



ИД «Академия Естествознания»

**СОВРЕМЕННЫЕ
НАУКОЕМКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Научный журнал

№ 12 Часть 1 2023



**MODERN
HIGH
TECHNOLOGIES**

Scientific journal

No. 12 Part 1 2023



PH Academy of Natural History

Современные наукоемкие технологии Научный журнал

Журнал издается с 2003 года.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство – ПИ № ФС 77-63399.

«Современные наукоемкие технологии» – рецензируемый научный журнал, в котором публикуются статьи, обладающие научной новизной, представляющие собой результаты завершённых исследований, проблемного или научно-практического характера, научные обзоры.

Журнал включен в действующий Перечень рецензируемых научных изданий (ВАК РФ). К1

Журнал ориентируется на ученых, преподавателей, инженерно-технических специалистов, сотрудников информационных технологий и информатики, использующих в своих исследованиях междисциплинарный подход. Авторы журнала уделяют особое внимание методологии преподавания технических дисциплин.

Основные научные направления: 1.2. Компьютерные науки и информатика, 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации, 2.5. Машиностроение, 5.8. Педагогика.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

Технический редактор

Доронкина Е.Н.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

Корректор

Галенкина Е.С.,

Дудкина Н.А.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.т.н., проф. Айдовос А. (Алматы); д.г.-м.н., проф. Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф. Алоев В.З. (Нальчик); д.т.н., доцент, Аршинский Л.В. (Иркутск); д.т.н., проф. Ахтулов А.Л. (Омск); д.т.н., проф. Баёв А.С. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Баубекос С.Д. (Тараз); д.т.н., проф. Беззубцева М.М. (Санкт-Петербург); д.п.н., проф. Безрукова Н.П. (Красноярск); д.т.н., доцент, Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.т.н., доцент, Бессонова Л.П. (Воронеж); д.п.н., доцент, Бобыкина И.А. (Челябинск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.п.н., проф. Бутов А.Ю. (Москва); д.т.н., доцент, Быстров В.А. (Новокузнецк); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.т.н., проф. Герман-Галкин С.Г. (Щецин); д.т.н., проф. Германов Г.Н. (Москва); д.т.н., проф. Горбатюк С.М. (Москва); д.т.н., проф. Гоц А.Н. (Владимир); д.п.н., проф. Далингер В.А. (Омск); д.псх.н., проф. Долгова В.И., (Челябинск); д.э.н., проф. Дюлятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.псх.н., проф. Дубовицкая Т.Д. (Сочи); д.т.н., доцент, Дубровин А.С. (Воронеж); д.п.н., доцент, Евтушенко И.В. (Москва); д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.т.н., проф. Завражнов А.И. (Мичуринск); д.п.н., доцент, Загrevский О.И. (Томск); д.т.н., проф. Ибраев И.К. (Караганда); д.т.н., проф. Иванова Г.С. (Москва); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.ф.-м.н., проф. Ижугтин В.С. (Москва); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.п.н., проф. Качалова Л.П. (Шадринск); д.псх.н., доцент, Кибальченко И.А. (Таганрог); д.п.н., проф. Клемантович И.П. (Москва); д.п.н., проф. Козлов О.А. (Москва); д.т.н., проф. Козлов А.М. (Липецк); д.т.н., доцент, Козловский В.Н. (Самара); д.т.н., доцент, Красновский А.Н. (Москва); д.т.н., проф. Крупенин В.Л. (Москва); д.т.н., проф. Кузлякина В.В. (Владивосток); д.т.н., доцент, Кузьяков О.Н. (Тюмень); д.т.н., проф. Куликовская И.Э. (Ростов-на-Дону); д.т.н., проф. Лавров Е.А. (Суми); д.т.н., доцент, Ландэ Д.В. (Киев); д.т.н., проф. Леонтьев Л.Б. (Владивосток); д.ф.-м.н., доцент, Ломазов В.А. (Белгород); д.т.н., проф. Ломакина Л.С. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Лубенцов В.Ф. (Краснодар); д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., проф. Макаров В.Ф. (Пермь); д.п.н., проф. Марков К.К. (Иркутск); д.п.н., проф. Матис В.И. (Барнаул); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.п.н., проф. Микерова Г.Ж. (Краснодар); д.п.н., проф. Моисеева Л.В. (Екатеринбург); д.т.н., проф. Мурашкина Т.И. (Пенза); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., проф. Надеждин Е.Н. (Тула); д.ф.-м.н., проф. Никонов Э.Г. (Дубна); д.т.н., проф. Носенко В.А. (Волгоград); д.т.н., проф. Осипов Г.С. (Южно-Сахалинск); д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Петрова И.Ю. (Астрахань); д.т.н., проф. Пивень В.В. (Тюмень); д.э.н., проф. Потышняк Е.Н. (Харьков); д.т.н., проф. Пузырьков А.Ф. (Москва); д.п.н., проф. Рахимбаева И.Э. (Саратов); д.п.н., проф. Резанович И.В. (Челябинск); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.т.н., проф. Рогов В.А. (Москва); д.т.н., проф. Санинский В.А. (Волжский); д.т.н., проф. Сердобинцев Ю.П. (Волгоградский); д.э.н., проф. Сихимбаев М.Р. (Караганда); д.т.н., проф. Скрышник О.Н. (Иркутск); д.п.н., проф. Собянин Ф.И. (Белгород); д.т.н., проф. Страбыкин Д.А. (Киров); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ф.-м.н., проф. Тактаров Н.Г. (Саранск); д.п.н., доцент, Тутолмин А.В. (Глазов); д.т.н., проф. Умбетов У.У. (Кызылорда); д.м.н., проф. Фесенко Ю.А. (Санкт-Петербург); д.п.н., проф. Хола Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., проф. Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., проф. Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., проф. Шалунов А.С. (Ковров); д.т.н., проф. Шарифеев И.Ш. (Казань); д.т.н., проф. Шиншков В.А. (Самара); д.т.н., проф. Шпилицын А.Г. (Челябинск); д.т.н., проф. Яблокова М.А. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент, Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург)

ISSN 1812–7320

Электронная версия: top-technologies.ru/ru

Правила для авторов: top-technologies.ru/ru/rules/index

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,940

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,355

Периодичность	12 номеров в год
Учредитель, издатель и редакция	ООО ИД «Академия Естествознания»
Почтовый адрес	105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции и издателя	440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3
Типография	ООО «НИЦ Академия Естествознания» 410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5
E-mail	edition@rae.ru
Подписано в печать	29.12.2023
Формат	60x90 1/8
Тираж	1000 экз.
Телефон	+7 (499) 705-72-30
Дата выхода номера	31.01.2024
Усл. печ. л.	22,75
Заказ	СНТ 2023/12

Распространяется по свободной цене

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

Modern high technologies

Scientific journal

The journal has been published since 2003.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications. **Certificate – PI No. FS 77-63399.**

"Modern high technologies" is a peer-reviewed scientific journal that publishes articles with scientific novelty, representing the results of completed research, problematic or scientific-practical character, scientific reviews.

The journal is included in the current List of peer-reviewed scientific publications (**HCC RF**). **K1**

The journal is oriented to scientists, teachers, engineering and technical specialists, employees of information technology and computer science, using an interdisciplinary approach in their research. The authors of the journal pay special attention to the methodology of teaching technical disciplines.

Main scientific directions: 1.2. Computer Science and Informatics, 2.3. Information technologies and telecommunications, 2.5. Engineering, 5.8. Pedagogy.

CHIEF EDITOR

Ledvanov Mikhail Yurievich, Dr. Sci. (Medical), Prof.

Technical editor

Doronkina E.N.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

Corrector

Galenkina E.S.,

EDITORIAL BOARD

Dudkina N.A.

D.Sc., Prof. A. Aidov (Almaty); D.Sc., Prof. S.V. Alekseev (Irkutsk); D.Sc., Prof. V.Z. Alov (Nalchik); D.Sc., Docent L.V. Arshinsky (Irkutsk); D.Sc., Prof. A.L. Akhtulov (Omsk); D.Sc., Prof. A.S. Bajov (St. Petersburg); D.Sc., Prof. S.D. Baubekov (Taraz); D.Sc., Prof. M.M. Bezzubtseva (St. Petersburg); D.Sc., Prof. N.P. Bezrukova (Krasnoyarsk); D.Sc., Docent V.V. Belozarov (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent Bessonova L.P. (Voronezh); D.Sc., Docent Bobykina I.A. (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. Bondarev V.I. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Butov A.Y. (Moscow); D.Sc., Docent Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Docent Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Docent Gavrilov V.I. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Gavrilov V.I. (Moscow); D.Sc., Prof. Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Prof. A.I. Gavrishin (Novocherkassk); D.Sc., Prof. S.G. Germanov-Galkin (Szczecin); D.Sc., Prof. G.N. Germanov (Moscow); D.Sc., Prof. S.M. Gorbatyuk (Moscow); D.Sc., Prof. A.N. Gotz (Vladimir); D.Sc., Prof. Dalinger V.A. (Omsk); D.Sc., Prof. Dolgova V.I., (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. Dolyatovsky V.A. (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. A.F. Dresvyannikov (Kazan); D.Sc., Prof. T.D. Dubovitskaya (Sochi); D.Sc., Docent I.V. Evtushenko (Moscow); D.Sc., Prof. N.F. Efreanova (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. A.I. Zavrashnov (Michurinsk); D.Sc., Docent O.I. Zagrevsky (Tomsk); D.Sc., Prof. Izhutkin V.S. (Moscow); D.Sc., Docent Kibalchenko I.A. (Taganrog); D.Sc., Prof. Klemantovich I.P. (Moscow); D.Sc., Prof. Kozlov O.A. (Moscow); D.Sc., Prof. A.M. Kozlov (Lipetsk); D.Sc., Prof. Kuzlyakina V.V. (Vladivostok); D.Sc., Docent Kuzyakov O.N. (Tyumen); D.Sc., Prof. Kulikovskaya I.E. (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. E.A. Lavrov (Sumi); D.Sc., Docent D.V. Lande (Kiev); D.Sc., Prof. L.B. Leontiev (Vladivostok); D.Sc., Docent V.A. Lomazov (Belgorod); D.Sc., Prof. L.S. Lomakina (Nizhny Novgorod); D.Sc., Prof. V.F. Lubentsov (Krasnodar); D.Sc., Prof. A.G. Madera (Moscow); D.Sc., Prof. V.F. Makarov (Perm); D.Sc., Prof. K.K. Markov (Irkutsk); D.Sc., Prof. V.I. Matis (Barnaul); D.Sc., Prof. A.I. Melnikov (Irkutsk); D.Sc., Prof. G.J. Mikerova (Krasnodar); D.Sc., Prof. L.V. Moiseeva (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. T.I. Murashkina (Penza); D.Sc., Prof. V.K. Musaev (Moscow); D.Sc., Prof. E.N. Nadezhdin (Tula); D.Sc., Prof. E.G. Nikonov (Dubna); D.Sc., Prof. V.A. Nosenko (Volgograd); D.Sc., Prof. G.S. Osipov (Yuzhno-Sakhalinsk); D.Sc., Prof. R.Z. Pen (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. M.N. Petrov (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. I.Y. Petrova (Astrakhan); D.Sc., Prof. Piven V.V. (Tyumen); D.Sc., Prof. Potyshnyak E.N. (Kharkov); D.Sc., Prof. Puzryakov A.F. (Moscow); D.Sc., Prof. Rakhimbaeva I.E. (Saratov); D.Sc., Prof. Rezanovich I.V. (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. A.F. Rogachev (Volgograd); D.Sc., Prof. Sikhimbaev M.R. (Karaganda); D.Sc., Prof. Skrypnik O.N. (Irkutsk); D.Sc., Prof. Sobyenin F.I. (Belgorod); D.Sc., Prof. Strabykin D.A. (Kirov); D.Sc., Prof. Sugak E.V. (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. N.G. Taktarov (Saransk); D.Sc., Docent A.V. Tutolmin (Glazov); D.Sc., Prof. U.U. Umbetov (Kyzylorda); D.Sc., Prof. Fesenko Y.A. (St. Petersburg); D.Sc., Prof. Khoda L.D. (Neryungri); D.Sc., Prof. Chasovskikh V.P. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Chentsov S.V. (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. Chervikov N.I. (Stavropol); D.Sc., Prof. A.G. Shchipsitsyn (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. M.A. Yablokova (St. Petersburg); Cand.Sc., Docent A.G. Khaidarov (St. Petersburg)

