксфорд, Учи.ру и др. Цифровые образовательные ресурсы. Сравнительный анализ и самостоятельное изучение интернет-ресурсов и сервисов для создания интерактивных упражнений (Kahoot, Learnis, LearningApps.org, Onlinetestpad и др.). Регистрация и знакомство с интерфейсом сервиса LearningApps. Настройка учетной записи пользователя в Библиотеке ЭПОС. Изучение интерфейса и коллекции электронных обучающих материалов (ЭОМ) Библиотеки ЭПОС. Поиск материалов для учителя математики в каталоге Библиотеки ЭПОС	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Анализ существующих ЦОП;</li> <li>• выбор актуальной темы предлагаемого к разработке ЦОП;</li> <li>• подбор цифровых ресурсов для разработки ЦОП;</li> <li>• распределение ролей и задач между участниками команды;</li> <li>• планирование этапов разработки ЦОП.</li> </ul> <p>Результат работы: аннотация предлагаемых к разработке цифровых образовательных продуктов</p>
2. Смешанное обучение как способ реализации персонализированного обучения на основе компетентностного подхода. Понятие смешанного обучения. Гибридные модели смешанного обучения: ротация станций, ротация лабораторий, «перевернутый класс». Прорывные модели смешанного обучения. Выбор модели. Проектирование изучения темы в смешанном обучении. Обзор технических и методических требований к электронным образовательным материалам, которые планируется размещать в Библиотеке ЭПОС	Изучение опыта применения технологий смешанного обучения на основе дополнительных интернет-источников. Особенности отбора и структурирования электронного учебного материала для смешанного обучения математике в основной школе. Особенности создания электронных образовательных материалов в Библиотеке ЭПОС. Работа с нормативными и методическими материалами по созданию ЭОМ в Библиотеке ЭПОС. Наполнение Библиотеки ЭПОС аудио-, видеофайлами, приложениями. Изучение технологии разработки электронного сценария урока смешанного обучения. Знакомство с Конструктором электронного сценария в Библиотеке ЭПОС	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Подбор предметного содержания ЦОП;</li> <li>• работа с образовательными цифровыми ресурсами по созданию элементов ЦОП;</li> <li>• подготовка первичного варианта ЦОП;</li> <li>• разработка паспорта ЦОП.</li> </ul> <p>Результат работы: паспорт ЦОП и его предметное содержание</p>
3. Алгоритм разработки дистанционного урока математики. Технологическая карта дистанционного урока. Критерии, оценки и требования, предъявляемые к дистанционному уроку математики. Особенности и возможности использования Библиотеки ЭПОС для создания теста и электронного сценария урока	Разработка технологической карты урока смешанного обучения. Изучение видов, принципов разработки тестовых заданий и построения тестов, предъявляемых требований. Изучение современных платформ для организации онлайн-тестирования, их сравнительный анализ. Изучение видов, принципов построения, предъявляемых требований к интерактивным заданиям. Изучение современных платформ для онлайн-выполнения интерактивных заданий, их сравнительный анализ. Разработка теста на платформе <a href="https://onlinetestpad.com/">https://onlinetestpad.com/</a> и в Конструкторе тестов Библиотеки ЭПОС	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Разработка элементов контроля в форме тестовых и интерактивных заданий;</li> <li>• межкомандная перекрестная проверка подготовленного ЦОП;</li> <li>• доработка ЦОП;</li> <li>• оформление ЦОП в соответствии с требованиями Библиотеки ЭПОС.</li> </ul> <p>Результат работы: апробация ЦОП</p>
4. Смешанное обучение. Игровая форма деятельности в условиях цифровой образовательной среды. Системы управления проектами в режиме онлайн	Информационная поддержка дистанционного курса обучения математике в школе. Анализ разработанного ЦОП на соответствие требованиям к ЭОМ, размещаемым в Библиотеке ЭПОС	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Презентация и защита ЦОП;</li> <li>• межкомандная дискуссия по результатам разработки ЦОП;</li> <li>• рефлексия по итогам деятельности;</li> <li>• передача материалов ЦОП для размещения в Библиотеке ЭПОС.</li> </ul> <p>Результат работы: презентация, защита, публикация материалов ЦОП</p>

## Шаблоны для выполнения заданий

## The templates for completing tasks

Аннотация образовательного цифрового ресурса «Сценарий урока»	Паспорт цифрового образовательного продукта
<p>Тема урока _____            Проектная мастерская № _____            Выбранный для разработки этап урока _____</p> <p><b>ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Охарактеризуйте назначение цифрового образовательного ресурса.</li> <li>Опишите предполагаемую деятельность ученика при использовании цифрового ресурса.</li> <li>Сделайте макет соответствующего цифрового образовательного продукта</li> </ol>	<p>Тема _____            Проектная мастерская № _____            Уважаемые коллеги, выполните следующее:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>заполните п. 1 (он обязателен для всех) и пункт по Вашему этапу;</li> <li>продублируйте все в соответствующем документе Google.</li> </ol> <p>1. Общая характеристика продукта            Цель и тип урока.            Класс.            Планируемые результаты.</p> <p>2. Общие рекомендации по использованию продукта в учебном процессе по этапам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>актуализация знаний;</li> <li>мотивация;</li> <li>изучение нового;</li> <li>закрепление;</li> <li>домашнее задание;</li> <li>рефлексия</li> </ul>

параметрам (этапам урока, его целям, содержанию изучаемого материала, методам и приемам организации учебной работы и др.).

Дальнейшая разработка ЦОП осуществляется с учетом требований Библиотеки ЭПОС и с учетом специфики командного взаимодействия тьюторов. Затем проводится анализ разработанного ЦОП на соответствие требованиям к ЭОМ, размещаемым в Библиотеке ЭПОС.

Управление командным взаимодействием осуществляется с помощью платформы YouGile (рис. 5). Достоинством этого ресурса является доступность всего функционала в бесплатном тарифе. Однако есть существенный минус — ограничение по количеству приглашенных членов команды — до 10 человек. Этот недостаток не явился критичным для реализации проектной деятельности в рамках данной учебной дисциплины, поскольку состав каждой мастерской был ограничен четырьмя членами команды. Капитан каждой команды, создавая собственную учетную запись, приглашал также, кроме членов проектной мастерской, эксперта (преподавателя), который мог наблюдать за ее деятельностью, вносить коррективы.

Приведем использующиеся в курсе «Электронная пермская образовательная система» примеры заданий на формирование ИКТ-компетенций будущих учителей математики [17].

**Пример 1.** Изучите материалы [18–21], видео: [https://www.youtube.com/watch?v=RQYH\\_NYveBE&t=183s](https://www.youtube.com/watch?v=RQYH_NYveBE&t=183s), пользуясь интернет-поиском, найдите дополнительные материалы по теме «Модель смешанного обучения “перевернутый класс” и ее применение в образовательном процессе». Ответьте на вопросы: каковы отличительные особенности данной

модели от других моделей смешанного обучения? Каковы особенности ее применения в обучении математике? Определите ключевые этапы разработки сценария урока с элементами смешанного обучения по данной модели и подготовьте краткое сообщение для следующего очного семинара.

**Пример 2.** Пользуясь интернет-поиском, найдите пример цифрового образовательного продукта, который может использоваться в смешанном (очном, дистанционном) обучении математике. Критически оцените возможность применения данного продукта в учебном процессе (соответствие требованиям ФГОС, возрастным особенностям обучающихся, техническим характеристикам и др.). Также проанализируйте, насколько эффективным может быть его использование в обучении. Охарактеризуйте необходимые учителю навыки для создания, разработки подобного цифрового образовательного продукта, соотнесите их с уровнем собственных ИКТ-компетенций [22].

**Пример 3.** Перейдите по ссылке <https://uchebnik.permkrai.ru/catalogue> и проанализируйте основные, представленные в ЭПОС [23] цифровые продукты по математике [24, 25]. Выберите в коллекции одну из презентаций к уроку математики и проанализируйте ее описание, содержание и оформление с учетом требований: а) педагогического дизайна; б) предъявляемых к размещению материалов в ЭПОС. Составьте чек-лист проверки ключевых требований и заполните его для данной презентации.

**Пример 4.** Перейдите по ссылке <https://uchebnik.permkrai.ru/catalogue> и проанализируйте основные, представленные в ЭПОС цифровые продукты по теме «Элементы комбинаторики и теории вероятностей».

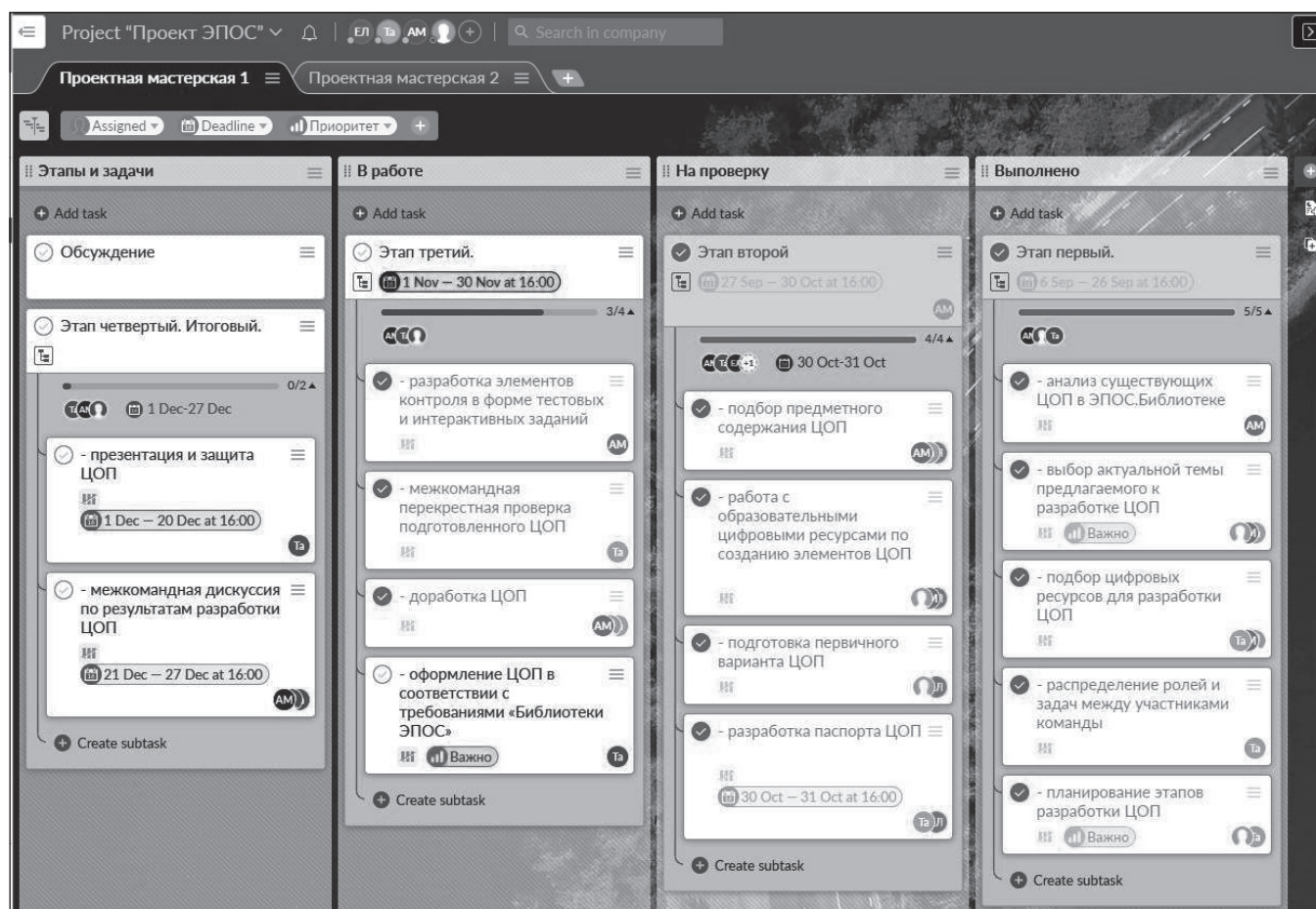


Рис. 5. Организация командного взаимодействия на платформе YouGile  
 Fig. 5. Organization of team interaction on the YouGile platform

Оцените полноту представленных в Библиотеке материалов. На основе проделанного анализа определите тему урока, для которого ваша команда будет создавать ЦОП. Подготовьте описание ЦОП в форме аннотации, в которой укажите тему, цель и задачи урока, обоснование выбора применяемых ИКТ и организационных форм учебной деятельности.