ISSN 1812–7320

Electronic version: top-technologies.ru/ru

Rules for authors: top-technologies.ru/ru/rules/index

Impact-factor RISQ (two-year) = 0,940

Impact-factor RISQ (five-year) = 0,355

Periodicity	12 issues per year		
Founder, publisher and editors	LLC PH Academy of Natural History		
Mailing address	105037, Moscow, p.o. box 47		
Editorial and publisher address	440026, Penza, st. Lermontov, 3		
Printing	LLC SPC Academy of Natural History 410035, Saratov, st. Mamontova, 5		
E-mail	edition@rae.ru	Telephone	+7 (499) 705-72-30
Signed for print	29.12.2023	Number issue date	31.01.2024
Format	60x90 1/8	Conditionally printed sheets	22,75
Circulation	1000 copies	Order	CHT 2023/12

Distribution at a free price

Subscription index in the Russian Post electronic catalog: PA037

© LLC PH Academy of Natural History

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (1.2.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.3, 2.5.5, 2.5.7, 2.5.8)

СТАТЬИ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ АНАЛИЗА ДАННЫХ <i>Березняк И.С., Гусарова О.М., Попова В.В.</i>	10
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА IOS ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ВЫБОИН <i>Васильев М.Д., Охлопкова С.А.</i>	16
ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С КВАНТОВЫМ ПОВОРОТОМ <i>Великанов В.В., Ермолаев А.С.</i>	21
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ <i>Епишкина А.Д., Горшков К.А., Орлов М.В.</i>	26
ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНОЙ НАГРУЗКИ <i>Кетов А.В.</i>	33
МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ЧАСТИЦ С НАБОРНЫМ МНОГОЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ <i>Лозовая С.Ю., Афонин А.Н., Кравченко В.М., Топчий Я.П.</i>	40
ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ КОМПОЗИТНОЙ ОБОЛОЧКИ <i>Маматов Э.У., Ташиполотов Ы.</i>	46
ОПТИМИЗАЦИОННАЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕГИОНА <i>Медведев А.В.</i>	54
МЕТОД КОРРЕКТИРОВКИ РЕЛЕВАНТНОСТИ ДЛЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ <i>Митрохин М.А., Мартышкин А.И., Ионова Д.Н., Федяшов М.С., Горынина А.В.</i>	60
ГРАДИЕНТНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ В ПОДБОРЕ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ SCIKIT-LEARN <i>Парфентьев К.В., Пронин Д.Д., Борисов В.К., Кабаков В.А.</i>	67
ПОСТРОЕНИЕ АДАПТИВНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЯДОВ СЕЛЕКЦИИ <i>Прохоренков П.А., Регер Т.В.</i>	75
ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ <i>Угрюмова Н.В., Бердникова Ю.А., Угрюмов В.А.</i>	81

НАУЧНЫЙ ОБЗОР**МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО
ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ С ИНТРОСКОПА**

Михалев А.С., Кулаков Е.Д., Меньшенин А.Н., Кузнецов А.С. 87

Технические науки (2.2.4 Приборы и методы измерения (по видам измерений))**СТАТЬЯ****ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЗОЛЬНОСТИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА**

Сентяй Р.Н., Капустин Д.А., Швыров В.В. 94

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)**СТАТЬИ****СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ
КОМПЕТЕНЦИИ ПЕДАГОГА**

Баканова А.А. 99

**РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ
В ИТ-СФЕРЕ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ
АВТОМАТИЗАЦИИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ГОРОД»**

Бужинская Н.В., Гребнева Д.М., Кокиарова Е.А. 104

**ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ АДАПТАЦИИ
НАЧИНАЮЩЕГО УЧИТЕЛЯ НА ЭТАПЕ ОСВОЕНИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ШКОЛЕ**

*Воскресенко О.А., Варникова О.В., Константинов В.В.,
Пашин А.А., Пащовская С.С.* 111

**РАЗВИТИЕ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ У МЛАДШИХ
ШКОЛЬНИКОВ С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
В УСЛОВИЯХ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Гамаюнова А.Н., Бобкова О.В., Кондаранцева И.В. 116

**ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ КАК
ВАЖНЕЙШЕЕ УСЛОВИЕ УСПЕШНОЙ ПОДГОТОВКИ
ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

Ильмушкин Г.М., Байгуллов Р.Н. 124

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ**

Капкаева Л.С., Спиридонова К.М., Зинина С.Х. 130

**ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕННОСТЕЙ КОЛЛЕКТИВИЗМА,
ВЗАИМОПОМОЩИ И ТРУДОЛЮБИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ
ПРОЦЕССЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВУЗОВ**

Крикун Е.В., Белозерова И.А. 139

**ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ
САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ
ОБУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ**

Находкина И.И. 147

МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ РАБОТЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТИ РЕЧИ УЧАЩИХСЯ-БИЛИНГВОВ НА УРОКАХ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК НЕРОДНОГО	
<i>Романенкова О.А., Уланова С.А., Романенкова А.А.</i>	152
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРОВ ЦИФРОВОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ, ВУЗОВ И ИТ-КОМПАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА «ПРОВОД IT»)	
<i>Сенькина Г.Е., Ковалев В.А.</i>	159
МЕТОДИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСПЕШНОСТИ ПРЕДМЕТНОГО ОБУЧЕНИЯ	
<i>Сомова М.В.</i>	165
КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАНИЙ СРЕДСТВАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ	
<i>Тугульчиева В.С.</i>	171
ОПЫТ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОШИБОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ APOS	
<i>Туктамышев Н.К., Горская Т.Ю.</i>	177

CONTENTS

Technical sciences (1.2.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.3, 2.5.5, 2.5.7, 2.5.8)

ARTICLES

MATH MODELLING WITH THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN SOLVING APPLICATION TASKS OF DATA ANALYSIS <i>Bereznyak I.S., Gusarova O.M., Popova V.V.</i>	10
DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN IOS APPLICATION FOR TRACKING ROAD POTHoles <i>Vasilev M.D., Okhlopkova S.A.</i>	16
KEY CYBER SECURITY TRENDS RELATED TO THE QUANTUM EXCHANGE <i>Velikanov V.V., Ermolaev A.S.</i>	21
THE PROCESS OF PLANNING AND CONTROL OF INVESTMENT PROJECTS' IMPLEMENTATION: DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR ITS AUTOMATIZATION <i>Epishkina A.D., Gorshkov K.A., Orlov M.V.</i>	26
NUMERICAL METHOD FOR CALCULATING THE CONTACT LOAD DISTRIBUTION <i>Ketov A.V.</i>	33
MODELING OF PARTICLE KINEMATICS WITH MULTI-KNIVES TOOLS DURING PROCESSING OF RUBBER PRODUCTS <i>Lozovaya S.Yu., Afonin A.N., Kravchenko V.M., Topchiy Ya.P.</i>	40
THERMAL EXPANSION OF A MULTILAYER COMPOSITE SHELL <i>Mamatov E.U., Tashpolotov Y.</i>	46
AN OPTIMIZATION SOCIO-ECOLOGICAL-ECONOMIC MODEL OF THE REGION <i>Medvedev A.V.</i>	54
RELEVANCE ADJUSTMENT METHOD FOR RECOMMENDATION SYSTEMS <i>Mitrokhin M.A., Martyshkin A.I., Ionova D.N., Fedyashov M.S., Gorynina A.V.</i>	60
GRADIENT-BASED OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR HYPERPARAMETER TUNING OF SCIKIT-LEARN MACHINE LEARNING MODELS <i>Parfentev K.V., Pronin D.D., Borisov V.K., Kabakov V.A.</i>	67
CONSTRUCTION OF AN ADAPTIVE MODEL OF A FUZZY LOGICAL INFERENCE SYSTEM USING SELECTION SERIES <i>Prokhorenkov P.A., Reger T.V.</i>	75
AN EFFECTIVE MECHANISM FOR MANAGING ORGANIZATIONAL CHANGE <i>Ugryumova N.V., Berdnikova Yu.A., Ugryumov V.A.</i>	81
REVIEW	
METHODS AND TECHNOLOGIES FOR DETECTING POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS IN A VIDEO STREAM FROM INTROSCOPE <i>Mikhalev A.S., Kulakov E.D., Menshenin A.N., Kuznetsov A.S.</i>	87

Technical sciences (2.2.4 Measurement devices and methods (by types of measurements))
ARTICLE

- USING THE EDDY CURRENT METHOD TO DETERMINE
THE ASH CONTENT OF COAL-WATER FUEL
Sentyay R.N., Kapustin D.A., Shvyrov V.V. 94

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)
ARTICLES

- THE ESSENCE AND CONTENT OF THE TEACHER'S VOCATIONAL
COMPETENCE
Bakanova A.A. 99
- DEVELOPMENT OF TECHNICAL THINKING OF FUTURE SPECIALISTS
IN THE IT FIELD IN THE PROCESS OF SOLVING TASKS
IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATION PROJECTS WITHIN
THE FRAMEWORK OF THE "SMART CITY" CONCEPT
Buzhinskaya N.V., Grebneva D.M., Koksharova E.A. 104
- PEDAGOGICAL SUPPORT OF ADAPTATION OF A BEGINNING TEACHER
AT THE STAGE OF MASTERING PROFESSIONAL ACTIVITY AT SCHOOL
*Voskrekasenko O.A., Varnikova O.V., Konstantinov V.V.,
Pashin A.A., Pashkovskaya S.S.* 111
- DEVELOPMENT OF THOUGHT OPERATIONS IN JUNIOR
SCHOOLCHILDREN WITH MENTAL DEVELOPMENT
RETARDS IN CONDITIONS OF INCLUSIVE EDUCATION
Gamayunova A.N., Bobkova O.V., Kondarantseva I.V. 116
- FORMATION OF NATURAL SCIENTIFIC KNOWLEDGE AS IMPORTANT
CONDITIONS FOR SUCCESSFUL TRAINING OF ENGINEERING
PERSONNEL IN THE CONDITIONS OF A TECHNICAL UNIVERSITY
Ilmushkin G.M., Baigullov R.N. 124
- METHODOLOGICAL METHODS OF ORGANIZING HEURISTIC
ACTIVITY AMONG STUDENTS OF SECONDARY VOCATIONAL
EDUCATION IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS
Kapkaeva L.S., Spiridonova K.M., Zinina S.Kh. 130
- THE PROBLEM OF FORMATION OF VALUES OF COLLECTIVISM,
MUTUAL ASSISTANCE AND DILIGENCE IN THE EDUCATIONAL
PROCESS OF AGRICULTURAL UNIVERSITIES
Krikun E.V., Belozerova I.A. 139
- PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT
OF COGNITIVE INDEPENDENCE OF JUNIOR SCHOOL CHILDREN
IN THE PROCESS OF TRAINING EDUCATIONAL ROBOTICS
Nakhodkina I.I. 147
- METHODS AND TECHNIQUES FOR INCREASING
SPEECH EXPRESSIVENESS OF BILINGUAL STUDENTS
IN RUSSIAN AS A NATIVE LANGUAGE LESSONS
Romanenkova O.A., Ulanova S.A., Romanenkova A.A. 152

DESIGNING INTERACTION OF DIGITAL ADDITIONAL EDUCATION CENTERS, UNIVERSITIES AND IT COMPANIES (BASED ON THE EXAMPLE OF THE IT WIRE PROJECT) <i>Senkina G.E., Kovalev V.A.</i>	159
METHODOLOGICAL MODEL OF PERSONALIZED EDUCATIONAL PROCESS BASED ON PREDICTION OF SUCCESS IN SUBJECT TRAINING <i>Somova M.V.</i>	165
DESIGNING PRACTICAL-ORIENTED TASKS BY MEANS OF MATHEMATICAL TOOLS IN PROFESSIONAL TRAINING OF STUDENTS AT THE UNIVERSITY <i>Tugulchieva V.S.</i>	171
EXPERIENCE IN CLASSIFYING MATHEMATICAL ERRORS USING APOS THEORY <i>Tuktamyshov N.K., Gorskaya T.Yu.</i>	177

СТАТЬИ

УДК 519.6:004:338.2
DOI 10.17513/snt.39853

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ АНАЛИЗА ДАННЫХ

Березняк И.С., Гусарова О.М., Попова В.В.

*ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», филиал,
Смоленск, e-mail: bis1605@mail.ru*

Интеграция современных информационных технологий во все сферы деятельности, особенно сферы прикладных научно-исследовательских изысканий, является неоспоримым фактом реалий современного общества. Трудоемкость работы с большими массивами информации определяет необходимость автоматизации процесса обработки, систематизации, определения характеристик и последующего аналитического обобщения и анализа статистических данных. Данная научная публикация посвящена проработке методики поэтапного анализа статистических данных путем расчета различных характеристик исследуемых показателей и построения математических моделей в среде Python. Приведена схема последовательной загрузки массивов статистических данных с проверкой формата и корректности загрузки с использованием специализированных библиотек и пакетов обработки данных Pandas, NumPy и Matplotlib. С целью повышения достоверности проектируемых математических моделей осуществлена предварительная проверка данных на наличие аномальных наблюдений и характер распределения. Проведена проверка временных рядов исследуемых показателей на стационарность. Для выявленных нестационарных рядов выполнено приведение их к стационарному виду путем исключения тренда и сезонной составляющей. Разработана и проанализирована тепловая карта взаимосвязи ряда показателей, используемых для характеристики социально-экономического положения Центрального федерального округа. Осуществлен анализ коэффициентов парных корреляций с целью построения системы показателей для разработки регрессионных моделей. Выполнено обоснование определения результативного признака и факторов-регрессоров. Разработаны многофакторная и однофакторные регрессионные модели, осуществлен анализ качества построенных уравнений регрессии. Для каждого этапа построения и анализа массивов статистических данных приведены коды программирования в среде Python. Практическая значимость данного исследования заключается в возможности использования разработанной методики поэтапной обработки и анализа данных в проведении научных исследований, связанных с обработкой больших массивов данных, а также в преподавании дисциплин информационно-математического цикла в высших учебных заведениях.

Ключевые слова: обработка больших массивов данных, среда Python, тепловая карта корреляций, расчет характеристик временных рядов, регрессионные модели

MATH MODELLING WITH THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN SOLVING APPLICATION TASKS OF DATA ANALYSIS

Bereznyak I.S., Gusarova O.M., Popova V.V.

*Financial University under the Government of the Russian Federation, branch, Smolensk,
e-mail: bis1605@mail.ru*

Integration of the modern information technologies in all the spheres particularly in the application scientific research is an undeniable fact of the modern life. Labor intensity of the work with mass data determines the necessity of data processing automation, systematization, feature identification and further generalization and statistical analysis of the dataset. The scientific article is devoted to the workup of the technique of the stepwise analysis of the statistical data by calculating different features of the indexes under the study and by creating math models in Python. The article provides the algorithm of the consecutive downloading of statistical datasets with the format check and correctness check of the downloading using the specialized libraries and data processing tools like Pandas, NumPy and Matplotlib. To increase the validity of the projected math models the preliminary data check for anomalous error and distribution has been performed. Time series of the studied indexes have been checked for stationary. To identify nonstationary time series the data were put in the stationary form by excluding trends and a seasonal component. A heat map of interdependency of some data used for the social and economic characteristics of the Central Federal District has been devised and analyzed. The analysis of the coefficients of the pair correlation to form the system of the indexes for creating regression models has been carried out. The determination of the effective feature and regressors has been justified. The multifactor and single factor regression models have been created, the quality analysis of the formed regression equations has been performed. For every stage of forming and analyzing statistical datasets Python codes have been provided. Practical implications of the research involve applicability of the devised technique of the stepwise processing and analyzing of the datasets in carrying out research related to the mass data processing, as well as in teaching Maths and Informatics in institutions of higher education.

Keywords: mass data processing, Python, heatmap of correlation, time series calculation, regression models

Проведение научных исследований в сфере экономики, финансов, социально-экономических процессов и других смежных отраслей сопряжено с необходимостью анализа больших массивов статистической информации. Трудоемкость данного этапа научных исследований является ключевым фактором, определяющим необходимость использования для решения широкого круга задач анализа статистической информации современных цифровых технологий. В ряде случаев общую картину анализа данных дополняют разработанные математические модели, позволяющие оценивать тенденции динамики исследуемых показателей на протяжении длительного интервала времени, определять количественные характеристики, выявлять и анализировать тесноту связи между различными явлениями и процессами. В ряде научных публикаций авторов разработаны прикладные модели, характеризующие особенности развития различных социально-экономических процессов, с использованием информационных технологий [1, 2].

Одним из популярных языков, широко используемым при решении широкого круга задач анализа данных и машинного обучения, является высокоуровневый язык программирования Python, возможности которого дополнены фреймворками, значительно расширяющими сферы применения данного языка программирования.

Целью исследования является разработка методики поэтапного анализа и построения математических моделей в среде Python для решения широкого круга задач анализа статистических данных.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования использовались официальные статистические данные, характеризующие развитие Центрального федерального округа за 2005–2022 гг. Методами исследования послужили специальные методы статистического анализа данных в среде Python, такие как трендовый и корреляционно-регрессионный анализ, метод выборочного наблюдения, сводки и группировки, а также комплексный системный анализ социально-экономических процессов.

Результаты исследования и их обсуждение

При анализе различных социально-экономических процессов достаточно часто возникает необходимость исследования корреляционной зависимости между экономическими показателями и выявления форм их функциональной зависимости. На совре-

менном этапе развития информационных технологий большую роль играет грамотное использование не только существующего математического аппарата, но и применение актуальных цифровых инструментов, осуществляющих автоматизацию трудоемкого процесса выполнения большого объема расчетов. Одним из наиболее часто используемых языков программирования является Python, который в силу своей универсальности, а также наличие специализированных библиотек и пакетов, разработанных для всесторонней обработки данных (Pandas, NumPy и Matplotlib), позволяет строить и анализировать различные модели социально-экономических процессов и явлений.

Рассмотрим анализ взаимосвязи важнейших экономических показателей, характеризующих социально-экономическое положение Центрального федерального округа, такие как валовой региональный продукт (ВРП) (млрд руб.), располагаемые доходы населения ЦФО (руб.), объем инвестиционных вложений в основной капитал (млн руб.), численность малых и средних предприятий региона (тыс.), число занятых в производстве ЦФО (тыс. чел.), оборот малых и средних предприятий (млрд руб.), суммы бюджетных субсидий для интенсификации развития сферы малого и среднего предпринимательства (млрд руб.). В качестве результативного показателя (Y) для проведения исследований была выбрана величина валового регионального продукта (ВРП) (млрд руб.), все остальные показатели рассматривались в качестве факторных признаков (X_i). Таким образом, получим следующий набор переменных:

Y – валовой региональный продукт (ВРП) ЦФО (млрд руб.);

X_1 – объем инвестиционных вложений в основной капитал (млн руб.);

X_2 – располагаемые доходы населения ЦФО (руб.);

X_3 – численность малых и средних предприятий округа (тыс.);

X_4 – число занятых в производстве ЦФО (тыс. чел.);

X_5 – оборот малых и средних предприятий ЦФО (млрд руб.);

X_6 – суммы бюджетных субсидий для интенсификации развития сферы малого и среднего предпринимательства (млрд руб.).

Для корректной обработки данных в первую очередь необходимо установить все библиотеки, необходимые для работы с массивами данных:

```
!pip install pandas numpy  
matplotlib seaborn statsmodels  
scikit-learn
```

Далее осуществляется загрузка файла со статистическими данными, предварительно преобразовав его в датафрейм с использованием соответствующей функции:

```
df = pd.read_excel('/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/ Экономические показатели РФ.xlsx')
```

Проверка корректности загрузки и типы данных осуществлены следующим образом:

```
df.head(5)
```

Для возможности дальнейшего анализа временных рядов столбец «Годы» преобразован во временной формат:

```
df['Годы'] = pd.to_datetime(df['Годы'])
```

Расчет основных статистических характеристик исходных данных (среднее значение, стандартное отклонение, границы квартилей) осуществлен, используя коды:

```
df.describe()
```

Анализ статистических характеристик показателей помогает оценить однородность и характер распределения исследу-

емых данных, позволяет сделать предположения о наличии и характере выбросов (аномальных наблюдениях).

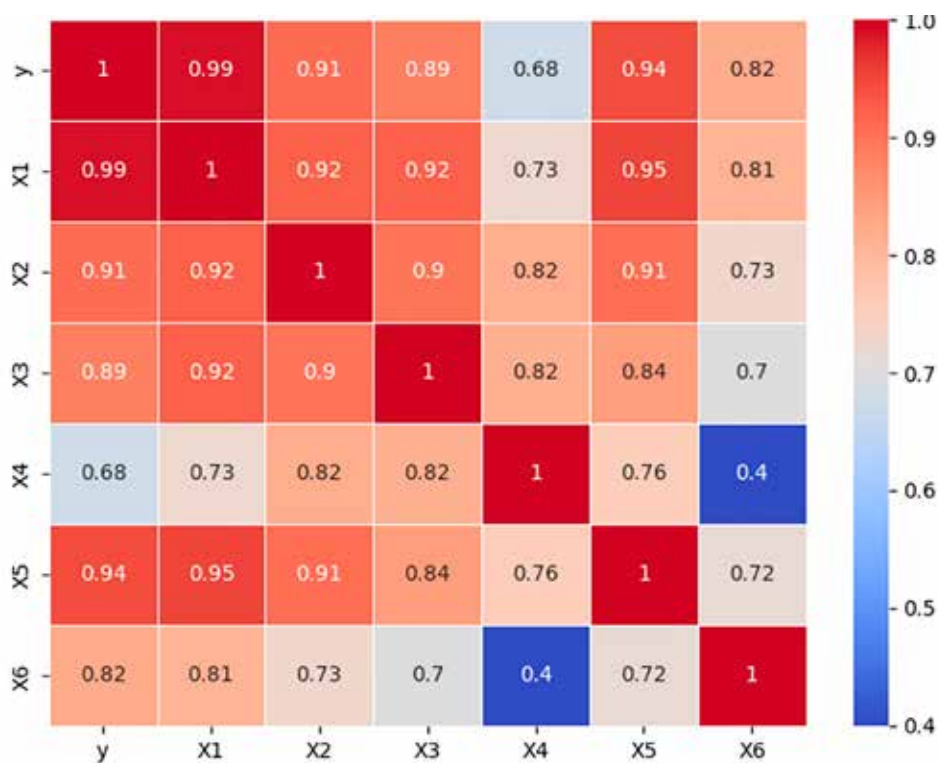
Для более качественного анализа статистических данных и построения математических моделей необходимо выполнить загрузку библиотек визуализации. Библиотеки позволяют наглядно представлять результаты однофакторного анализа признаков и делать предположения о наличии и характере связи между признаками.

```
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.stattools
import adfuller
```

Для оценки силы связи между показателями традиционно осуществляется построение и анализ тепловой карты (матрицы корреляций) признаков (рисунок):

```
cor_matr = df.corr()
plt.figure(figsize=(8, 6))
sns.heatmap(cor_matr, annot=True,
            cmap='coolwarm', linewidths=0.6)
plt.show()
```

Анализ матрицы корреляции позволяет выявить факторы, оказывающее наиболее сильное влияние на результирующий показатель Y (ВРП субъекта исследования).