**Пример 5.** Определите ответственных в команде за содержательные аспекты проекта (по этапам уро-

ка, по разделам пособия или сборника), техническое оформление материала, отправку подготовленных материалов на сайт проекта и др. Используя шаблон, составьте первичный Паспорт ЦОП.

**Пример 6.** Разработайте тестовое задание в Библиотеке ЭПОС «Заполнение таблицы», направленное на закрепление знаний по выбранной теме. В качестве образца используйте задание по теме «Математическая статистика. Шкалы» (рис. 6).

Вопрос

В таблице представлены свойства измерительных шкал. Если данный тип шкалы обладает следующим свойством, то в нужной ячейке напишите "да", в противном случае - "нет"

Задание

5 x 5	Номинальная шкала	Порядковая шкала	Интервальная шкала	Абсолютная шкала
Умножение/Деление				
Сложение/Вычитание				
Отношения ">,<"				
Отношения "=", ≠				

Рис. 6. Задание на заполнение таблицы по теме «Свойства измерительных шкал»  
 Fig. 6. The task for filling the table on the topic "Properties of measuring scales"



**Инструкция по выполнению задания 6.** Для создания аналогичного задания следует:

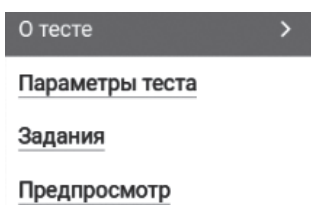
1. Зайти в Библиотеку ЭПОС и выбрать «Мои материалы».



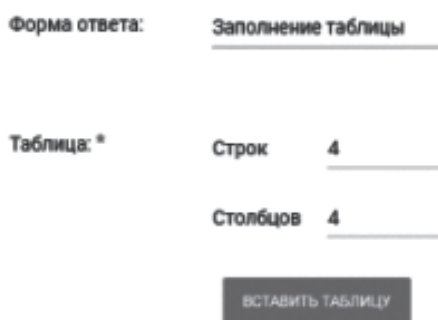
2. Выбрать вкладку «Добавить материал». Далее «Тест».



3. Задать определенные параметры теста.



4. Во вкладке «Форма ответа» выбрать «Заполнение таблицы». Указать количество столбцов и строк.



5. Выделить ячейки таблицы, которые учащимся необходимо будет заполнить в режиме выбора правильного ответа.

РЕДАКТИРОВАНИЕ ТАБЛИЦЫ      РЕЖИМ ВЫБОРА ПРАВИЛЬНОГО ОТВЕТА

	⋮		⋮
⋮			
⋮			
⋮			

6. Сохранить задание.



**Пример 7.** Разработайте этапы урока «Усвоение нового знания», используя раздел «Сценарий урока» Библиотеки ЭПОС. В качестве образца приводится сценарий урока по теме «Элементы комбинаторики» (рис. 7).

**Инструкция по выполнению задания 7.** Для создания аналогичного задания следует:

1. Зайти в Библиотеку ЭПОС и выбрать «Мои материалы».



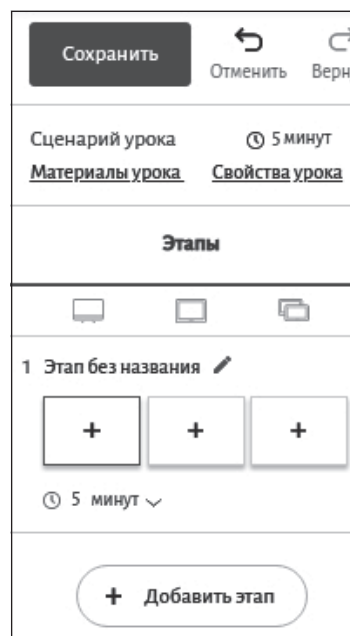
2. Выбрать вкладку «Добавить материал». Далее «Сценарий урока».



3. Задать определенные параметры урока во всех вкладках, а именно: «Основная информация», «Работа в конструкторе», «Дополнительная информация».



4. Сформировать структуру своего урока (этапы).



5. Разработать слайды урока. Имеется возможность работы с:
  - текстом;
  - изображениями;
  - аудио- и видеофайлами;
  - приложениями;
  - гиперссылками (в том числе на собственные материалы библиотеки ЭПОС).



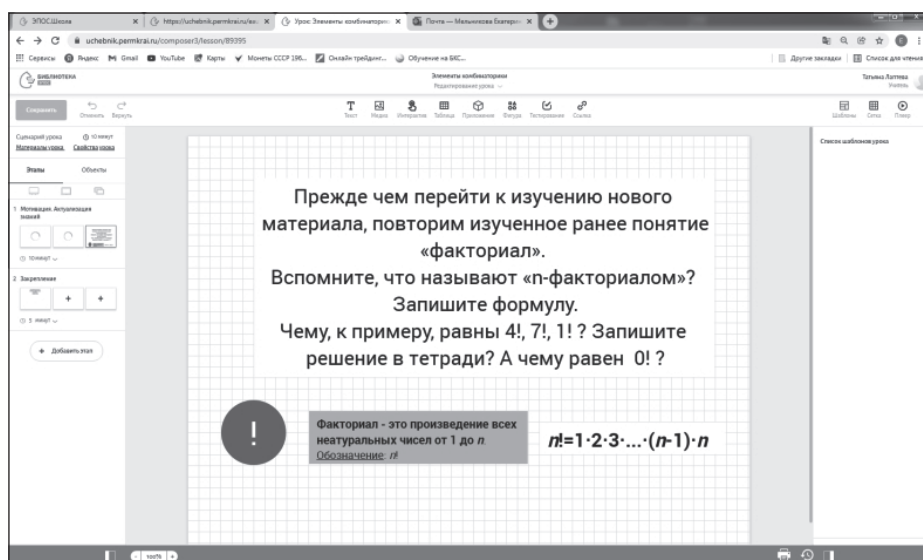
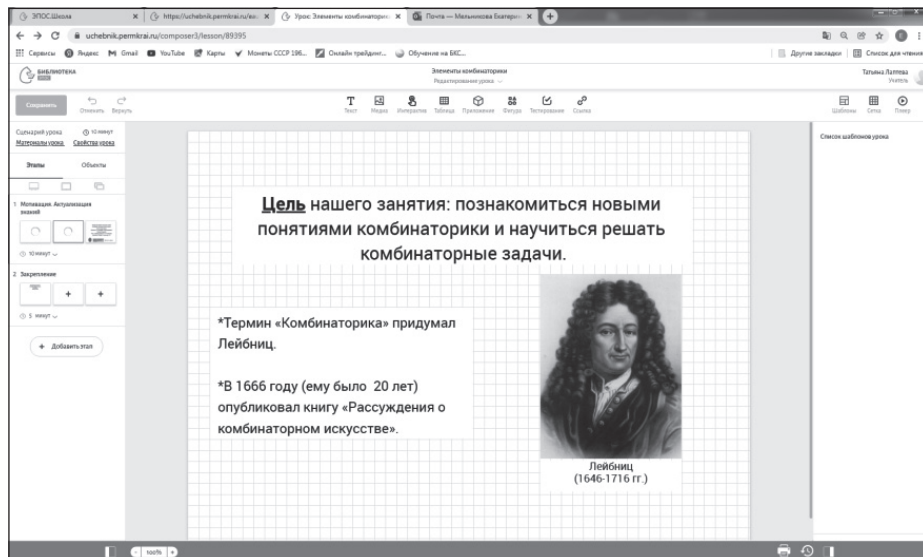
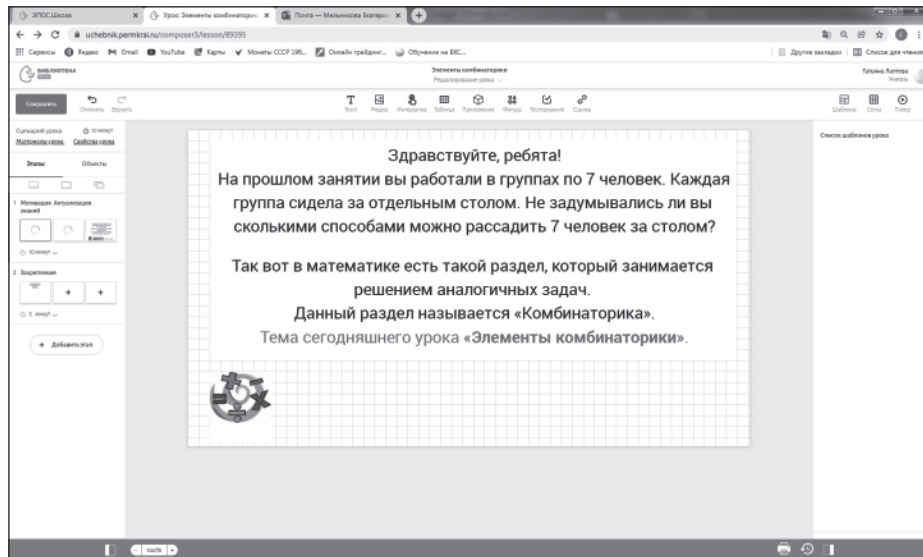
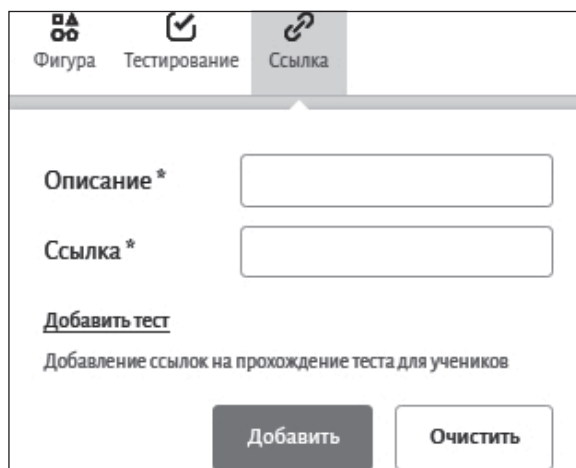
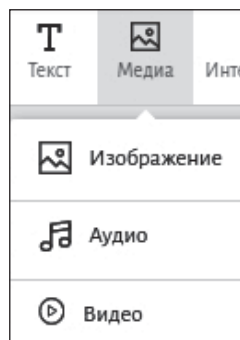
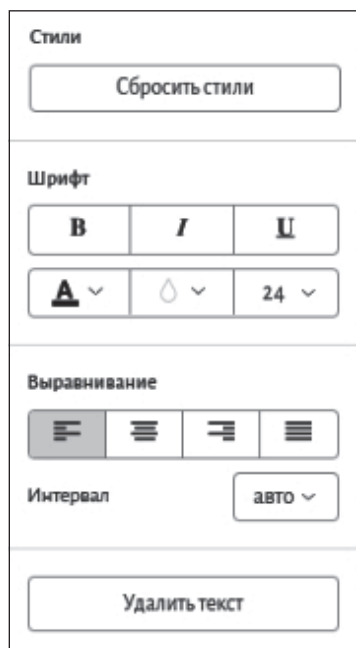


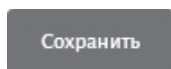
Рис. 7. Этап мотивации и актуализации знаний по теме «Элементы комбинаторики»

Fig. 7. The stage of motivation and updating of knowledge on the topic "Elements of combinatorics"

Таблица 3 / Table 3



6. Сохранить сценарий.