Матрица (тепловая карта) коэффициентов парных корреляций
Источник: составлено авторами по [3, 4]

В представленной матрице корреляций практически все анализируемые признаки достаточно тесно связаны с результативным признаком, причем эта связь положительная. Наибольшее влияние на результативный признак Y (ВРП) оказывает фактор-регрессор $X1$ «объем инвестиционных вложений в основной капитал», что подтверждается значением коэффициента парной корреляции, равным 0,99. По данным расчетов наименьшее влияние на величину результативного признака Y оказывает фактор-регрессор $X4$ «число занятых в производстве ЦФО», что свидетельствует о наличии ряда других факторов, в большей степени определяющих инновационные векторы развития экономики субъекта исследования.

Важным этапом статистического исследования является проверка временных рядов исследуемых показателей на стационарность. Для проверки стационарности временных рядов по каждому показателю воспользуемся соответствующей функцией:

```
result = adfuller(df['y'])
print('AD-статистика: %f' % result[0])
print('p-уровень: %f' % result[1])
for key, value in result[4].items():
    print(key, value)
```

Эта функция позволяет оценить стационарность исследуемых рядов при помощи теста Дики – Фуллера и, в зависимости от полученных показателей (если значение p-уровня меньше заданного уровня значимости), сделать вывод о возможности построения надежных моделей и дальнейшего прогнозирования.

Если первоначальный ряд данных по результатам исследования не является стационарным, то существует возможность его

преобразования путем исключения тренда и сезонной компоненты для получения стационарного ряда остатков.

По результатам исследования нестационарными оказались все временные ряды исследуемых показателей, за исключением временных рядов признаков $X4$ (численность занятых) и $X6$ (суммы бюджетных субсидий).

Для приведения признаков к стационарному виду путем исключения тренда и сезонной составляющей могут быть использованы следующие функции:

```
df['y_без_тренда'] = df['y'] -
df['y'].rolling(window=2).mean()
df['y_стационарные'] = df['y_без_
тренда'].diff()
```

В результате описанных выше действий исходный датасет был дополнен столбцами « Y _без тренда» и « Y _стационарные», которые могут быть использованы в дальнейшем для более детального анализа исследуемых показателей без учета наличия временного тренда у результативного признака.

Для построения временного ряда, характеризующего изменение результативного показателя во времени, была использована модель ARIMA:

```
from statsmodels.tsa.arima.model
import ARIMA
modell = ARIMA(df['y'], order=(1, 1, 1))
modell_fit = modell.fit()
print(modell_fit.summary())
```

Фрагмент результатов построения модели ARIMA представлен в табл. 1.

В результате расчетов получено следующее уравнение тренда:

$$Y(t) = 1 - 0.9854 t + e(t). \quad (1)$$

Таблица 1

Результаты построения модели ARIMA

```
=====
Dep. Variable: y No. Observations: 17
Model: ARIMA(1, 1, 1) Log Likelihood -157.224
=====
coef std err z P>|z| [0.025 0.975]
-----
ar.L1 1.0000 0.003 292.902 0.000 0.993 1.007
ma.L1 -0.9954 0.328 -3.033 0.002 -1.639 -0.352
sigma2 1.806e+07 1.76e-08 1.03e+15 0.000 1.81e+07 1.81e+07
=====
```

Примечание: получено авторами.

Следующим этапом анализа является получение уравнений регрессии результативного признака от каждого факторного признака (построение моделей парных регрессий) и построение уравнения множественной регрессии, позволяющей учесть совместную вариативность всех факторных признаков на результативный признак. Для построения регрессионной модели была выбрана модель OLS() из библиотеки statsmodels.

Построение уравнения регрессии Y (ВРП) от объема инвестиционных вложений в основной капитал (X1) осуществлено следующим образом:

```
import statsmodels.api as sm
y = df['y']
x = df[['X1']]
x = sm.add_constant(x)
model2 = sm.OLS(y, x).fit()
print(model2.summary())
OLS Regression Results
```

Результаты построения однофакторной регрессии представлены в табл. 2.

Таким образом, модель парной регрессии показателей Y (ВРП) и X1 (объем инвестиционных вложений в основной капитал) имеет вид

$$Y(t) = -0,000114 + 3,3683 X1(t). \quad (2)$$

По результатам, представленным в сводке регрессионной статистики, для уравнения однофакторной регрессии r -значение, равное 0,005, меньше табличного значения 0,05, следовательно, построенная модель признается статистически значимой, и можно принять, что X1 (объем инвестиционных вложений в основной капитал) значимо определяет вариацию и значение результативного признака Y (ВРП ЦФО) [5]. Значение R-квадрата регрессионного уравнения, равное 0,977, свидетельствует о том, что 97,7% вариации результативного признака может быть объяснено влиянием факторного признака X1. F-статистика, равная 645,9, свидетельствует об общей статистической значимости построенной регрессионной модели [6, 7].

Таблица 2

Результаты регрессионной статистики однофакторной модели

```
=====
Dep. Variable: y R-squared: 0.977
Model: OLS Adj. R-squared: 0.976
Method: Least Squares F-statistic: 645.9
=====
coef std err t P>|t| [0.025 0.975]
-----
const -1.14e+04 3479.036 -3.277 0.005 -1.88e+04 -3983.967
X1 3.3683 0.133 25.414 0.000 3.086 3.651
=====
```

Примечание: получено авторами.

Таблица 3

Сводка многофакторного регрессионного анализа

```
=====
Dep. Variable: y R-squared: 0.984
Model: OLS Adj. R-squared: 0.974
Method: Least Squares F-statistic: 101.9
=====
coef std err t P>|t| [0.025 0.975]
-----
const 1.274e+05 1.81e+05 0.704 0.497 -2.76e+05 5.3e+05
X1 3.6840 0.949 3.883 0.003 1.570 5.798
X2 0.0006 0.001 0.680 0.512 -0.001 0.003
X3 -1269.1818 1421.491 -0.893 0.393 -4436.460 1898.097
X4 1.8913 2.709 -0.698 0.501 -7.926 4.144
X5 0.0043 0.330 -0.013 0.990 -0.740 0.731
X6 20.1143 191.075 0.105 0.918 -405.627 445.855
=====
```

Примечание: получено авторами.

Данные характеристики уравнения однофакторной регрессии свидетельствуют о высокой надежности модели и возможности ее использования для целей прогнозирования результативного признака.

Для построения модели множественной регрессии воспользуемся возможностями статистических библиотек:

```
y = df['y']
x = df[['x1', 'x2', 'x3', 'x4', 'x5', 'x6']]
x = sm.add_constant(x)
model3 = sm.OLS(y, x).fit()
print(model3.summary())
```

В результате получим сводку модели множественной регрессии, фрагмент которой представлен в табл. 3.

Уравнение многофакторной регрессии величины Y (ВРП) от социально-экономических факторов региональной экономики ($X1 - X6$) имеет вид

$$Y(t) = 1,274e+05 + 3,684 X1(t) + 0,0006 X2(t) - 1269,1818 X3(t) + 1,8913 X4(t) + 0,0043 X5(t) + 20,1143 X6(t). \quad (3)$$

Уравнение множественной регрессии признается статистически значимым по критерию Фишера, равному 101,9, и имеет высокий уровень качества, оцениваемый коэффициентом детерминации R -квадрат, равным 0,984. Данные характеристики свидетельствуют о надежном построенном уравнении множественной регрессии, которое с высокой степенью достоверности может быть использовано для разработки прогнозов с целью принятия управленческих решений.

Заключение

Построение математических моделей с использованием современных информационных технологий позволяет автоматизи-

ровать трудоемкий и сложный процесс обработки больших массивов статистических данных при проведении научных исследований. Разработанная методика поэтапного построения и анализа массива статистических показателей с использованием многоуровневого языка программирования Python и специализированных библиотек позволяет создать универсальные формы, которые путем изменения адресации на массивы данных могут быть использованы для анализа различных показателей социально-экономической и смежных сфер деятельности при проведении научных исследований и выработке перспективных планов развития.

Список литературы

1. Гусарова О.М., Денисов Д.Э., Сулеменков А.В. Математическое моделирование и численные методы оценки эффективности малого и среднего бизнеса // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 10. С. 32–38. DOI: 10.17513/snt.39788.
2. Гусарова О.М., Денисов Д.Э. Цифровые трансформации как фактор стимулирования развития бизнеса // Фундаментальные исследования. 2022. № 5. С. 40–45. DOI: 10.17513/fr.43251.
3. Росстат. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 12.11.2023).
4. Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства. [Электронный ресурс]. URL: <https://tmssp.nalog.ru/> (дата обращения: 14.11.2023).
5. Базилевский М.П. Формализация процесса отбора информативных регрессоров в линейной регрессии в виде задачи частично-булевого линейного программирования с ограничениями на коэффициенты интеркорреляций // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 8. С. 10–14. DOI: 10.17513/snt.39723.
6. Зададаев С.А., Орлова И.В. Опыт применения эконометрического инструментария для прогнозирования показателей национальных целей развития РФ // Фундаментальные исследования. 2022. № 10–1. С. 54–59. DOI: 10.17513/fr.43343.
7. Орлова И.В. Использование свободного программного обеспечения для эконометрического моделирования // Фундаментальные исследования. 2023. № 1. С. 81–89. DOI: 10.17513/fr.43424.

УДК 004.413
DOI 10.17513/snt.39854

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА IOS ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ВЫБОИН

Васильев М.Д., Охлопкова С.А.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: 1767700@mail.ru

В течение последних лет развитие и совершенствование автомобильных дорог является одним из приоритетных направлений развития Российской Федерации. В рамках национального проекта «Безопасные качественные дороги» увеличились объемы ремонта дорог, строительства новых трасс и участков дорог федерального значения. Согласно опросу ВЦИОМ в декабре 2022 г., более половины респондентов, 54%, отметили улучшения дорог внутри населенных пунктов, по региональным дорогам этот показатель составил 62%. Среди лидеров по удовлетворенности качеством и доступностью дорог не оказалось ни одного региона России, находящегося в условиях криолитозоны. В условиях вечной мерзлоты деформация дорожного полотна происходит намного быстрее, и это связано не только с физическими процессами мерзлых грунтов, но и с соблюдением технологий строительства. Особенно актуален вопрос качества дорог внутри населенных пунктов, где больше техногенных воздействий на дорожную инфраструктуру. Данная проблема также обусловлена отсутствием возможности возведения высоких насыпей для строительства дорог внутри городов. Возникает необходимость введения постоянного мониторинга состояния дорожного покрытия. Одним из решений данного вопроса является разработка приложения, способного автоматически выявлять неровности асфальтового покрытия с помощью встроенных датчиков смартфонов. Разработка такого широкодоступного решения позволит экономически эффективно составить актуальную карту состояния автомобильных дорог внутри населенных пунктов.

Ключевые слова: дорожное покрытие, мониторинг дорог, акселерометр, обнаружение неровностей, динамическая карта, проектирование приложения, мобильное приложение

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN IOS APPLICATION FOR TRACKING ROAD POTHOLES

Vasilev M.D., Okhlopkova S.A.