На заключительном этапе выполнения задания в проектной мастерской проводятся презентация и защита авторского ЦОП [26], который оценивается в соответствии с критериями, приведенными в чек-листе (табл. 3). На основе полученных баллов осуществляется аттестация по курсу.

**Чек-лист оценки ЦОП**

**Checklist for DEP evaluation**

Критерии качества методической разработки (ЦОП)	Балл 1/2/3
Актуальность ЦОП, соответствие требованиям ФГОС общего образования, целевым образовательным ориентирам и требованиям к цифровизации школьного образования	
Методическая новизна: использование новых или нестандартных методических подходов, приемов и т. п.	
Оптимальность содержания ЦОП, соответствие основной идее	
Соответствие заявленным возрастным особенностям обучающихся	
Характер содержания ЦОП, направленный на создание обучающимися продуктов деятельности, деятельностно-развивающий характер разработки	
Оригинальность представленного материала, творческий характер работы	
Новизна (использование цифровых и/или электронных инструментов и сервисов, интерактивность, проблемность)	
Стилевые характеристики ЦОП: доступность, наглядность, системность, эстетичность, эргономичность	
Познавательная и практическая ценность для пользователей Библиотеки ЭПОС	
Возможность применения ЦОП в педагогической практике	
Примечание: выставляется отметка «зачтено», если проектная команда набрала не менее 16 баллов	

**3. О диагностике сформированности ИКТ-компетенций будущих учителей при изучении стохастики**

Диагностика формируемых ИКТ-компетенций будущего учителя математики осуществлялась по направлениям сформированности трех компонентов: общепользовательского, общепедагогического и предметно-педагогического.

При оценке сформированности *общепользовательского компонента* ИКТ-компетентности будущего учителя математики авторы статьи опирались на следующий перечень элементов содержания обучения: создание цифрового контента; работа с текстовыми редакторами, электронными таблицами и презентациями; создание мультимедиа-ресурсов; работа с браузерами и электронной почтой; просмотр, поиск, фильтрация и оценка данных, информации и цифрового контента; коммуникация и сотрудничество посредством цифровых технологий; поль-

зование цифровыми медиа, социальными сетями, мессенджерами; работа с данными: использование различных видов данных, обработка и анализ данных, безопасность при использовании цифровых технологий; защита персональных данных от мошенников и вредоносного программного обеспечения; защита устройств и цифрового контента; защита здоровья и благополучия в процессе использования цифровых технологий.

При оценке сформированности *общепедагогического компонента* ИКТ-компетентности учитывались элементы содержания: инструменты и сервисы для создания цифровых образовательных ресурсов; мультимедийное и цифровое оборудование в образовательном процессе (компьютеры, интерактивные доски и панели, документ-камеры, шлемы виртуальной реальности, 3D-принтеры, цифровые лаборатории и др.); образовательные программы с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий; современные способы оценивания с использованием информационно-коммуникационных технологий (онлайн-тестирование, ведение электронных форм документации, в том числе электронного журнала и дневников обучающихся); проектная деятельность обучающихся с использованием информационных ресурсов и сервисов.

При оценке сформированности *предметно-педагогического компонента* ИКТ-компетентности опора была сделана на такие элементы содержания, как цифровые образовательные ресурсы (источники, инструменты, сервисы) в обучении математике; интерактивное оборудование и сквозные технологии Национальной технологической инициативы на уроке математики (большие данные, технологии виртуальной и дополненной реальности); ИКТ в организации практической и исследовательской деятельности обучающихся на уроках математики;

ИКТ для формирования познавательной мотивации на уроках математики; ИКТ для реализации дифференцированного подхода в обучении математике, для осуществления контроля и оценки предметных результатов обучающихся по математике.

Диагностическая работа включает 15 заданий разного уровня сложности (табл. 4).

Приведем фрагмент диагностической работы.

*Задание. Прочитайте текст и установите последовательность.*

В процессе изучения элективного курса дается задание осуществить проект. При выполнении проекта необходимо последовательно:

- произвести опрос пожеланий учеников, присутствующих на занятии;
- осуществить запись веб-камерой интервью с отсутствующими в классе учениками;
- изобразить чертеж центра отдыха с указанием размеров;
- создать интерактивную презентацию;
- обсудить результаты проекта.

Для реализации проекта предполагается использовать онлайн-ресурсы:

- 1) онлайн-сервис для создания инфографики Venngage;
- 2) Video Recorder для онлайн записи веб-камерой;
- 3) пост в профессиональном сообществе ВКонтакте;
- 4) онлайн-сервис в Prezi;
- 5) ресурс Survio.

Запишите в таблицу приведенного ниже образца соответствующую последовательность цифр слева направо в том порядке, в котором соответствующие ресурсы предполагается использовать при реализации проекта.

--	--	--	--	--	--

Таблица 4 / Table 4

**Распределение заданий диагностической работы по трудовым действиям профессионального стандарта «Педагог»**  
**Distribution of the tasks of the diagnostic work on labor actions of the Professional Standard "Teacher"**

Обобщенные трудовые функции	Трудовые функции	Трудовые действия	Номер задания
Наименование	Наименование		
Педагогическая деятельность по проектированию и реализации образовательного процесса в образовательных организациях дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования	Общепедагогическая функция. Обучение	Формирование навыков, связанных с информационно-коммуникационными технологиями	1, 2, 3, 4, 5
		Формирование мотивации к обучению	14
		Планирование и проведение учебных занятий	6, 7, 8, 11, 12
		Организация, осуществление контроля и оценки учебных достижений, текущих и итоговых результатов освоения основной образовательной программы обучающимися	9, 15
		Формирование универсальных учебных действий	10, 13

Приведем пример задания, направленного на оценку предметно-педагогической ИКТ-компетентности учителя математики.

*Задание. Прочитайте текст и установите соответствие.*

С целью повышения мотивации и эффективности усвоения материала по теме «Теория вероятностей» планируется создать серию интерактивных заданий. Соотнесите учебное задание с предлагаемым для его реализации в сервисе LearningApps типом создаваемого задания.

К каждой позиции, данной в левом столбце, указанной ниже таблицы подберите соответствующую позицию из правого столбца.

	Формулировка задания		Тип задания в LearningApps
А	расположи событие по порядку, начиная с меньшей его вероятности	1	найди пару
Б	для каждого события найди значение соответствующей ему вероятности	2	классификация
В	соотнеси примеры событий и формул для нахождения их вероятностей. Перегачи карточки с примерами из верхнего ряда на свои места	3	хронологическая линейка
Г	распредели события по двум группам: достоверные и невозможные	4	соответствия в сетке
Д	вставь пропущенные числа в текст с задачами на вычисление вероятностей	5	заполнить пропуски
		6	викторина

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

А	Б	В	Г	Д

#### 4. Заключение

Несомненным достоинством идей воплощения в практику подготовки учителей математики в условиях цифровой трансформации образования элементов технологий инжиниринга и проектной деятельности, проиллюстрированных отмеченными выше особенностями, на наш взгляд, является их мультипликативность, дающая синергетический эффект в повышении уровня ИКТ-компетентности. Первичный опыт реализации представленной модели обучения показал необходимость и востребованность интеграции педагогического образования с ключевыми направлениями развития региональной информационной образовательной среды.

#### Список источников / References

1. Роберт И. В. Цифровая трансформация образования: вызовы и возможности совершенствования. *Информатизация образования и науки*. 2020;(3(47)):3–16.  
[Robert I. V. Digital transformation of education: challenges and opportunities for improvement. *Informationization of Education and Science*. 2020;(3(47)):3–16. (In Russian.)]
2. Robert I. V., Mukhametzyanov I. Sh., Kastornova V. A. Pedagogical and ergonomic conditions for the formation of information educational space. *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EEA 2019. International Conference "Education Environment for the Information Age"*. 2019;(16):647–654. DOI: 10.15405/epsbs.2019.09.02.74
3. Роберт И. В. Направления развития информатизации отечественного образования периода цифровых информационных технологий. *Электронные библиотеки*. 2020;(23(1-2)):145–164. DOI: 10.26907/1562-5419-2020-23-1-2-145-164  
[Robert I. V. Directions of development of informatization of domestic education in the period of digital information technologies. *Electronic libraries*. 2020;(23(1-2)):145–164. (In Russian.) DOI: 10.26907/1562-5419-2020-23-1-2-145-164]
4. Груздев М. В., Тарханова И. Ю., Энзельдт Н. В. Образовательный инжиниринг: концептуализация понятия. *Ярославский педагогический вестник*. 2019;(5(110)):8–15. DOI: 10.24411/1813-145X-2019-10516  
[Gruzdev M. V., Tarkhanova I. Yu., Enzeldt N. V. Educational engineering: conceptualization of the concept. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*. 2019;(5(110)):8–15. (In Russian.) DOI: 10.24411/1813-145X-2019-10516]
5. Anderson R. The Role of Educational Engineer. *Journal of Educational Sociology*. 1961;34(8):377–381.
6. Michael W. M., Wen-chi V. W. Educational Engineering for CALL and MALL. *Epoch Making in English Language Teaching and Learning*. 2016;14:115–125.
7. Schunn C. Engineering education Design. *Educational designer*. 2008;(1(1)):1–21. Available at: <http://www.educationaldesigner.org/ed/volume1/issue1/article2>
8. Зиннурова А. Ф., Габдулхаков В. Ф. Педагогические условия реализации образовательного инжиниринга в высшей школе. *Современные проблемы науки и образования*. 2021;1:1–5. DOI: 10.17513/spno.30447  
[Zinnurova A. F., Gabdulkhakov V. F. Pedagogical conditions for the implementation of educational engineering in higher education. *Modern Problems of Science and Education*. 2021;1:1–5. (In Russian.) DOI: 10.17513/spno.30447]
9. Андрюхина Л. М. Образовательный инжиниринг в контексте цифровизации. *Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: Материалы 24-й Международной научно-практической конференции*. 2019:17–22. Режим доступа: [https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/28923/1/978-5-8295-0646-9\\_2019\\_003.pdf](https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/28923/1/978-5-8295-0646-9_2019_003.pdf)
10. Смирнов Е. И. Фундирование опыта педагога-математика в контексте современных достижений в науке. *Образование через всю жизнь: непрерывное образование в интересах устойчивого развития. Материалы второго этапа 15-й международной научно-практической конференции*. 2017:225–228.  
[Smirnov E. I. Foundation of the experience of a teacher-mathematician in the context of modern achievements in science. *Lifelong learning: continuing education for sustainable development. Materials of the second stage of the 15th Inter-*

*national Scientific and Practical Conference*. 2017:225–228. (In Russian.)

11. Институт развития образования. Библиотека ЭПОС. Режим доступа: [http://iro.perm.ru/proekty\\_sub3\\_sub3.html](http://iro.perm.ru/proekty_sub3_sub3.html)

[Institute of Education Development. The EPES Library. (In Russian.) Available at: [http://iro.perm.ru/proekty\\_sub3\\_sub3.html](http://iro.perm.ru/proekty_sub3_sub3.html)]

12. Латышева Л. П., Скорнякова А. Ю., Черемных Е. Л. Цифровые инструменты повышения качества математического образования в педагогическом вузе. *Развитие общего и профессионального математического образования в системе национальных университетов и педагогических вузов. Материалы 40-го Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов (Брянск)*. 2021:181–184.

[Latysheva L. P., Skorniyakova A. Yu., Cheremnykh E. L. Digital tools for improving the quality of mathematical education in a pedagogical university. *Development of general and professional mathematical education in the system of national universities and pedagogical universities. Materials of the 40th International Scientific Seminar of teachers of Mathematics and Computer Science of universities and pedagogical universities (Bryansk)*. 2021:181–184. (In Russian.)]

13. Андреев Г. П., Бугаев Н. И., Михалёва О. И., Романов Н. Н. К столетию метода проектов. *Школьные технологии*. 2005;4:28–30.

[Andreev G. P., Bugaev N. I., Mikhaleva O. I., Romanov N. N. To the centenary of the project method. *School technologies*. 2005;4:28–30. (In Russian.)]

14. Аньшин В. М., Ильина О. Н. Управление проектами: фундаментальный курс. М.: ВШЭ; 2013. 620 с.

[Anshin V. M., Plyina O. N. Project management: fundamental course. Moscow: HSE; 2013. 620 p. (In Russian.)]

15. Смирнов Е. И. Проект «Как мне стать более успешным учителем математики». *Problems of quality of knowledge and personal self-actualization in terms of social transformations: Peer-reviewed materials digest (collective monograph) published following the results of the XCVI International Research and Practice Conference and I stage of the Championship in Psychology and Educational sciences*. 2015:29–33.

[Smirnov E. I. Project “How can I become a more successful math teacher”. *Problems of quality of knowledge and personal self-actualization in terms of social transformations: Peer-reviewed materials digest (collective monograph) published following the results of the XCVI International Research and Practice Conference and I stage of the Championship in Psychology and Educational sciences*. 2015:29–33. (In Russian.)]

16. Smirnov E., Uvarov A. Synergy of computer modeling of lateral surface “area” of schwertz’s cylinder. *2017 Europer Conference on Electrical Engineering and Computer Science (EECS)*. 2017:76–80. DOI: 10.1109/EECS.2017.24

17. Латышева Л. П., Скорнякова А. Ю., Черемных Е. Л. Проектные решения по организации педагогической коммуникации в условиях цифровизации образования. *Пермский педагогический журнал*. 2020;11:48–51. Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_47295232\\_56533639.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_47295232_56533639.pdf)

[Latysheva L. P., Skorniyakova A. Yu., Cheremnykh E. L. Design solutions for the organization of pedagogical communication in the conditions of digitalization of education. *Perm Pedagogical Journal*. 2020;11:48–51. (In Russian.) Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_47295232\\_56533639.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_47295232_56533639.pdf)]

18. Латышева Л. П., Скорнякова А. Ю., Черемных Е. Л. О цифровой грамотности будущих учителей математики. *Advanced Science*. 2020;(4(19)):27–30. DOI: 10.25730/VSU.0536.20.036

[Latysheva L. P., Skorniyakova A. Yu., Cheremnykh E. L. On digital literacy of future mathematics teachers. *Advanced Science*. 2020;(4(19)):27–30. (In Russian.) DOI: 10.25730/VSU.0536.20.036]

19. Полат Е. С., Бухаркина М. Ю., Мусеева М. В., Петров А. Е. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. М.: Академия; 2002. 272 с.

[Polat E. S., Bukharkina M. Yu., Moiseeva M. V., Petrov A. E. New pedagogical and information technologies in the education system. Moscow: Academy; 2002. 272 p. (In Russian.)]

20. Аверкова М. А. Смешанное обучение: возможности и риски. Организация образовательного процесса по технологии на основе моделей смешанного обучения. Пенза; 2020. 44 с. Режим доступа: [http://nmc-penza.com.ru/files/sborniki/2020/Аверкова\\_сборник\\_по\\_смешанного\\_обучения\\_2020.pdf](http://nmc-penza.com.ru/files/sborniki/2020/Аверкова_сборник_по_смешанного_обучения_2020.pdf)

[Averkova M. A. Blended learning: opportunities and risks. Organization of the educational process by technology based on mixed learning models. Penza; 2020. 44 p. (In Russian.)]

21. Хорн М., Стейкер Х. Смешанное обучение. Использование прорывных технологий для улучшения школьного образования. Сан-Франциско: Wiley; 2015. 308 с.

[Horn M., Staker H. Mixed learning. Using breakthrough technologies to improve school education. San Francisco: Wiley; 2015. 308 p. (In Russian.)]

22. Шилов А. В., Смирнов Е. И., Абатурова В. С. Методика обучения математике с использованием многоэтапных математико-информационных заданий. *Математика и информатика, астрономия и физика, экономика и технология и совершенствование их преподавания. Материалы Международной конференции «Чтения Ушинского» физико-математического факультета*. 2018:46–52.

[Shilov A. V., Smirnov E. I., Abaturova V. S. Methods of teaching mathematics using multi-stage mathematical and informational tasks. *Mathematics and computer science, astronomy and physics, economics and technology and improving their teaching. Materials of the International Conference “Readings of Ushinsky” of the Faculty of Physics and Mathematics*. 2018:46–52. (In Russian.)]

23. Библиотека электронных материалов. Режим доступа: <https://uchebnik.permkrai.ru/catalogue>

[Library of electronic materials. (In Russian.) Available at: <https://uchebnik.permkrai.ru/catalogue>]

24. Smirnov E. I., Tikhomirov S. A., Zyкова T. V. Managing of mathematics education with synergistic effects. *Espacios*. 2019;40(9).

25. Dvoryatkina S. N., Karapetyan V. S., Dallakyan A. M., Rozanova S. A., Smirnov E. I. Synergetic effects manifestation by founding complexes deployment of mathematical tasks on the chessboard. *Problems of Education in the 21st Century*. 2019;(77(1)):8–21. DOI: 10.33225/PEC/19.77.08

26. Smirnov E., Dvoryatkina S., Shcherbatykh S. Parameters and structure of neural network databases for assessment of learning outcomes. *International Journal of Criminology and Sociology*. 2020;9:1638–1648. DOI: 10.6000/1929-4409.2020.09.188

#### Информация об авторах

**Латышева Любовь Павловна**, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры высшей математики и методики обучения математике, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; ORCID: 0000-0003-0364-3098; e-mail: latisheva@pspu.ru

**Скорнякова Анна Юрьевна**, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры высшей математики и методики обучения математике, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; ORCID: 0000-0001-9788-7514; e-mail: skorniyakova\_anna@pspu.ru

**Черемных Елена Леонидовна**, канд. пед. наук, доцент, и. о. зав. кафедрой высшей математики и методики обучения математике, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; *ORCID*: 0000-0003-1224-6852; *e-mail*: cheremnyhel@pspu.ru

**Лаптева Татьяна Дмитриевна**, студент, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; *ORCID*: 0000-0003-3276-3793; *e-mail*: tanyal1998@mail.ru

**Мельникова Екатерина Викторовна**, ассистент кафедры высшей математики и методики обучения математике, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; *ORCID*: 0000-0002-4904-267X; *e-mail*: melnikova\_ev@pspu.ru

#### *Information about the authors*

**Lyubov P. Latysheva**, Candidate of Sciences (Education), Docent, Associate Professor at the Department of Higher Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia; *ORCID*: 0000-0003-0364-3098; *e-mail*: latisheva@pspu.ru

**Anna Yu. Skornyakova**, Candidate of Sciences (Education), Docent, Associate Professor at the Department of Higher Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia; *ORCID*: 0000-0001-9788-7514; *e-mail*: skornyakova\_anna@pspu.ru

**Elena L. Cheremnykh**, Candidate of Sciences (Education), Docent, Acting Head of the Department of Higher Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia; *ORCID*: 0000-0003-1224-6852; *e-mail*: cheremnyhel@pspu.ru

**Tatyana D. Lapteva**, undergraduate, Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia; *ORCID*: 0000-0003-3276-3793; *e-mail*: tanyal1998@mail.ru

**Ekaterina V. Melnikova**, Assistant at the Department of Higher Mathematics and Methods of Teaching Mathematics, Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia; *ORCID*: 0000-0002-4904-267X; *e-mail*: melnikova\_ev@pspu.ru

*Поступила в редакцию / Received*: 26.12.2021.

*Поступила после рецензирования / Revised*: 21.01.2022.

*Принята к печати / Accepted*: 25.01.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-78-87

## REU PROGRAM AS A STUDENT-CENTERED, PROJECT-BASED ENVIRONMENT FOR TEACHING MATH IN CALIFORNIA STATE UNIVERSITY, CHICO

S. A. Fomin<sup>1</sup>✉<sup>1</sup> California State University, Chico, CA, USA

✉SFomin@csuchico.edu

### Abstract

Starting from 2004, within the last years California State University at Chico (CSUC) hosted the National Science Foundation (NSF) funded Research Experiences for Undergraduates and Teachers (REUT) program in Mathematics. The program targets secondary teachers with a strong interest in mathematics or math education (RET) and students who have completed their junior year with coursework appropriate to the research project (REU). The program is designed to engage participants in research problems with a high potential for publication and to create a research experience that broadens participants' perspective both of mathematics as a discipline and of research (whether mathematical or not) as an exciting exploratory process. During this period the large group of undergraduate students from different US universities and high school math teachers were involved in numerous research projects in pure and applied math, in math education and statistics. Working on the research projects the participants acquire the fundamental mathematical concepts and also studied how to apply modern IT technologies and computational systems for solving various math problems. We provide a research experience that enhances the skills necessary for careers in any of the sciences, while adding both depth and breadth to the participant's mathematical knowledge, skill, and understanding. The depth comes primarily from participation in a research team working on a potentially publishable research problem, while breadth is added by activities that integrate all research teams, by in-service teacher/undergraduate interactions, and by synergistic activities such as weekly research talks. Mathematical activities are supplemented with social activities conducive to creating a productive and comfortable research environment.

**Keywords:** California State University, Chico, CSUC, Research Experiences for Undergraduates, REU, Research Experiences for Undergraduates and Teachers, REUT, National Science Foundation, NSF.

### For citation:

Fomin S. A. REU program as a student-centered, project-based environment for teaching math in California State University, Chico. *Informatics and Education*. 2022;37(2):78–87. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-78-87

## ПРОГРАММА REU КАК ОРИЕНТИРОВАННАЯ НА СТУДЕНТОВ ПРОЕКТНАЯ СРЕДА ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ В УНИВЕРСИТЕТЕ ШТАТА КАЛИФОРНИЯ В ЧИКО

С. А. Фомин<sup>1</sup>✉<sup>1</sup> Университет штата Калифорния в Чико, г. Чико, Калифорния, США

✉SFomin@csuchico.edu

### Аннотация

В течение последних нескольких лет начиная с 2004 года Университет штата Калифорния в Чико (California State University, Chico — CSUC) становится площадкой для осуществления программы «Исследовательский опыт для студентов и преподавателей» (Research Experiences for Undergraduates and Teachers — REUT) по математике, финансируемой Национальным научным фондом США (the National Science Foundation — NSF). Программа предназначена для учителей средних школ, проявляющих интерес к математике и математическому образованию, и студентов, закончивших первый год обучения с курсовой работой, соответствующей исследовательскому проекту. Благодаря программе REUT ее участники вовлекаются в исследования, результаты которых могут быть в дальнейшем опубликованы в научных изданиях, и получают опыт исследовательской деятельности, который расширяет их представление и о математике как дисциплине, и об исследовании (математическом или ином) как захватывающем процессе. В обозначенный период большая группа студентов бакалавриата из различных университетов США и учителей математики средних школ участвовала в многочисленных исследовательских проектах в области теоретической и прикладной математики, математического образования и статистики. Работая над исследовательскими проектами, участники изучали как фундаментальные математические понятия, так и возможности применения современных информационных технологий и вычислительных систем для решения различных математических задач. Участие в программе дает учителям



и студентам исследовательский опыт, который повышает их компетенции, необходимые для построения карьеры в любой из наук, одновременно добавляя глубину и широту их познаниям в области математики. Глубина исходит прежде всего от участия в исследовательской группе, работающей над проблемой, результаты изучения которой в дальнейшем потенциально могут быть опубликованы, а широта добавляется за счет деятельности, объединяющей все исследовательские группы, за счет взаимодействия преподавателей и студентов без отрыва от их основной деятельности (работы или учебы), а также за счет синергетических мероприятий, таких как еженедельные исследовательские доклады. Математическая деятельность дополняется общественной деятельностью, способствующей созданию продуктивной и комфортной исследовательской среды.