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: 1767700@mail.ru

In recent years, the development and improvement of highways has been one of the Russian Federation priority direction line. The volumes of road repair, construction of new highways and federal significance roads sections have increased within the framework of the national project “Safe Quality Roads”. According to the survey, VTsIOM in December 2022, more than half of respondents – 54% noted the improvement of roads within settlements, for regional roads this indicator amounted to 62%. Among the leaders in terms of satisfaction with the quality and accessibility of roads there were no Russian regions located in cryolithozone conditions. In permafrost conditions, the process of roadway deformation is much faster, and this is due not only to the physical processes of frozen ground, but also to compliance with construction technologies. The issue of road quality is especially relevant inside populated areas, where there are more man-made impacts on the road infrastructure. This problem is also caused by the impossibility to build high embankments for road construction inside cities. There is a need to introduce continuous monitoring of the road condition surface. One of the solutions to this issue is the development of an application capable of automatically detecting asphalt pavement irregularities using built-in smartphone sensors. The development of such a widely available solution will allow cost-effective mapping of roads condition at the city.

Keywords: road surface, road monitoring, accelerometer, bump detection, dynamic map, application design, mobile application

Оценка эксплуатационного состояния дорог имеет решающее значение для эффективного содержания улиц и дорог. Ключевым аспектом этого является мониторинг дорожного покрытия для выявления участков, имеющих неровности и требующих внимания. Для проведения такого мониторинга используются различные методы.

Одним из основных является визуальный осмотр дорожного полотна обученным персоналом. Данный метод позволяет быстро оценить состояние дорожного покрытия и не требует больших затрат. Однако

он не является точным, так как во многом зависит от человеческого фактора.

Другим методом для обнаружения неровностей дорожного покрытия является использование различных аппаратных средств. В исследовании [1] заключается, что технология лазерного сканирования поверхности обладает высокой точностью, что делает ее хорошо подходящей для оценки ровности дороги, помогая определить участки, требующие обслуживания.

Использование акселерометров и их наличие в мобильных устройствах делает та-

кой способ для обнаружения неровностей дорожного покрытия наиболее доступным. Исследования [2–4] показали перспективные результаты относительно способности смартфона точно распознавать неровности дорожного покрытия с помощью данных акселерометра. Однако факторы, такие как размещение и ориентация мобильного устройства, могут влиять на точность измерений акселерометра.

Еще одним эффективным методом обнаружения неровностей дорожного покрытия является использование георадара. Георадар работает путем излучения электромагнитных импульсов в землю и измерения отраженных сигналов, которые отталкиваются от подповерхностных слоев. Анализируя эти отражения, можно определить наличие трещин, пустот и других неровностей [5].

В работе [6] описано использование метода фотограмметрии и обработки данных с системы стереокамер для обнаружения дефектов дорог. Также отмечается, что затраты являются умеренными с учетом стоимости системы камер и сопутствующей обработки данных.

Достаточно простым методом является получение отзывов участников дорожного движения, включая водителей, велосипедистов и пешеходов. Отзывы участников дорожного движения могут быть собраны в режиме реального времени по различным каналам, например через мобильные приложения, такие как FixMyStreet. Очевидно, что этот метод может служить только дополнительным подходом, а не единственной основой для оценки дорожного состояния.

Можно выделить следующие характеристики для сравнения существующих методов обнаружения неровностей дорожного покрытия: Используемая технология/методика; Необходимость в дополнительном оборудовании; Стоимость; Точность результатов; Потенциал масштабируемости.

В рамках данной работы подход на основе акселерометра был выбран в качестве предпочтительного метода. Использование смартфонов, которые уже оснащены встроенными датчиками, устраняет необходимость в специализированном оборудовании. Кроме того, широкое распространение мобильных устройств среди водителей позволяет осуществлять крупномасштабный сбор для получения информации о дорожных условиях в различных регионах страны.

Целью данной работы является разработка клиентской части iOS-приложения, использующего акселерометр и GPS мобильных устройств, для обнаружения неровностей дорожного покрытия.

Для достижения цели поставлены две основные задачи: 1) обоснование выбора инструментов разработки; 2) проектирование и тестирование приложения по обнаружению неровностей дорожного покрытия на заранее выбранных участках.

Инструменты разработки

На рынке мобильных приложений доминируют две основные операционные системы: iOS и Android, каждая из которых обладает своими уникальными характеристиками. В данной работе представлен опыт разработки для платформы iOS.

Для нативной разработки программ на платформе iOS основными языками программирования являются Objective-C и Swift. Выбор Swift обусловлен его повышенной производительностью и безопасностью. Использование опционалов и вывод типов позволяет отлавливать ошибки во время компиляции. Также Swift остается актуальным и соответствует последним возможностям операционной системы iOS.

Двумя популярными вариантами интегрированных сред разработки для создания iOS-приложений, поддерживающих язык программирования Swift, являются Xcode и AppCode. Однако с выходом новой версии AppCode 2022.3 компания разработчик JetBrains сообщила в конце 2022 г. о прекращении выпуска продукта и технической поддержки до 31 декабря 2023 г. Официальная IDE Xcode предлагает необходимую функциональность и полный набор инструментов для разработки приложений на iOS.

Для построения пользовательского интерфейса существуют два фреймворка SwiftUI и UIKit. SwiftUI – относительно новый инструмент, выпущенный в 2019 г., из-за чего поддерживается начиная с iOS 13 и выше. В отличие от UIKit, который следует императивному подходу, SwiftUI предоставляет декларативный синтаксис для написания кода. При использовании UIKit есть возможность создавать интерфейсы с помощью конструктора интерфейса Storyboard или программно, без использования Storyboard. Было принято решение использовать UIKit с помощью программного подхода, так как вся логика, связанная с интерфейсом, записывается непосредственно в коде, что облегчает ее понимание, модификацию и контроль.

Тремя основными фреймворками для мобильного приложения на iOS, использующего данные акселерометра и GPS, являются Core Location, Core Motion и Combine. Core Location позволяет получать необходимые данные GPS для отслеживания местоположения и перемещения пользователя.

Core Motion предназначен для сбора и обработки данных о движении, полученных с помощью акселерометра устройства. Combine обеспечивает обработку асинхронных событий. В данном случае Combine будет использован для работы с потоками данных, получаемых от Core Location и Core Motion.

При выборе подходящего картографического сервиса для приложения были рассмотрены различные варианты, включая MapKit, Google Maps SDK, Yandex MapKit и 2GIS Mobile SDK. Выбор Google Maps SDK обусловлен широким распространением среди пользователей и разработчиков.

Для установки внешних зависимостей, таких как Google Maps SDK, необходимо выбрать подходящий менеджер пакетов. При разработке iOS-приложений существует несколько популярных менеджеров пакетов, такие как Swift Package Manager (SPM), Carthage и CocoaPods. Официальная документация для Google Maps SDK рекомендует использовать CocoaPods в качестве менеджера пакетов. Соответственно, учитывая, что Google Maps SDK не поддерживает SPM и что Carthage сложен в настройке, выбор был сделан в пользу CocoaPods.

Проектирование приложения

По результатам анализа возможностей встроенных датчиков смартфонов [2] определен набор следующих функциональных требований к мобильному приложению:

1. Приложение должно получать данные датчиков акселерометра и GPS мобильного устройства и использовать их для обнаружения неровностей.

2. Приложение должно обеспечивать визуальное отображение местоположений обнаруженных неровностей на карте с цветовой градацией, которая будет отражать уровень неровности.

3. Приложение должно работать в фоновом режиме.

4. Приложение должно предоставлять пользователю возможность просматривать карту с неровностями в режиме реального времени во время совершения поездки.

Проект в целом построен по архитектуре «клиент-сервер», где клиентской частью является разрабатываемое iOS-приложение (рис. 1). Клиентская часть приложения использует архитектурный паттерн MVC (Model-View-Controller). Данный паттерн позволяет разделить логику приложения на три ключевых компонента: Модели, Представления и Контроллеры.

Серверный компонент решает такие задачи, как обработка неровностей и их классификация в зависимости от значений и хранение информации в базе данных. Кли-

ентская часть приложения взаимодействует с сервером, используя стандартные методы HTTP, такие как GET и POST запросы.

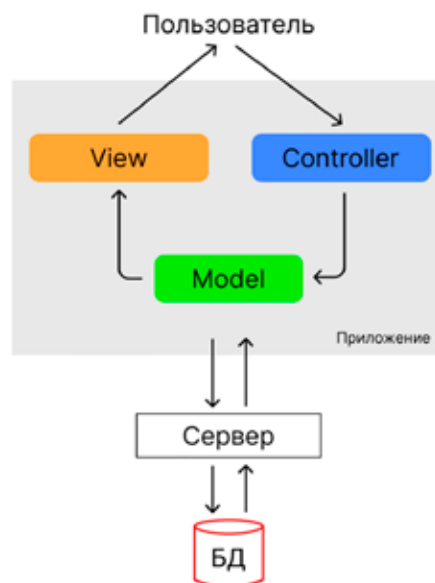


Рис. 1. Шаблон архитектуры приложения

Описание общего алгоритма работы мобильного приложения представлено в работе [7]. Акселерометр измеряет ускорение мобильного устройства в трех проекциях. Когда движущийся автомобиль наезжает на неровность, то происходит сравнение текущего и предыдущего значения акселерометра с привязкой геопозиции. Неровность обнаруживается, если полученное значение больше установленного. Затем данные неровностей отправляются на сервер. В приложении составляется актуальная карта состояния автомобильных дорог. При разработке приложения было использовано 18 различных классов.

Прецедент использования (Use case) должен включать такие действия, как просмотр карты неровностей, предоставление обратной связи и изменение настроек.

Разработка приложения по обнаружению неровностей дорожного покрытия

Рассмотрим основные разработанные модули, которые обеспечивают функциональность мобильного приложения. Каждая компонента является частью микросервисной архитектуры.

Для работы с данными акселерометра мобильного устройства был создан сервис AccelerometerService, использующий фреймворки CoreMotion и Combine. После проверки доступности датчика и единственности экземпляра сервиса данные акселеро-

метра начинают публиковаться. Интервал обновления для получения данных составляет 0,5 с.

Сервис LocationService предназначен для предоставления доступа к данным геолокации, работы с местоположением и скоростью устройства. При этом используется фреймворк CoreLocation. У сервиса есть 3 объекта-издателя: coordinatesPublisher для публикации координат геолокации, deniedLocationAccessPublisher для отправки статуса разрешения на доступ к геопозиции и speedPublisher для издания значения скорости. Скорость измеряется в метрах в секунду, для удобства следует перевести скорость в километры в час.

За обнаружения неровностей дорожного покрытия и отправки их данных на сервер отвечают два класса BumpManager и BumpWorker соответственно. Здесь реализован алгоритм распознавания выбоин на дорогах. Обработка потока данных позволяет фиксировать неровности (вычисленное значение коэффициента более 1,9) синхронизируя данные по локации и скорости (более 30 км/ч). Если неровность получена, она добавляется в массив и выводится сообщение, указывающее на обнаружение неровности. Когда количество фиксированных неровностей в одном и том же месте достигает определенного количества создается объект класса Bumps.

Для установки необходимых зависимостей проекта с Google Maps использовался менеджер пакетов CocoaPods. Использование фреймворка Google Maps

требует генерации API-ключа. За отображение карты и загрузки обнаруженных неровностей из сервера отвечает класс-контроллер MapVC, импортирующий фреймворк GoogleMaps. Загрузка точек на карту и отображение их маркерами различных цветов в зависимости от типа достигается использованием нескольких функций (loadPoints, updateMarkers).

В проекте используется БД Mongo DB. Были созданы два основных вида сущности: Bumps и Points. Первые представляют собой первоначальные данные (грязные), которые после обработки преобразуются в чистые данные – Points. Для обеспечения работы приложения с сервером используются следующие URL:

1. /api/Point/GetPoints. Параметры: latitude, longitude, maxDistance, minDistance. Результат: массив JSON-объектов (список неровностей).
2. /api/Bump/InsertBumps. Параметры: массив JSON-объектов (список неровностей).
3. /api/Review/InsertReview. Параметры: email, phone, name, text.