**Ключевые слова:** Университет штата Калифорния в Чико, программа Research Experiences for Undergraduates, программа REU, программа Research Experiences for Undergraduates and Teachers, программа REUT, Национальный научный фонд США, NSF.

**Для цитирования:**

Фомин С. А. Программа REU как ориентированная на студентов проектная среда для преподавания математики в Университете штата Калифорния в Чико. *Информатика и образование*. 2022;37(2):78–87. (На англ.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-2-78-87

## 1. Introduction

The program is designed to engage participants in research problems with a high potential for publication and to create a research experience that broadens participants' perspective both of mathematics as a discipline and of research (whether mathematical or not) as an exciting exploratory process. By doing so, we achieve the following specific objectives:

- encourage undergraduate students, especially those from underrepresented groups, to pursue careers in sciences and engineering, including teaching;
- help to better prepare students to pursue advanced degrees and careers in the sciences;
- provide in-service teachers with a research experience that will foster excitement about mathematics, increase content understanding, and inspire pedagogical innovation in their classrooms;
- promote and enhance mathematical research involving undergraduates at California State University at Chico (CSUC).

Both teachers and undergraduates benefit from working together on a research team. Participants develop connections not only with faculty but also with participants who have very different backgrounds, experiences, and career paths. Students have the opportunity to develop a direct relationship with a math educator. Students also benefit from the experience teachers have in communicating mathematical ideas and may be inspired to consider the possibility of teaching as a career. Secondary teachers benefit from the experience of close contact with outstanding undergraduates and see firsthand what some of their current students will be doing in a few years. Both populations benefit from their complementary mathematical backgrounds which enables them to help one another in their research exploration. A teacher's broader mathematical experience can provide the insight to make a conjecture, while a student's recent exposure to college-level mathematics could provide the specific tools to "make the epsilons and deltas work". CSUC is an ideal location for hosting a combined Research Experiences for Undergraduates and Teachers (REUT). The goals of the REUT mesh closely with CSUC's mission statement, and hence there is strong

institutional support for such a program. In particular, teaching is the institution's primary mission and CSUC embraces a teacher/scholar model in which the main purpose of research is to improve the undergraduate experience. Through the initial grants the participating faculty have gained experience in directing summer research and seen that, not only does this add life to their own research programs, it also benefits our students and department. Inspired by their example, other faculty members are including students in their research projects. Moreover, our REUT plants the seeds for the future by providing our newest faculty members with the chance to work with undergraduates in their first few years at CSUC.

Another guiding mission for CSUC is teacher preparation and support of high school teachers. Many high school mathematics teachers in CSUC's large rural service area already have strong ties to the department and college. The majority of early-career teachers received their credential at CSUC. The university is also a home to the Chico Mathematics Project (CMP), which is charged by the State with providing professional development for in-service mathematics teachers at all grade levels. In addition, CSUC has a Master's program in mathematics education, populated entirely by in-service mathematics teachers who attend the program during three consecutive summers. Several of the fifteen teachers funded through the previous REUT grants have connections with these programs. In fact, three of the fifteen completed Master's theses based on their REUT research and a third is an alumnus of our Master's program. Thus, our REUT fits strongly within the teacher-scholar model and complements and extends the broad range of mathematical activities occurring in Chico during the summer.

## 2. Nature of Participant Activities

In both academic and industrial positions, scientists and mathematicians are expected to be able to think critically and independently and they are also expected to participate as part of a team. We believe that an REUT experience at CSUC allows participants to hone their own organizational, communication, and critical thinking skills while simultaneously learning how to work as part of a research group. Each summer we organize our REUT participants into research teams,

each of which will include one in-service teacher. Each participant is expected to work both individually and as a contributing member of his or her research team.

**Team Activities.** We help the participants progress from dependent learners to independent investigators by modeling and explicitly discussing Polya's four stages of problem-solving: understanding the problem, devising a plan of attack, carrying out the plan, and reflecting on the work. Our activities are structured to facilitate the smooth progression from one stage to the next at a pace appropriate to the competence of each participant.

Following that model, in the initial stage, each research team leader offers a mini-course related to the team's mathematical focus area. This allows the team leader to give participants relevant background material, introduce computer software, evaluate the competence of each participant, foster a supportive team environment, and in general ensure the group has the necessary tools to carry out the research project. The team leader concurrently introduces open research problems and students are encouraged to begin their own exploration right away. As a **first step** towards independence, the team selects their research problem. At this point they are given research/expository articles to read in order to better understand their problem. The articles are then discussed in a group setting. These informal discussions help the faculty member ensure that the whole team "understands the problem" and is thus ready for the next stage.

In the **second stage**, the faculty member takes a step back and gradually moves from group director to group member. The team is responsible for "devising a plan of attack", which includes developing research directions and allocating responsibilities. The faculty member contributes to discussions and helps guide the group in fruitful directions without imposing his or her own ideas. He also ensures that each individual is contributing to the development of the team's plan and has a reasonable share of the responsibilities in carrying out the attack. This stage culminates in a presentation of the team's research problem and plan of attack.

In the **third stage**, the faculty member steps back even further. Having helped guide the group in the development of a plan, the faculty member now allows the group to carry out that plan with minimal assistance and acts primarily as an advisor as the team becomes self-sufficient and takes ownership of all aspects of their particular problem. Here, both teachers and undergraduates are confronted with their lack of experience in doing mathematical research. They can help each other to overcome this hurdle and learn to be independent mathematical explorers.

In the **fourth and final stage** the group "reflects" by jointly authoring a written report and preparing a presentation on their research including: a clear statement of their problem, their plan of attack, any obstacles which were encountered, results they obtained, and perhaps directions for further investigation. In this stage the faculty member's role

is primarily to give advice and answer questions that may arise. The reflective stage often continues after the term of the REUT as students work with their team leader to revise a manuscript for publication and prepare to present their research at professional conferences.

**Synergistic Activities.** Fostering an appropriate research environment is an important part of our program. A successful research team consists of participants who have the following characteristics: they are comfortable expressing their ideas, they aren't afraid of looking foolish they feel they can disagree with other team members, and they know each other. Social interactions are thus an essential component of our REUT program. Space for all participants is reserved at special apartment style dorms on campus to facilitate ongoing unstructured social interaction. Social contacts are further cemented through a weekly series of lectures by prominent invited speakers, each followed by a dinner or reception, and some other social event such as a movie, bowling, or a visit to the Thursday Night Farmer's Market.

We would like our participants to gain not only a deep understanding of a mathematical focus area, but also to develop breadth in their mathematical knowledge and experience. To this end we feel it is important for the three research teams to interact not just socially, but also mathematically. All participants are expected to attend talks given by other participants and the six-week term ends with a full group discussion of the experience.

Within the life-span of the REU program in CSUC we obtained several NSF funded grants. The amount of each grant is around \$300,000 that supports the three years period of the REU activities. Every three years we applied to NSF for funding the extension of our program.

Recently we applied to NSF for funding the next three years term and proposed a number of research projects in different areas of mathematics.

### 3. Descriptions of proposed research project

#### 1. Number Theory: Euclidean rings of $S$ -integers.

Around 300 B.C., Euclid described an algorithm for computing the greatest common divisor of two integers. The Euclidean algorithm has a myriad of uses, both theoretical and applied. In algebraic number theory, one is interested in other rings of integers which are generalizations of the ordinary integers  $Z$ . One can ask whether these other rings are norm-Euclidean, which roughly means that they possess a Euclidean algorithm [1].

Let  $K=Q(\sqrt{d})$  be a quadratic field. It is a theorem that the ring of integers of  $K$  is norm-Euclidean for only finitely many  $d$  [2], and those values of  $d$  have been completely determined [3, 4]. (Here  $d$  is assumed to be square-free, but can be positive or negative.) One expects that inverting a single prime makes it more likely that such a ring will be norm-Euclidean.

It is an open question as to whether inverting a (fixed) finite set of primes leads to infinitely many norm-Euclidean rings of this form. The REUT group would write computer code to gather computational evidence for or against this conjecture. One would like to predict heuristically how often this should occur and ideally prove something about these rings [5]. In a past REUT one team made progress on this problem in the imaginary quadratic case (where  $d < 0$ ) but there are still open questions even in this setting.

There are many related problems one can study; depending upon the interest of the participants these might be of a theoretical or computational nature. One example of a computational problem would be to find examples of rings of  $S$ -integers in cubic fields that are norm-Euclidean.

## 2. Statistics: Integrated system dynamics and agent-based model to address the food, health and environment trilemma.

We will develop a spatial model integrating social science, economic, and technological research to investigate high-level systemic approaches to reducing animal product consumption in order to address the food, environment, and health trilemma. This holistic, systems-based model will assess the impact of different interventions on the total amount of animal products consumed, in order to understand how to best incentivize a plant-forward diet. We will assess the impact of this change on both human health and environmental conditions (e. g., water quality and quantity, air quality, soil quality, and climate). Five types of interventions will be evaluated:

- 1) educational;
- 2) social media and peer influence;
- 3) technological;
- 4) economic policies, particularly in the form of agricultural subsidies and excise taxes;
- 5) regulatory and legal mandates.

“The links between diets, human health, and environmental degradation-known as the diet, health, and environment trilemma-comprise a series of interconnected problems confronting every society globally” [6]. The need to sustainably feed a growing human population is an urgent problem that will only escalate with the effects of climate change. Adopting a plant-forward diet will provide large global environmental benefits while also improving diet related health concerns. A societal shift to a plant-forward diet will reduce diet-related mortality by 17 % and will reduce diet-related environmental impacts by 60 % [6]. Finding solutions that shift diets toward healthier and more sustainable dietary patterns will result in health and environmental benefits on the global scale. Our goal is to establish a shared understanding of food choice dynamics through modeling.

The purpose of the model is to investigate the triggers that move an individual toward a plant-forward diet. We will develop a system dynamics model to evaluate the ability of “top-down” approaches

(government subsidies and policies) to shift individual eating choices. Additionally, we will derive an agent-based model to inform the researchers of the effect of “bottom-up” (educational interventions, social media, and apps) approaches. This integrated hybrid model will allow us to learn what combination of top-down/bottom-up approaches are optimal to influence societal changes in diet choices. The overarching goal of the model is to uncover the social processes involved in shifting to a plant-forward diet and better understand the drivers that cause changes in food choices. The model will also support the identification of intervention strategies and help us understand the social complexity that is involved with food choices. Non-traditional model choices are needed because of the complexity of the food system. Both systems dynamic modeling and agent-based modeling are well-suited to address the complexity of food choice behavior.

Prior to the summer, the current research team will have:

- determined the input and output variables;
- developed the influence diagram;
- developed the flow diagram;
- found the relationships between the variables (mathematical equations, regressions, etc.).

The summer undergraduate research team will analyze and report the model outputs, perform sensitivity analysis, create visualizations, and provide effective non-technical reports.

## 3. Knot Theory: Knot invariants and traces.

Knot theory is immediately accessible through its physical intuition, yet mysterious and rich with complication. In this project, we will explore the concrete consequences that algebraic structure provides in the study of knots. Many knot invariants, such as the Alexander polynomial, Khovanov homology, and the Temperley-Lieb algebra, arise through the trace and determinant of matrices [7, 8, 9]. Recent advances in algebraic K-theory suggest an overarching framework for such trace-theoretic constructions [10, 11]. By accessing these tools through a simple diagrammatic language, participants will compute knot invariants for a range of examples and examine how the patterns that arise are manifested in the underlying algebra.

The methods involved in this work are visual and syntactic, as is suitable for an undergraduate project. Rather than concentrating on the formalism of the algebra, we will use symbolic methods and computer packages to generate output of the machinery. A primary goal will be to lift known results about classical invariants, such as the symmetry property of the Alexander polynomial and its detection of the perfection of the knot group, to the enriched forms of the invariants arising via algebraic K-theory.

## 4. Algebra: Special values of Artin-Ihara L-functions.

Special values of  $L$ -functions is an active and fertile area of current research in arithmetic geometry. This

field of mathematics can be highly technical though. On the other hand, Stark and Terras [14–16] developed a theory of Artin-Ihara  $L$ -functions associated to representations of the group of deck transformations of a Galois cover of multigraphs which is analogous to the usual theory associated to arithmetic objects. It becomes natural to ask if some of the conjectures and theorems about special values of  $L$ -functions have analogues for Artin-Ihara  $L$ -functions. An analogue of the classical Brumer conjecture, the Stickelberger ideal, and also of a classical theorem of Iwasawa on the  $l$ -adic valuation of the class numbers in  $Zl$ -extensions of number fields have been found [13, 17].

The objects involved are much simpler than their counterparts in arithmetic geometry. For instance, Artin-Ihara  $L$ -functions are rational functions, and in fact are reciprocal of polynomials. This makes the subject particularly appealing to undergraduate students, since they need less background materials to start doing original research in this area. There are plenty of potential research projects involving Artin-Ihara  $L$ -functions. For instance, in the case of function fields over a finite field, the first non-vanishing Taylor coefficient of the zeta functions at  $u=1$  is well-understood even when one removes a finite set of places  $S$ . It would be interesting to understand a similar phenomenon for multigraphs, since right now, an analogue of  $S$ -units is missing. Another interesting question to investigate is to try to introduce ramification. Indeed, Galois covers of multigraphs are unramified everywhere. Such a theory of harmonic morphisms already exists [12], and one wonders if an analogue of the classical Brumer conjecture in this more general setup also holds true. Another possibility of research project would be to extend the results [17], where regular abelian  $l$ -covers of bouquets were treated, what if one changes the base graph?

## 5. Mathematical modeling.

The project contains two parts. The first part is related to mathematical modeling of the subsurface reservoir contamination by the hazardous reactive chemical and/or radioactive materials. In the second part we focus on developing novel models of active bacteria migration in a porous medium.

### Part 1. Mathematical modeling of the reactive mass transport in a confined fractured aquifer with porous medium of fractal geometry.

A schematic sketch of the fractured porous aquifer is presented in Figure 1. Cartesian coordinates  $(x, y)$  are chosen in such a manner that fluid in the aquifer flows in the  $x$ -direction and that the coordinate  $y$  is directed upward. It can be readily shown that in the surrounding rocks confining the aquifer from below and above, the gradient of solute concentration in the  $x$ -direction is much smaller than that in the direction orthogonal to the aquifer. Since the goal of the present study is to estimate qualitatively the effect of non-Fickian diffusion into the surrounding rocks on the solute transport in the aquifer (rather than to simulate the performance of concrete aquifer within the specific rock formation), it is assumed for simplicity that rocks below and above the aquifer have the same physical properties. The latter assumption makes the process symmetrical with regard to the median line of the aquifer  $y = -h$ . Therefore, the mass flux equals to 0 at  $y = -h$ , and the solution of the problem in the sub-domain below this line is identical to the solution in the upper sub-domain. Hence, only the upper half of the domain ( $y \geq -h$ ) can be considered. Let  $c_2$  and  $c_1$  be the concentrations of the solute within the fractured porous aquifer and surrounding porous matrix, respectively. We can assume that porous medium confining the aquifer from the top and the bottom has

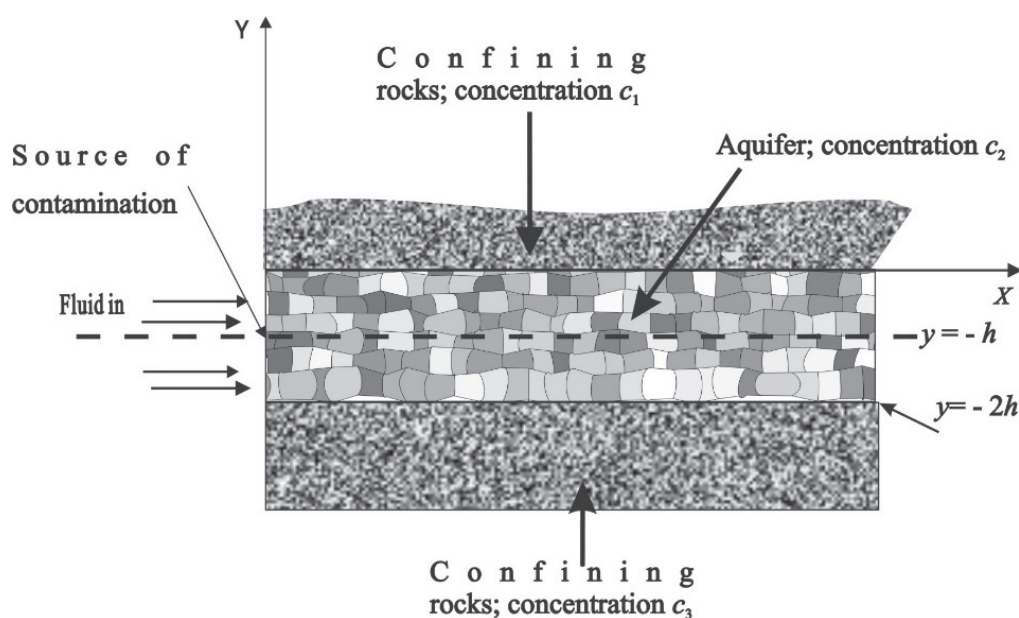


Fig. 1. A schematic sketch of the confined aquifer

a similar fractal structure as the porous blocks within the aquifer.

Below we'll assume (mostly for terminology purposes) that the aquifer is contaminated by the radioactive elements. In the case of any other reactive chemicals, the governing equations are basically the same. Then, due to the above assumptions, accounting for the mass flux continuity condition on the boundaries of the aquifer, and defining the mean concentration of the solute within this aquifer  $c = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 c_2 dy$ , equations that model the reactive mass transport in the fracture and porous medium can be presented in the following form:

$$m \frac{\partial c}{\partial \tau} + a \frac{\partial^\mu c}{\partial \tau^\mu} + v \frac{\partial c}{\partial x} = mD \frac{\partial^{\beta+1} c}{\partial x^{\beta+1}} - \frac{1}{h} \frac{\partial s}{\partial \tau} - \lambda c - \lambda \frac{s}{h} + \frac{q}{h}; \quad (1)$$

$(0 < x < \infty; -h < y < 0; t > 0)$

$$\frac{\partial^\nu c_1}{\partial \tau^\nu} + \frac{\rho_m}{m^{(1)}} \frac{\partial s_1}{\partial \tau} = D_1 \frac{\partial^{\alpha+1} c_1}{\partial y^{\alpha+1}} - \lambda c_1 - \lambda s_1 \frac{\rho_m}{m^{(1)}}, \quad (2)$$

$(0 < y < \infty; t > 0)$

where  $v$  is the average velocity of the solution in the aquifer;  $\lambda$  is a radioactive decay constant;  $\tau$  is time;  $s$  is the mass of the solute adsorbed on the walls of the fracture;  $q$  is the diffusive mass flux on the aquifer and surrounding rocks interface;  $D$  and  $D_1$  are the effective diffusivities in the aquifer and in the surrounding porous medium, respectively, which account for dispersion and molecular diffusion in the fracture and porous medium;  $s_1$  is the mass of the contaminant within the porous matrix, which is adsorbed on the walls of the pores;  $\rho_m$  is the density of the rock matrix;  $m$  and  $m^{(1)}$  are the porosities of the fractured medium and porous medium, respectively; the orders of fractional derivatives  $\nu$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\mu$  are determined by the peculiarities of the distribution of pores and micro-cracks in the blocks and fractal dimension of the medium [18]; the capacity parameter,  $a$ , is determined by the properties of the porous medium (such as diffusivities, porosities, fractal dimensions, sizes, etc.) [18];  $\frac{\partial^\alpha c_1}{\partial y^\alpha}$ ,  $\frac{\partial^\beta c}{\partial x^\beta}$ ,  $\frac{\partial^\nu c_1}{\partial \tau^\nu}$ ,  $\frac{\partial^\mu c}{\partial \tau^\mu}$  are the fractional derivatives of the order  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\nu$  and  $\mu$  respectively. Fractional derivatives can be defined by means of Laplace transformation  $L$ . For example spatial derivative  $\frac{\partial^\alpha c_1}{\partial y^\alpha}$  can be defined by the equation  $L \left[ \frac{\partial^\alpha c_1}{\partial y^\alpha} \right] = p^{\alpha-1} (pL[c_1] - c_1(\tau, 0))$ , which is equivalent to Caputo definition [18],  $\frac{\partial^\alpha c_1}{\partial y^\alpha} = \left[ \int_0^y \frac{(y-\xi)^{-\alpha}}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{\partial c_1}{\partial \xi} d\xi \right]$ . Inclusion of the fractional derivatives is attributed to the fact that pore geometry and distribution in the rocks is very complex and often resembles the fractal structure. For this type of media the conventional mass

Fickian mass flux can be generalized by introducing the fractional derivative, so that it will take the following

form [18]:  $j_1 = -m^{(1)} D_1 \frac{\partial^\alpha c_1}{\partial y^\alpha}$ . Apparently, the mass flux  $q$  on the wall of the boundary of the aquifer,  $y = 0$ , should have the same form, i. e.  $q = -m^{(1)} D_1 \frac{\partial^\alpha c_1}{\partial y^\alpha} \Big|_{y=0}$ . The system of equations (1), (2)

will be closed when the relationships between  $c$  and  $s$  along with  $c_1$  and  $s_1$  are defined. With the good degree of accuracy it can be assumed that  $s = K_f c$  and  $s_1 = K_m c_1$ , where  $K_f$  and  $K_m$  are given constants.

Various scenarios of the reservoir contamination can be simulated by the proper choice of the boundary and initial conditions. E. g. the following boundary and initial conditions can be imposed for modelling the contamination of the fractured aquifer and surrounding porous rocks in the case when the time dependent source of contamination is located at the inlet of the aquifer

- (a)  $\tau = 0, c = c_1 = 0;$
- (b)  $x = 0, c = c_0(\tau);$
- (c)  $x \rightarrow \infty, c \rightarrow 0;$
- (d)  $y \rightarrow \infty, c_1 \rightarrow 0;$
- (e)  $y = 0, c_1 = c;$

where  $c_0(\tau)$  is the concentration at the inlet of the aquifer.

Using the technique of integral transforms, solution of the reactive mass transport in the aquifer for various scenarios of contamination will be found analytically. Applying the Mathematica computer algebra to the obtained solution, the process of reservoir contamination will be illustrated graphically.

In this part of the proposed project the following problems will be considered:

- a mathematical model of the reactive contaminant transport in a single fracture (within the fractured aquifer) surrounded by the porous rocks will be derived. Through the use of fractional derivatives, the model will account for contaminant exchange between the fracture and porous rock matrix of fractal geometry and non-local character of chemical reactions within the contaminant;
- a mathematical model of the reactive contaminant transport in a confined, porous, fractured aquifer will be developed and justified. For the case of an arbitrary time-dependent source of contamination located at the inlet of the aquifer, closed-form solutions for radioactive contamination of the aquifer and the confining rock will be obtained and analyzed.

The principal targets of the proposed research are:

- derivation, evaluation and validation of the mathematical model of the contaminant transport in a fractured porous aquifer, which accounts for the fractal geometry of the porous

medium, chemical reactions and/or radioactive contamination;

- numerical and analytical solutions will be obtained and asymptotic analysis of these solutions will be carried out. The adequate values of the model parameters will be proposed and validated by comparison with experimental and field data;
- the effect of chemical reactions (and/or radioactive decay), fractal dimensions of the porous medium, the anomalous character of the diffusion phenomena, and various flow regimes will be analyzed.