При запуске приложения, во время проверки доступности и работоспособности встроенных датчиков, на начальном экране отображается анимированный логотип сервиса. Согласно политике конфиденциальности, полноценное функционирование приложения доступно после получения доступа к данным геопозиции пользователя. Также при первом подключении к сервису на экране появляется слайдер для ознакомления с функционалом приложения (рис. 2).

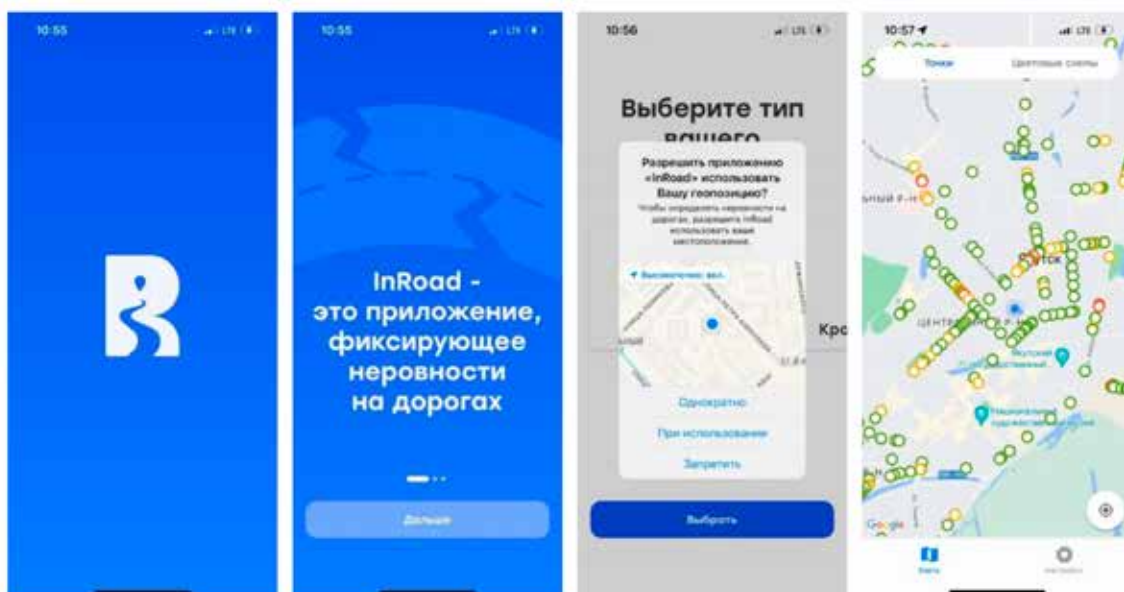


Рис. 2. Экраны при первом запуске

Перед началом использования приложения пользователю доступны следующие опции: выбор типа транспортного средства и выбор типа просмотра (водитель или наблюдатель).

На главном экране приложения есть две панели вкладок: карта и настройки. На вкладке «Карта» приложения представлена карта, на которой отображены точки неровностей с цветовой градацией. Когда пользователь наезжает на неровность во время движения, на экране появляется toast-сообщение с текстом «Найдена неровность».

На вкладке «Настройки» пользователь может изменить тип просмотра и тип автомобиля. Кроме того, он может написать отзыв, чтобы оставить свое мнение или поделиться своим опытом работы с приложением. При оставлении отзыва на вкладке «Настройки» пользователь должен заполнить следующие поля: имя, номер телефона, электронная почта, сообщение.

Для оценки работоспособности и последующей наладки приложения был проведен комплекс тестов с использованием различных моделей iPhone на разных версиях iOS. Приложение было установлено на тестовые устройства через кабельное подключение с запущенной программой Xcode, при котором требовалось разрешение на доверие разработчику. Тестирование проводилось по заранее определенному маршруту в г. Якутске. Результаты показали довольно высокий уровень обнаружения (93%) и отметки неровностей вдоль дорог, которые были задействованы на маршруте. Точки на карте с цветовой градацией отмечались на местах, принятых предварительно за явные дефекты. Разница в точности определения геолокации неровности в зависимости от модели устройства (iPhone 8 и iPhone 13 Pro) была минимальной.

Заключение

На данном этапе развития проекта разработано MVP – мобильное приложение, обладающее минимальным, но достаточ-

ным начальным потребительским функционалом. В ходе выполнения исследовательской части работы изучены аппаратные и программные возможности iOS для обнаружения неровностей дорог. Для дальнейшего развития проекта необходимо продолжить исследования по улучшению выработанного алгоритма и проведению более массового тестирования продукта. Возможность учета регистрации пользователей, внедрения функции предупреждения о приближающейся неровности изучаются и рассматриваются в призма интеграции с другими сервисами.

Список литературы

1. Алтынцев М.А. Исследование результатов обработки полученных различными моделями наземных лазерных сканеров данных для контроля качества ремонта автомобильных дорог // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2022. № 2. С. 5–17.
2. Васильев М.Д., Дегтярев А.В., Чекуров А.Ю. Применение встроенных датчиков смартфонов для обнаружения и анализа нарушений ровности автомобильных дорог // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 12–1. С. 20–25.
3. Забержинский Б.Э., Золин А.Г., Беда Д.А. Разработка алгоритма визуализации и определения характеристик дорожных аномалий для автономных транспортных средств // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 4. С. 40–45.
4. Al-Shargabi B., Hassan M., Al-Rousan T. A novel approach for the detection of road speed bumps using accelerometer sensor // TEM Journal. 2020. Т. 9, № 2. С. 469–476.
5. Ванерке А.В., Васильев С.А. Анализ эффективности применения георадаров при обследовании дорожных конструкций // Совершенствование методологии и организации научных исследований в целях развития общества: сборник статей Международной научно-практической конференции (Новосибирск, 17 июня 2021 г.). Уфа: ОМЕГА, 2021. С. 36–42.
6. Листратенко Я.С., Смяцкий Д.А., Зайцев А.Ю., Курбатов К.А. Использование метода фотограмметрической обработки изображений для определения дефектов поверхности // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции (Санкт-Петербург, 28 января 2020 г.). СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. С. 171–174.
7. Охлопкова С.А., Васильев М.Д. Разработка IOS приложения для обнаружения неровностей дорожного покрытия // Современные информационные технологии, инновации и молодежь – «СИТИМ-2023»: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с международным участием (Якутск, 27–29 марта 2023 г.). Ульяновск: Зебра, 2023. С. 70–73.

УДК 004.424
DOI 10.17513/snt.39855

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С КВАНТОВЫМ ПОВОРОТОМ

¹Великанов В.В., ²Ермолаев А.С.

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград,
e-mail: helen901@mail.ru;

²ООО «Интернет-агентство ИНТЕРВОЛГА», Волгоград, e-mail: alexey.0994@mail.ru

Данная статья посвящена рассмотрению проблемы квантового поворота и его влияния на тенденции в области кибербезопасности. Стремительный прогресс в области создания и использования квантовых компьютеров и квантовых вычислений, названный квантовым поворотом, а также быстроразвивающаяся квантовая криптография создают значительные угрозы в области кибербезопасности. Среди основных тенденций, создающих угрозы, необходимо отметить усиливающуюся американо-китайскую гонку за лидерство на рынке квантовых компьютеров и квантовых вычислений, которая увеличивает уровень неопределенности и рисков на рынке квантовых технологий. Также стоит отметить кратный рост успешных попыток проникновения в сети предприятий через домашние сети сотрудников, что связано, прежде всего, с ростом количества работников компаний, занятых удаленно, и значительным прогрессом в области совершенствования инструментов проникновения, используемых киберпреступниками. Третьей значимой тенденцией в области кибербезопасности станет рост опасности интернета вещей. В условиях квантового поворота возникают значительные угрозы безопасности пользователей так называемых умных вещей. С нашей точки зрения, основной проблемой интернета вещей (IoT) является отсутствие единых стандартов безопасности. В условиях квантового поворота IoT представляет собой значительные риски в области кибербезопасности, для предотвращения которых требуются совместные усилия производителей и пользователей по разработке единого стандарта безопасности.

Ключевые слова: квантовый поворот, кибербезопасность, методы квантовой криптографии, квантовый компьютер, интернет вещей

KEY CYBER SECURITY TRENDS RELATED TO THE QUANTUM EXCHANGE

¹Velikanov V.V., ²Ermolaev A.S.

¹Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: helen901@mail.ru;

²INTERVOLGA Internet Agency LLC, Volgograd, e-mail: alexey.0994@mail.ru

This article examines the problem of the quantum turn and its impact on trends in cybersecurity. Rapid advances in the creation and use of quantum computers and quantum computing, called the «Quantum exchange» as well as rapidly evolving quantum cryptography, pose significant cybersecurity threats. Among the main trends creating threats, it is necessary to note the intensifying US-China race for leadership in the market of quantum computers and quantum computing, which increases the level of uncertainty and risks in the market of quantum technologies. It is also worth noting the multiple increase in successful attempts to penetrate enterprise networks through the home networks of employees, which is primarily due to the increase in the number of company employees working remotely and significant progress in improving the penetration tools used by cybercriminals. The third significant trend in cybersecurity will be the growing threat of the Internet of Things. In the context of the quantum turn, significant threats to the security of users, the so-called «smart things», arise. From our point of view, the main problem of IoT is the lack of uniform security standards. In the context of the quantum turn, the Internet of Things (IoT) poses significant cybersecurity risks that require a collaborative effort between manufacturers and users to develop a common security standard.

Keywords: quantum turn, cybersecurity, quantum computer, quantum cryptography methods, Internet of things

Вместе с развитием квантовых информационных технологий и цифровой экономики происходит бурный рост рисков проведения кибератак и похищения конфиденциальных данных. Возникновение квантовых вычислений поставило новую задачу для служб, занимающихся кибербезопасностью. Эта технология и открывающиеся перед ней возможности могут значительно изменить подходы к криптографии и способам защиты данных.

На сегодняшний день происходят значимые изменения, получившие название

«квантовый поворот», что вызвано потребностью во внедрении максимально проверенных технологий, обусловленном растущей угрозой со стороны квантовых компьютеров. Квантовые компьютеры способны с легкостью преодолеть устаревшие механизмы защиты информации. Именно поэтому многие компании начали пересмотр имеющихся систем безопасности и изучение новых. Это обусловлено внедрением квантовых ключей, гомоморфного шифрования и многосторонних вычислений. Кроме того, высокий уровень важности

на данный момент времени имеет обеспечение совместимости старых систем с новыми. Другую важную роль, кроме создания инновационных подходов к обеспечению безопасности, имеет обучение сотрудников новым методам защиты. Хотя этот процесс может быть трудным и затратным, он необходим для защиты данных и поддержания пользовательского доверия в условиях постоянно развивающихся угроз.

Цель исследования: создать структурированное представление об основных тенденциях в области кибербезопасности, связанных с так называемым квантовым поворотом, вызванным прогрессом в области квантовых компьютеров и квантовой криптографии.

Материалы и методы исследования

В работе использованы следующие методы исследования: теоретические (анализ научных источников по проблеме исследования, анализ результатов работы специалистов по кибербезопасности и преподавателей профильных дисциплин Волгоградского государственного технического университета) и эмпирические (наблюдение, беседа, метод экспертной оценки). Базой исследования выступил курс по информационной безопасности Центра защиты информации Волгоградского государственного технического университета.