## Part 2. Mathematical modeling of bacteria migration in a porous medium.

At the Graduate School of Environmental Studies of Tohoku University, Japan, where the PI worked for several years prior to employment with CSUC, the topics related to the application of biotechnology to the environmental problems, such as bioremediation, hydrogen generation by microorganisms, use of carbon dioxide by methane producing bacteria, and removal and decomposition of toxic substances, were of major interest over the last years. During his recent 3-month's visit (summer 2010) to Tohoku University (invited by International 21 Century COE Program in Fluid Dynamics) the PI was involved in discussions regarding the laboratory experiments related to the transport of bacteria in the porous medium, which were carried out at the Laboratory of professor Chihiro Inoue. The key conclusion made within that discussion was that migration of the growing bacteria in the porous media exhibits an anomalous behavior and, therefore, cannot be described by existing traditional models based on advection-diffusion equations coupled with the first type kinetic equation for modeling the absorption-desorption (bacteria attachment-detachment) phenomenon, which are normally utilized for modeling the bacteria transport.

Experimental studies at Tohoku University, Japan were focused on the peculiarities of the bacteria transport by the fluid flow in a porous medium simultaneously with the cell growth (reproduction). Silica sand was packed into the column in which the nutrient solution with suspended cells was injected (Figure 2). The *Lactobacillus casei* (ATCC 15883) was used as a model bacterium. The size of a cell is around 1  $\mu\text{m}$  in diameter and 2  $\mu\text{m}$  in length. Two types of

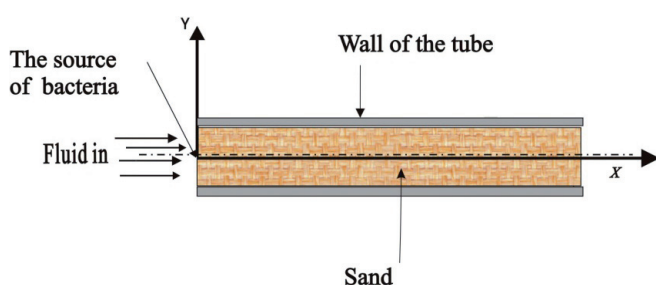


Fig. 2. A schematic of the process (an experimental setup)

bacterial cells: growing and resting (due to the lower temperature), were prepared. This allowed testing in different experiments two types of bacteria behavior when the bacteria were active: those rapidly increasing their population, and those not increasing their bacteria population (resting cells). In the laboratory experiment the growth and transport of bacteria was performed in sand with a granule diameter of 600–850  $\mu\text{m}$  and a porosity of 0.4 packed in the tube, whose length  $l = 14$  cm and diameter  $d = 4.6$  cm. In both cases (growing or resting bacteria) concentration of bacteria in a suspension, at the input  $c^*$  was  $2.1 \cdot 10^8$  cell/ml and the average flow rate in the porous  $v$  medium was 10 cm/hour. The length of the injection period was equal to  $t = 0.1$  pore volume ( $t = \tau/\tau^*$ ,  $\tau^* = l/v$ ,  $l$  — tube length,  $v$  — the suspension mean velocity). Experiments show that the bacteria specific growth rate  $\mu$  was in the range 0.12–0.16  $\text{hr}^{-1}$ . The conventional model for the bacteria transport, based on colloid solution approximation can be presented in the following non-dimensional form

$$R \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} - \frac{\partial C}{\partial X} + dC; \quad (4)$$

$$(a) t = 0, C = 0;$$

$$(b) X = 0, C = C_0(t); \quad (5)$$

$$(c) X \rightarrow \infty, C \rightarrow 0,$$

where the following notation is introduced:  $C = c/c^*$ ;  $C_0 = c_0(\tau)/c^*$ ;  $Pe = vl/D$ ;  $t = \tau/\tau^*$ ;  $X = x/l$ ;  $D = \alpha_d v$ ;  $\tau^* = l/v$ ;  $d = \mu\tau^*$ ;  $c$  is the concentration of bacteria in the suspension;  $R$  is a retardation factor which is bigger than 1 due to the possible sorption of bacteria on the solid matrix;  $D$  is a dispersion coefficient which is a linear function of flow velocity  $v$ ;  $\mu$  is the specific growth rate. In equation (4) the first term in the right-hand side accounts for dispersion, the second term — for advection, and the third term is for bacteria growth (reproduction). Equations (5) model the conditions when there aren't any bacteria in the column and describe the concentration variation at the input of the column. Experimental results for the non-active bacteria (bacteria in the rest when  $d = 0$ ) and the results of numerical computations based on the model (4), (5) presented in Figure 3 (a) illustrate that the conventional dispersion-advection model provides the perfect match with the experimental data in this case. However, if bacteria are in an active stage capable for growth and reproduction, the model (4), (5), even though being supplemented with a non-zero term that accounts for the bacteria growth (third term in the right-hand side of (4)), does not provide the adequate description of the bacteria behavior. As it can be seen in Figure 3 (b), for growing bacteria, the experimentally obtained curve of bacteria concentration is shifted to the left from the concentration curve for the resting bacteria. Starting with model (4) and (5), we tried different conventional models that account for trapping and detaching bacteria by trying to calibrate the model by the experimental data by choosing the different values of the controlling

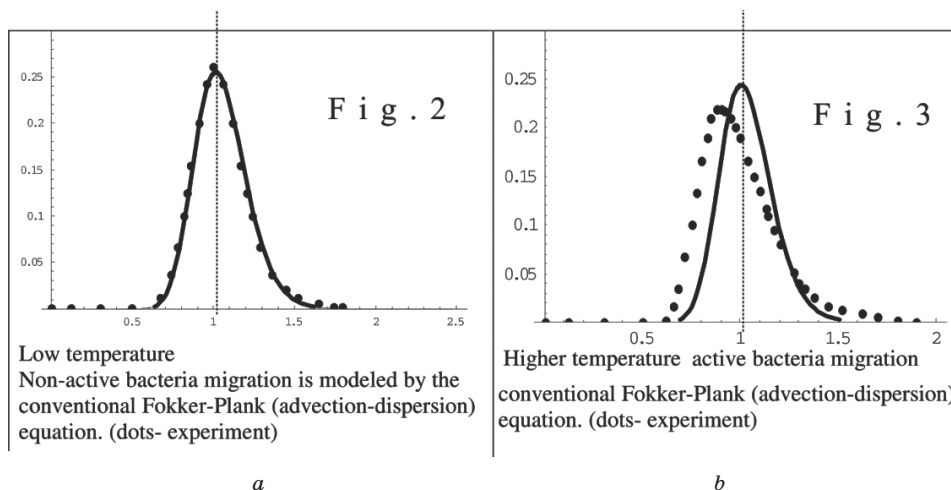


Fig. 3. Experimental results (dots) for passive bacteria (a) and active bacteria (b). Solid line represents the solution of the boundary value problem (4), (5)

parameters ( $R, Pe, d$ ) for different applications. Our preliminary numerical experiments with the first order kinetic equation of a rate-limited adsorption-desorption process also indicates that this approach does not provide the description of the transport of the growing bacteria matching the experimental data. All these attempts were unsuccessful since the theoretically obtained curve could not be shifted to the left by variation of these parameters. The same attempts were made for the model that in addition to the linear first order non-equilibrium mass transfer equation, which accounts for of the adsorption-desorption, also incorporates variable porosity as a possible result of bio-clogging. It also appeared that this model did not allow moving the theoretically obtained curve for concentration to the left as it was suggested by the experiment. Obviously, the anomalous behavior of the growing bacteria cannot be discussed in terms of classical advection-dispersion models.

One of the modern recently developed mathematical approaches for modeling of various complex chaotic processes (bacteria migration is apparently one of them), is the application of fractional order differential equations. Introduction of the fractional derivatives order is most important for investigation of the reactive processes (growth of bacteria in this case). Our recent advances in application of fractional order differential equations for modeling the anomalous transport of the non-reactive contaminants (see the list of recent publications) allow us to expect that the anomalous transport of growing bacteria can also be well approximated by the models with fractional derivatives. Our preliminary efforts to develop the adequate model based on these modern approaches brought us to the conclusion that the problem of growing bacteria transport should be modeled by accounting for porosity variation due to bio-clogging and for the memory effects in the bacteria transport due to the random character of bacteria trapping and release by the porous matrix. Two phases (mobile and immobile phases) of bacteria existence in the flow should be

considered. Bacteria in a mobile phase have the velocity of the bulk flow whereas bacteria considered in the immobile phase are the bacteria that are trapped by the porous matrix. These bacteria have zero velocity and can clog some of the pores (therefore porosity is not constant). Accounting for the above factors makes the model much more complex. We will denote by  $c_m$  and  $c_i$  the concentrations of mobile (in the fluid) and immobile (attached to the walls of pores) bacteria, so that the porosity  $m$  is a function of the concentration  $c_i$ . The conservation equation for  $c_i$  can be presented as

$$\frac{\partial c_i m_0}{\partial \tau} = q_{im} + \mu m_0 c_i, \tag{6}$$

where  $q_{im}$  is the number of bacteria participating in the exchange between mobile and immobile phases at the unit time,  $m_0$  is the initial porosity, and  $\mu$  is the effective coefficient of the bacteria population growth. According to Dentz and Berkowitz, 2003, in the sufficiently general case it can be assumed that the correlation between the mobile and immobile phases can be modeled by the following equation:

$$m_0 c_i = \int_0^\tau k(\tau - \xi) m c_m(\xi, x) d\xi, \tag{7}$$

where  $k(\tau)$  is the coefficient of bacteria distribution. If  $k(\tau)$  is known, then the correlation between the flux of mobile-immobile exchange and the concentration in the suspension,  $c_m$ , is defined. If there isn't any bacteria growth  $\mu = 0$ , but bacteria are alive and can be organized in relatively big families, so that the bio-clogging effect may take place, the equation for the mobile bacteria can be modeled by the equation with the fractional time derivative for complex random processes:

$$\frac{\partial c_m m}{\partial \tau} = K_\alpha \frac{\partial^{1-\alpha}}{\partial \tau^{1-\alpha}} \left[ \left( \alpha_d v \frac{\partial^2 c_m}{\partial x^2} - v \frac{\partial c_m}{\partial x} \right) \right], \tag{8}$$

where  $\frac{\partial^{1-\alpha} c}{\partial \tau^{1-\alpha}} = \int_0^\tau \frac{(\tau - \xi)^{-(1-\alpha)}}{\Gamma(1 - 1 + \alpha)} \frac{\partial c}{\partial \xi} d\xi$  is the fractional time derivative. It can be readily shown that in this case the

bacteria distribution coefficient will take the following form:  $k(\tau) = \frac{A_\beta}{K_\alpha} \tau^{\beta-\alpha-1} - \delta(\tau)$ , where  $\delta(\tau)$  is a Dirac delta function. In the case of bacteria growth ( $\mu \neq 0$ ), we have proved that

$$k(\tau) = \frac{A_\beta}{K_\alpha} \tau^{\beta-\alpha-1} e^{\mu\tau} - \delta(\tau). \tag{9}$$

In this case the equation for the mobile phase concentration should be converted to the following form

$$\frac{\partial c_m m}{\partial \tau} = e^{\mu\tau} \left[ K_\alpha \frac{\partial^{1-\alpha}}{\partial \tau^{1-\alpha}} \left( \alpha_d v \frac{\partial^2 c_m}{\partial x^2} - v \frac{\partial c_m}{\partial x} \right) \right] + \mu m c_m. \tag{10}$$

After rather tedious evaluations involving the Laplace transform, function  $q_{im}$  which defines the number of bacteria transferring from one phase to another can be presented in the following form:

$$q_{im} = \frac{A_\beta}{K_\alpha} e^{\mu\tau} \frac{\partial^{1+\beta-\alpha}}{\partial \tau^{1+\beta-\alpha}} \left[ e^{-\mu\tau} (m c_m) \right] - \frac{\partial (m c_m)}{\partial \tau} A_\beta + \mu m c_m. \tag{11}$$

The system (9)–(14) completely defines the behavior of active (mobile) and passive (immobile) bacteria in the porous medium. This system should be supplemented by the proper initial and boundary conditions. For example, in the case of modeling of experimental setup illustrated in Figure 1, we can assume that

$$\tau = 0, \quad c_m = c_i = 0, \quad m = m_0; \tag{12}$$

$$x = 0, \quad c_m = c_0(\tau) = \begin{cases} c_0 - \text{const}, & 0 < \tau < \tau_0 \\ 0, & \tau > \tau_0 \end{cases}; \tag{13}$$

$$x \rightarrow \infty, \quad c_m = c_i = 0, \quad m = m_0. \tag{14}$$

The non-linear boundary-value problem (6)–(14) was solved numerically. This solution was calibrated by the data obtained experimentally. Our preliminary results for the one set of available experimental data are presented in Figure 4. As it can be readily seen the solution of the derived model allows us to obtain an exact match of the solution and experimentally obtained data.