Результаты исследования и их обсуждение

Внедрение квантовых информационных технологий изменит область информационной безопасности благодаря применению принципов квантовой механики. Используемые сегодня протоколы криптографии, такие как RSA и ECC, основаны на больших и сложных математических моделях, с трудом поддающихся расшифровке стандартными компьютерами. На данный момент защита более 95% всей информации в сети Интернет обеспечивается протоколом RSA, однако еще в 2022 году китайские исследователи опубликовали работу «Факторизация целых чисел с сублинейными ресурсами на сверхпроводящем квантовом процессоре» [1], в которой заявили, что разработали устойчиво работающий метод взлома алгоритма RSA с помощью квантовых вычислений. Таким образом, появление и внедрение в массовое использование квантовых компьютеров представляют серьезную угрозу, поскольку, обладая значительно большей вычислительной мощностью, они могут выполнять такие сложные операции, как, например, расчет дискретных логарифмов, гораздо быстрее, чем обыч-

ные компьютеры. Ответом на новые угрозы кибербезопасности может стать квантовая криптография. В частности, ответом на рост возможностей по взлому и проникновению может явиться алгоритм Шнора, который сложно реализовать на современных классических компьютерах, но возможно на базе квантовых вычислительных систем. Возможно, что в ближайшее время возникнут смешанные, квантово-классические вычислительные системы, которые станут основой перехода к чистым квантовым системам криптографии.

Квантовая криптография – это быстро развивающаяся область, которая решает проблемы, возникающие в связи с развитием квантовых вычислений. Ее цель – обеспечить безопасную связь в условиях, когда злоумышленники могут использовать квантовые компьютеры для взлома существующих систем шифрования. Квантовая криптография построена на фундаментальном принципе использования уникальных физических свойств квантовых частиц для обеспечения информационной безопасности. Важнейшим аспектом этой области является использование квантовых ключей для шифрования данных. Процесс шифрования происходит следующим образом.

Для организации защищенной связи используется квантовый ключ. Отправитель генерирует квантовые биты (кубиты) и отправляет их получателю по квантовому каналу. Важно понимать, что любая попытка перехвата кубитов приведет к их изменению, которое отправитель может обнаружить. Получатель внимательно изучает кубиты и своевременно обнаруживает попытки вторжения или перехвата канала связи. В случае обнаружения аномалий отправитель и получатель немедленно выбрасывают ключи шифрования и получают уведомление о попытке атаки. После того как система обнаружит отсутствие атак, отправитель и получатель могут использовать сгенерированные квантовые ключи для безопасного шифрования и дешифрования данных.

Можно выделить ряд проблем и вызовов, связанных с квантовой криптографией.

1. Быстрый рост числа и мощности квантовых компьютеров может способствовать тому, что существующие методы квантовой криптографии устареют, что приведет к необходимости постоянного обновления систем квантовой безопасности.

2. Интеграция квантовых технологий в существующую информационную инфраструктуру сопряжена с определенными трудностями, особенно в части операционной совместимости и переходных решений.

Характерной чертой развития квантовой криптографии стала американо-китайская гонка за лидерство на рынке квантовых компьютеров и квантовых вычислений.

США и Китай ведут серьезную технологическую борьбу на мировой арене, в частности в области квантовых вычислений. Квантовые компьютеры способны произвести революцию в обработке информации, создав устойчивый тренд развития отрасли на следующие 50–75 лет, что делает это соревнование крайне важным для обеих стран, стремящихся к лидерству в данной области. Как США, так и Китай занимают лидирующие места в исследованиях квантовых технологий. В США такие компании, как IBM, Google и Microsoft, занимают лидирующие позиции в этой области, а согласно недавно принятым законам будут выделены значительные средства на дальнейшие разработки. Китай также активно инвестирует в квантовые вычисления, примером чему может служить запуск спутника *Micius* в 2018 году. Этот спутник продемонстрировал потенциал квантовых технологий, успешно передав квантовые состояния на большие расстояния. Квантовые вычисления обладают огромным потенциалом для различных областей, однако они также представляют значительную угрозу для криптографических систем, делая данные уязвимыми для взлома.

Специалисты из Hudson Quantum Alliance Initiative утверждают, что китайские специалисты сосредоточили свои усилия на двух базовых направлениях: создание собственных, независимых квантовых технологий, способных взламывать как симметричные, так и асимметричные системы шифрования, а также создание национальной системы безопасности, способной противостоять взлому и проникновению сил, использующих современные квантовые технологии, прежде всего США и их союзников.

Одновременно с этим Китай пытается догнать США в области создания квантово-фотонных схем передачи информации, используемых в сенсорных и вычислительных квантовых технологиях, шифровании и дешифровании данных. Отметим также, что китайское правительство объявило исследования в области квантовых технологий национальным приоритетом и способно национализировать любые новые технологии, алгоритмы или полученные данные. На данный момент самым мощным китайским квантовым компьютером является *JiuZhang 3*, который способен использовать 225 фотонов в качестве физического средства для выполнения расчетов [2].

В свою очередь, правительство США приняло закон о кибербезопасности квантовых вычислений, в котором прямо указано на необходимость активизировать разработку средств обеспечения безопасности так называемой постквантовой криптографии. Его главная задача – заставить сотрудничать частный и государственный сектора экономики для создания так называемых квантово готовых, а потом и квантово безопасных технологий шифрования и передачи данных. На Западе ключевым игроком рынка квантовой криптографии является американский Национальный институт стандартов и технологий (National Institute of Standards and Technology, NIST), в задачи которого входят отбор, проверка и тестирование новых стандартов шифрования. После длительного тестирования степени их уязвимости для квантовой дешифровки и взлома отобранные алгоритмы в будущем станут новыми стандартами безопасности.

Интенсивность общемировой квантовой гонки можно оценить по количеству патентов, полученных университетами и исследовательскими лабораториями этих стран в области квантовых вычислений. В США в течение 2020–2022 годов получено 1184 патентные заявки, в Китае – 684, в России – 21. Общее количество полученных патентных заявок неуклонно растет, отражая общую тенденцию роста инвестиций в сферу квантовых вычислений [3].

Одним из важных, но не очевидных последствий создания гибридных квантово-классических технологий станет рост проникновения в сети предприятий через домашние сети сотрудников.

Глобальная статистика показывает, что более 40% IT-специалистов работают удаленно, преимущественно дома, и это число будет расти. Так, по данным анализа активности киберпреступников, рост количества успешных кибератак на домашние сети сотрудников компаний в 2022–2023 годах составил более 300% [4].

Киберпреступники рассматривают проникновение в сети сотрудников, работающих удаленно, как легкий способ проникновения в корпоративные сети, поскольку традиционно вопросам поведения и защиты сотрудников предприятий в домашних и личных социальных сетях внимания уделяется гораздо меньше. Характерными особенностями здесь, как правило, являются «слабые» пароли, минимальные или вообще отсутствующие меры безопасности, низкие навыки обеспечения сетевой безопасности самих сотрудников компании.

В условиях «квантового поворота» и роста возможностей киберпреступников пред-

приятиям и их службам кибербезопасности придется значительно увеличить инвестиции для защиты своих сетей. Среди первоочередных мер, прежде всего, необходимо указать следующие.

1. Обязательное обучение всех сотрудников, работающих удаленно, правилам кибербезопасности.

2. Разработка новых инструментов, основанных на принципах квантового шифрования, для обеспечения безопасности домашних сетей сотрудников, включая новое антивирусное ПО и обеспечение регулярного обновления программ в автоматическом режиме, с минимальным участием сотрудников компании, работающих удаленно.

3. Постоянный мониторинг активности сотрудников, работающих удаленно, в корпоративной сети, выявление необычной активности и ее отслеживание и анализ.

4. Обеспечение регулярного обновления ПО на устройствах сотрудников, работающих удаленно.

Отметим, что наиболее перспективным способом решения проблемы проникновения в домашние сети сотрудников является корпоративное VPN-соединение, которое расширит корпоративную сеть компании, включив в нее домашние сети сотрудников. Такая схема позволит создать защищенное соединение между домашним компьютером и корпоративным сервером, направив весь сетевой трафик в корпоративную сеть, повысив тем самым его защищенность и обеспечив высокий уровень контроля. Одновременно с этим пользователям придется установить корпоративное ПО, необходимое для управления мобильными устройствами, поскольку оно позволяет широко применять правила корпоративной политики безопасности, проводить удаленную телеметрию интернет-трафика, отслеживать попытки несанкционированного доступа к сети. Вторым, но не менее важным последствием «квантового поворота» станет рост опасности интернета вещей с точки зрения кибербезопасности.

Технология интернета вещей (IoT) является одной из новых, ключевых технологий, которая позволяет «умным» устройствам обмениваться данными в режиме реального времени и эффективно выполнять задачи, поставленные пользователями. По статистике, в 2022 году 79% IT-фирм использовали технологии IoT, более 65% международных компаний используют или планируют использовать технологии IoT. В 2022 году к системе интернета вещей было подключено более 42 млрд устройств, однако в мире до сих пор не существует признанной безопасной экосистемы IoT [5].

При этом в условиях квантового поворота угрозы безопасности пользователей будут только расти. С нашей точки зрения, основной проблемой IoT является отсутствие единых стандартов безопасности и нежелание фирм – продавцов «умной» электроники обеспечивать послепродажную защиту устройств. Кроме того, спецификой рынка IoT является то, что по мере роста интернета вещей создаются новые точки доступа для киберпреступников. По данным статистики компании HP, более 70% устройств класса IoT не шифруют свой трафик, 30% устройств не позволяют изменить фабричный пароль, установленный по умолчанию, веб-интерфейс 60% устройств признан экспертами компании небезопасным, 90% устройств собирают информацию о пользователе без его разрешения [6].

Многие «умные» устройства недостаточно защищены или вообще не защищены, производители не уделяют приоритетного внимания защите от проникновения и перехвата контроля. Кроме того, программное обеспечение многих из этих устройств не обновляется регулярно или не обновляется вообще, что еще больше повышает их уязвимость.

Наиболее известный инцидент в области интернета вещей произошел 3 марта 2022 года, когда стало известно, что неисправленная DNS-уязвимость подвела опасности миллионы умных устройств. Использование ошибки позволило провести атаки типа «человек посередине» (MITM) и повреждать кэш DNS, эффективно перенаправляя интернет-трафик на подконтрольный злоумышленникам сервер.

IoT-устройства подвержены различным атакам, основными из которых являются атаки, основанные на переборе паролей. Еще одной распространенной формой атак является распределенный отказ в обслуживании (DDoS), когда скомпromетированные IoT-устройства «зомбируются», а в дальнейшем используются для перегрузки и вывода из строя целевых сайтов или корпоративных сетей.

Кроме того, IoT-устройства могут стать мишенью для киберворов, которые стремятся похитить личную информацию пользователей; существуют значительные опасения по поводу недостаточных мер безопасности данных, передаваемых через носимые IoT-устройства, прежде всего устройства электронного банкинга. Отметим, что наибольший потенциал защиты тут имеет использование биометрических данных, что позволяет получить два преимущества – не позволить подобрать код доступа к устройству и ускорить обработку запро-

сов клиентов. Однако, как уже говорилось выше, современные, гибридные технологии позволяют обойти и биометрическую защиту устройства.

В условиях «квантового поворота» интернет вещей представляет собой значительный риск кибербезопасности, для предотвращения которого требуются совместные усилия производителей и пользователей по разработке единого стандарта безопасности. Это предполагает, прежде всего, внедрение надежных мер безопасности и разработку безопасной экосреды IoT-устройств, регулируемой государством. В России нормативно-правовое регулирование интернета вещей находится на начальном этапе развития. В федеральных законах интернет вещей не определен. Интернет вещей подчиняется общим нормам согласно Федеральному закону от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных», Федеральному закону от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» и Федеральному закону от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации», если то предприятие, где он используется, относится к КИИ.