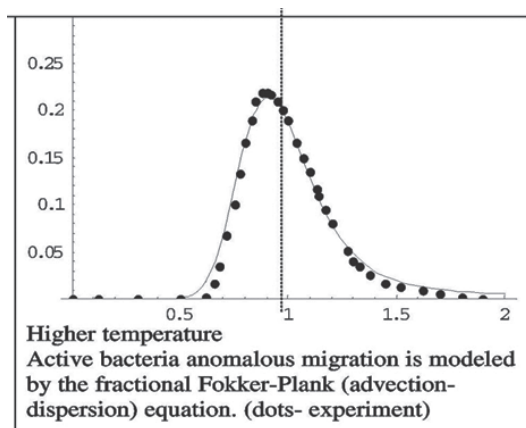


Fig. 4. Experimental results (dots) and numerical solution (solid line) of the problem (6)–(14)

Our preliminary analysis shows that this model can be properly linearized and solved analytically. Using similar approach, which incorporates fractional derivatives, more general models for bacteria migration can be developed. Introducing different forms of the coefficients of bacteria distribution,  $k$ , these new mathematical models can simulate the behavior of the various types of bacteria. Several particular cases can be readily specified and solved analytically.

As was already mentioned, increased subsurface pollution, especially due to organic wastes, oil discharges, and leakages from chemical and petroleum plants, is a serious environmental problem for every country. Bioremediation is an effective practical approach based on the application of bacteria to the subsurface systems for eliminating the hazardous waste. Therefore, the proper understanding of the peculiarities of bacteria migration in a porous medium is an important factor for the development and implementation of bioremediation technology. The principal hurdle in empirically developing such understanding is the difficulty and cost of the analysis of bacteria behavior in porous media and water, which severely limits the number of experiments that can typically be implemented. Mathematical modeling of this process can significantly reduce the cost of studies. In this research a quantitative process-based mathematical model capable of describing the fate and transport of growing bacteria in porous media will be developed. Our preliminary studies show that existing mathematical models do not provide an adequate description of the laboratory-observed peculiarities of the process. Mathematical models of the growing bacteria transport based on fractional advection-diffusion equations can be very promising tools for solving the problems of bioremediation of polluted soils. Using this approach, a reliable model of the growing bacteria transport will be developed and validated. This model can be used for predicting the outcomes of the bioremediation technology application to contaminated soils.

#### 4. Intellectual Merit of REUT

In addition to facilitating the solution of research problems in mathematics we provide a model for the integration of research experiences of teachers and undergraduates. The program assessment gauges the success of this model by measuring not only the impact on career decisions of undergraduate participants, but also the major changes in participants' perception of research in general and mathematics in particular. Methods for measuring this impact on participants' mathematical world-view are of interest not only to the NSF, but to science and mathematics educators. As such, this program fits into CSUC's strong tradition of externally funded and innovative programs for teacher preparation and continuing education in mathematics. Moreover, it builds on the department's history of involving undergraduates in research.



## 5. Conclusion

This project supports the NSF guiding strategy of *advancing discovery and understanding while promoting teaching, training, and learning*. Not only are students involved in research, but also high-school teachers and CSUC faculty are provided with an example of how to integrate research activities into the teaching and learning of math. We provide in-service teachers with a research experience that will foster excitement about mathematics, increase content understanding, and inspire pedagogical innovation in their classrooms. Connections will be built between faculty, students, and teachers by creating new avenues for research activities. Another strategy that is supported through our proposal is to *broaden the participation of under-represented groups*. We encourage our students to pursue advanced degrees in science and engineering. This will help develop a workforce trained to deal with complex problems and increase the number of under-represented individuals in the sciences. We will ensure that at least half of the students supported by renewed REUT funding will be female and at least a quarter from underrepresented minority groups. Additionally, we support the NSF strategy of *enhancing infrastructure for research and education* by promoting faculty research programs at a primarily undergraduate institution. Publications and presentations will be the main method of the *dissemination of our research results*. Our past students have been very active in publishing and presenting REUT research and we expect that tradition to continue. In addition, we encourage our teachers to develop new in-class activities based on their research experience. Our hope is that this will encourage more high school students to pursue careers in STEM disciplines.

### Acknowledgements

The author would like to acknowledge the significant contribution of Dr. Thomas Mattman and Dr. Kathy Gray to the success of the program. The author would like to acknowledge the National Science Foundation for support of the last program (NSF DMS Award # 1156612).

### References

1. Lemmermeyer F. The Euclidean algorithm in algebraic number fields. *Exposition. Math.* 1995;13(5):385–416.
2. Heilbronn H. On Euclid's algorithm in real quadratic fields. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society.* 1938;34(4):521–526.
3. Barnes E. S., Swinnerton-Dyer H. P. F. The inhomogeneous minima of binary quadratic forms (I). *Acta Math.* 1952;87:259–323. DOI:10.1007/BF02392288
4. Chatland H., Davenport H. Euclid's algorithm in real quadratic fields. *Canadian Journal of Math.* 1950;2:289–296. DOI: 10.4153/CJM-1950-026-7

5. Stark H. The Gauss class-number problems. In: *Analytic Number Theory: A tribute to Gauss and Dirichlet. Clay Mathematics Proceedings.* 2007;7:247–256. Available at: <https://claymath.org/library/proceedings/cmip07.pdf>

6. Clark M., Hill J., Tiltman D. The diet, health, and environment trilemma. *Annual Review of Environment and Resources.* 2018;43:109–134. DOI:10.1146/annurev-environ-102017-025957

7. Bar D.-Natan, On Khovanov's categorification of the Jones polynomial. *Algebraic and Geometric Topology.* 2002;2:337–370. DOI: 10.2140/agt.2002.2.337

8. Kauffman L. On Knots. Princeton University Press; 1988. 498 p.

9. Rolfsen D. Knots and Links, Berkeley, CA: Publish or Perish; 1990. 450 p.

10. Campbell Jonathan A., Lind John A., Malkiewich C., Ponto K., Zakharevich I. K-theory of endomorphisms, the TR-trace, and zeta functions. Available at: arXiv:2005.04334

11. Campbell Jonathan A., Lind John A., Malkiewich C., Ponto K., Zakharevich I. Spectral Waldhausen categories, the S-dot construction, and the Dennis trace. Available at: arXiv:2006.04006

12. Baker M., Norine S. Harmonic morphisms and hyperelliptic graphs. *International Mathematics Research Notices.* 2009;(15):2914–2955.

13. Hammer K., Mattman T., Sands J., Vallières D. The special value  $u=1$  of Artin-Ihara L-functions. 2019. Available at: <https://arxiv.org/abs/1907.04910>

14. Stark H., Terras A. Zeta functions of finite graphs and coverings. *Advances in Mathematics.* 1996;(121(1)):124–165. DOI: 10.1006/aima.1996.0050

15. Stark H., Terras A. Zeta functions of finite graphs and coverings, part II. *Advances in Mathematics.* 2000;154(1):132–195. DOI: 10.1006/aima.2000.1917

16. Stark H., Terras A. Zeta functions of finite graphs and coverings, part III. *Advances in Mathematics.* 2007;(208(1)):467–489. DOI: 10.1016/J.AIM.2006.03.002

17. Vallières D. On abelian l-towers of multigraphs. *Annales mathématiques du Québec.* 2021;(45(98)):433–452. DOI: 10.1007/S40316-020-00152-4

18. Fomin S., Chugunov V., Hashida T. Non-Fickian mass transport in fractured porous media. *Advances in Water Resources.* 2011;34(2):205–214. DOI: 10.1016/J.ADVWA-TRES.2010.11.002

### Information about the author

Sergei A. Fomin, Ph.D., Professor at the Department of Mathematics and Statistics, California State University, Chico, CA, USA; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4138-6272>; e-mail: SFomin@csuchico.edu

### Информация об авторе

Фомин Сергей Анатольевич, Ph.D., профессор кафедры математики и статистики, Университет штата Калифорния в Чико, г. Чико, Калифорния, США; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4138-6272>; e-mail: SFomin@csuchico.edu

Поступила в редакцию / Received: 16.11.2021.

Поступила после рецензирования / Revised: 20.12.2021.

Принята к печати / Accepted: 25.01.2022.

## ПОДПИСКА

### Журнал «Информатика и образование»

Индекс подписки  
на 1-е полугодие 2022 года  
(«Урал-Пресс», «АРЗИ» и другие агентства подписки)

**70423**

Периодичность выхода: 3 номера в полугодие (февраль, апрель, июнь)  
Объем — не менее 88 полос

Редакционная стоимость — 900 руб.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

### Уважаемые коллеги!

Статьи для публикации в журналах «Информатика и образование» и «Информатика в школе» должны отправляться в редакцию **только через электронную форму на сайте ИНФО (раздел «Авторам → Отправка статьи»):**

<http://infojournal.ru/authors/send-article/>

Обращаем ваше внимание, что для отправки статьи необходимо предварительно зарегистрироваться на сайте ИНФО (или авторизоваться — для зарегистрированных пользователей).

**С требованиями к оформлению представляемых для публикации материалов можно ознакомиться на сайте ИНФО в разделе «Авторам»:**

<http://infojournal.ru/authors/>

Обратите внимание: требования к оформлению файла рукописи — **разные** для журналов «Информатика и образование» и «Информатика в школе». При подготовке файла рукописи ориентируйтесь на требования для того журнала, в который вы представляете статью. Если вы представляете рукопись в оба журнала (для публикации в одном из изданий — на усмотрение редакции), при ее оформлении следует руководствоваться требованиями к оформлению рукописи в журнал «Информатика и образование».

Дополнительную информацию можно получить в разделе **«Авторам → Часто задаваемые вопросы»:**

<http://infojournal.ru/authors/faq/>

а также в редакции ИНФО:

*E-mail:* [readinfo@infojournal.ru](mailto:readinfo@infojournal.ru)

*Телефон:* +7 (495) 140-19-86



# 1С:Образование

## Система организации и поддержки учебного процесса онлайн

Онлайн-система предназначена для организации электронного обучения и включения дистанционных образовательных технологий в учебный процесс в школе или колледже.



### Функциональные возможности

- Ориентированная на образовательную организацию система администрирования пользователей.
- Учет особенностей организации учебного процесса в конкретной школе или колледже.
- Цифровая библиотека учебных пособий по всем основным общеобразовательным дисциплинам.
- Десятки тысяч интерактивных мультимедийных образовательных ресурсов в составе библиотеки.
- Инструменты для создания собственных цифровых учебных материалов различного дидактического назначения.
- Назначение учащимся групповых и индивидуальных заданий с автоматической проверкой.
- Детальное информирование преподавателя о ходе и результатах самостоятельной учебной деятельности учащегося.
- Совместное использование с любыми системами видеоконференцсвязи для проведения онлайн-занятий.

### Преимущества использования

- Отсутствие затрат на развертывание, администрирование и эксплуатацию системы в сети образовательной организации.
- Отдельная база данных для каждой школы или колледжа.
- Неограниченное количество классов и групп, преподавателей и учащихся.
- Регулярно обновляемая цифровая библиотека учебных пособий.
- Низкая стоимость подключения и простота в использовании.

**Заполните заявку на сайте  
и получите бесплатный тестовый  
доступ на 30 календарных дней.**