Заключение

Квантовые вычисления – это новый, революционный подход к обработке информации, использующий принципы квантовой механики. Хотя квантовые компьютеры об-

ладают огромным потенциалом с точки зрения вычислительной мощности, они также представляют собой значимую, серьезную проблему для существующих методов шифрования данных и мер кибербезопасности. Среди наиболее очевидных угроз, задающих новые тренды на рынке кибербезопасности, авторы отмечают рост проникновения в сети предприятий через домашние сети сотрудников и рост опасности интернета вещей с точки зрения кибербезопасности. Главным же фактором, определяющим будущее отрасли квантовых вычислений, станет американо-китайская гонка за лидерство на рынке квантовых компьютеров и квантовых вычислений.

Список литературы

1. Жмудь В.А., Ляпидевский А.В. Обзор активно финансируемых исследований зарубежной фотоники и электроники // Автоматика и программная инженерия. 2023. № 1 (43). С. 44-129.
2. Букашкин С.А., Черепнев М.А. Квантовые устройства в криптографии // International Journal of Open Information Technologies. 2023. № 1. С. 104-108.
3. Выходец Р.П. Стратегия Китая в области искусственного интеллекта // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. 2022. № 2 (40). С. 140-147.
4. Назарова А.Д., Шведов В.В. Вызовы и решения в области кибербезопасности в эпоху цифровой трансформации // Столыпинский вестник. 2023. № 5. С. 2212-2220.
5. Накиев Р.Р., Ульянов В.В. Анализ уязвимостей интернет вещей (iot) и способы их предотвращения // Вестник науки. 2023. № 7 (64). С. 250-263.
6. Леонтьев С.М. Кибербезопасность в эпоху распределенных систем: защита данных и информации в условиях облачных технологий и интернета вещей // Вестник магистратуры. 2023. № 8 (143). С. 60-61.

УДК 004.91:004.41

DOI 10.17513/snt.39856

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

¹Епишкина А.Д., ¹Горшков К.А., ²Орлов М.В.

¹ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Москва,

e-mail: alena.epishkina.123@gmail.com;

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва

Данная работа посвящена разработке системы автоматизации процесса планирования и контроля реализации инвестиционных проектов в органах власти. Деятельность структур государственного сектора жестко регламентирована нормативно-правовыми актами, что в большинстве случаев соответствует директивной форме управления. Такой процесс может быть успешно автоматизирован набором алгоритмических решений. В частности, на современном этапе развития российской финансовой системы возникает запрос на эффективный инструментарий управления проектами и модернизацию существующих подходов и инфраструктурных решений в области управления инвестиционными проектами и программами. В ходе анализа было выявлено, что существующая организация бизнес-процессов в части планирования и контроля реализации инвестиционных проектов в органах власти не подразумевает единого автоматизированного потока работ. Предлагаемая система решает эту проблему за счет создания единого автоматизированного бизнес-процесса для всех участников процесса и единого хранилища данных об инвестиционных проектах. В исследовании приведены предложения по разработке системы планирования и контроля реализации инвестиционных проектов с использованием нотации IDEF0 для проектирования бизнес-процессов, нотации IDEF1x для проектирования баз данных и нотации UML для создания архитектурных диаграмм. Результаты данного исследования подтверждают, что разработка системы автоматизации процесса планирования и контроля реализации инвестиционных проектов может помочь организации повысить эффективность, прозрачность и качество работы, вывести уровень взаимодействия и координации деятельности между участниками инвестиционных проектов на новый уровень. Результаты рассмотренной разработки имеют практическую значимость и представляют интерес для специалистов, работающих с автоматизированными системами управления проектами, специалистов в сфере управления процессами реализации инвестиционных проектов.

Ключевые слова: автоматизированное планирование, автоматизированный контроль, инвестиционные проекты, методология IDEF0, методология IDEF1X

THE PROCESS OF PLANNING AND CONTROL OF INVESTMENT PROJECTS' IMPLEMENTATION: DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR ITS AUTOMATIZATION

¹Epishkina A.D., ¹Gorshkov K.A., ²Orlov M.V.

¹Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,

e-mail: alena.epishkina.123@gmail.com;

²M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow

This work is devoted to the development of the system for automating the process of planning and monitoring the implementation of investment projects in the authorities. The activities of public sector structures are strictly regulated by regulatory legal acts, which in most cases corresponds to the directive form of management. Such a process can be successfully automated by a set of algorithmic solutions. In particular, at the present stage of development of the Russian financial system, there is a demand for effective project management tools and modernization of existing approaches and infrastructure solutions in the field of investment project and program management. During the analysis, it was revealed that the existing organization of business processes in terms of planning and monitoring the implementation of investment projects in the authorities does not imply a single automated workflow. The proposed system solves this problem by creating a single automated business process for all participants in the process and a single data warehouse on investment projects. The study presents proposals for the development of a system for planning and monitoring the implementation of investment projects using the IDEF0 notation for designing business processes, the IDEF1x notation for database design and the UML notation for creating architectural diagrams. The results of this study confirm that the development of a system for automating the process of planning and monitoring the implementation of investment projects can help an organization to increase efficiency, transparency and quality of work, bring the level of interaction and coordination of activities between participants in investment projects to a new level. The results of the considered development have practical significance and are of interest to specialists working with automated project management systems, specialists in the field of management of investment project implementation processes.

Keywords: automated planning, automated control, investment projects, methodology IDEF0, methodology IDEF1X

Практика координации проектов в различных сферах человеческой деятельности все чаще обращается к использованию специализированных информационных систем управления. Деятельность структур государственного сектора, жестко регламентируемая законодательством, что в большинстве случаев соответствует директивной форме управления, может быть успешно автоматизирована набором алгоритмических решений. В частности, на современном этапе развития российской финансовой системы возникает запрос на эффективный инструментарий управления проектами и модернизацию существующих подходов и инфраструктурных решений в этой области, в том числе за счет бюджетных инвестиций. Инструментами государственного финансирования крупных инвестиционных проектов являются федеральные целевые программы (ФЦП) и федеральная адресная инвестиционная программа (ФАИП). Согласно данным Министерства экономического развития на 2022 г. предусмотрена работа над 9 ФЦП [1] в общей сложности на 220 млрд руб. Реестр ФАИП [2] включает в себя 1239 объектов общей стоимостью около 1,2 трлн руб. Такие объемы финансирования, а также ежегодная критика эффективности исполнения ФЦП и ФАИП указывают на актуальность разработки инвестиционных систем управления проектами.

Необходимость поиска новых решений в области автоматизированного управления проектами подтверждается:

1) совещанием о мерах по стимулированию инвестиционной активности от 11 марта 2021 г., на котором Президент Российской Федерации говорит о необходимости оптимизации процессов планирования и контроля реализации инвестиционных проектов;

2) потребностью государственного учреждения (Министерства экономического развития) в повышении эффективности работы путем автоматизации бизнес-процессов [3].

Анализ мировой практики показывает внедрение похожих ИТ-проектов по проектированию и разработке ИС в следующих сферах: управление проектами электронного образования [4], управления продюсерским центром [5], блокчейн в управлении цепочками поставок [6], промышленные процессы, а именно аэрокосмические системы и системы летательных аппаратов [7]. Подходы к автоматизации процессов взаимодействия пользователей и систем оказания социальных услуг за счет использования информационных систем рассмотрены авторами в работах [8–10].

В данной работе будут рассмотрены возможные решения для автоматизации про-

цессов планирования и контроля реализации инвестиционных проектов.

Целью исследования является создание предложений по разработке информационной системы для автоматизации процессов планирования и контроля реализации инвестиционных проектов.

Анализ существующих решений

На данный момент существует множество продуктов, автоматизирующих процессы реализации мероприятий и инвестиционных проектов. В частности, Microsoft Project – программа для управления проектами. Это комплексное программное средство, позволяющее реализовать автоматизированное планирование и контроль проектной деятельности организации. Решение содержит шаблоны и инструменты различного уровня. Эти средства используются для аналитики, статистики и управления рабочим временем проекта.

Еще одним решением является ADVANTA [11] – готовое ИТ-решение (российская система управления задачами, проектами), которое покрывает все процессы проектного управления, автоматизирует работу всех участников проектной деятельности.

Весьма популярным инструментом является 1С: Управление проектным офисом [12]. Основным преимуществом данной системы является возможность проверки реализуемости проекта. Данная проверка помогает определить, можно ли успешно реализовать проект при заданных сроках и ресурсах. Таким образом, система помогает выявить проблемы реализации проекта, а также предоставляет визуальные материалы для принятия стратегических решений.

Описанные выше системы являются типовыми решениями по автоматизации процессов управления проектами. В них заложены основные сущности и функции, которые необходимы департаменту государственных капитальных вложений и целевых программ. Однако данные решения имеют несколько существенных недостатков для использования в департаменте государственных капитальных вложений и целевых программ:

1. Отсутствует гибкий инструмент для настройки согласования плана-графика проекта.

2. Отсутствует блок функционала по ведению показателей инвестиционного проекта.

3. Отсутствуют инструменты по интеграции с государственными системами.

4. Не предусмотрено подключения к единой базе участников инвестиционного проекта.

5. Не предусмотрено подключения к единой базе инвестиционных проектов (которая будет разработана в рамках создания ЕИИС РИХ).

На основе анализа существующих решений в области автоматизации процессов планирования и контроля реализации инвестиционных проектов, может быть сделан вывод о необходимости разработки специальных, ориентированных на решение узкопрофильных задач, информационных систем, то есть метод создания проектных решений «с нуля» в соответствии с требованиями.

Материалы и методы исследования

В системе планирования и контроля реализации инвестиционных проектов необходимо агрегировать и структурировать информацию обо всех мероприятиях, созданных в ЕИИС РИХ, включая данные по направлениям расходов: государственные капитальные вложения, НИОКР, мероприятия по направлению «прочие нужды», находящиеся на разных стадиях формирования и реализации, а также уже реализованные мероприятия.

В подсистеме также необходимо предусмотреть функции учета данных о реализации мероприятий для работы исполнителей мероприятия. Доступ к информации о мероприятиях предполагается производить в соответствии с настройками ролевой модели доступа из личного кабинета исполнителя (представитель государственного заказчика ФЦП и ФАИП).

Важно обеспечить возможность загрузки информации, прикрепление документов, разных форматов.

Разрабатываемая подсистема должна состоять из следующих модулей:

1. Модуль ведения досье мероприятий.
2. Модуль управления задачами.
3. Модуль ведения плана-графика реализации мероприятий.

В качестве методологии проектирования бизнес-процессов выбрана методология IDEF0. Предполагается, что фокус внимания на этапе разработки должен быть смещен в сторону процессов планирования и контроля реализации инвестиционных проектов. К процессам планирования и контроля реализации инвестиционных проектов относятся следующие блоки процессов:

1. Заполнение досье мероприятия (инвестиционного проекта).
2. Ведение плана-графика реализации мероприятия (инвестиционного проекта).
3. Управление задачами реализации мероприятия (инвестиционного проекта).

Существующая организация бизнес-процессов не подразумевает единого авто-

матизированного потока работ. На данный момент процессы реализации инвестиционного проекта выполняются различными заказчиками/застройщиками неединообразно, что доставляет неудобства в работе.

Разрабатываемая система решает эту проблему за счет создания единого автоматизированного бизнес-процесса для всех участников и единого хранилища данных об инвестиционных проектах.

Модель предлагаемой организации бизнес-процессов планирования и контроля реализации инвестиционных проектов представлена на рис. 1, 2.

На рис. 1 в качестве основного процесса выступает процесс «Планирование и контроль реализации инвестиционного проекта».

В качестве входных параметров используется сущность «Мероприятие, готовое к реализации». В качестве выходных параметров используется сущность «Реализованное мероприятие». В качестве управляющих элементов используются следующие документы: договор о выполнении работ, федеральная адресная инвестиционная программа, федеральная целевая программа, внутренние регламенты министерства экономического развития, руководство пользователя единой интегрированной информационной системы расходов инвестиционного характера (Постановление Правительства РФ от 13.09.2010 № 716). В качестве ресурсов процесса выступают: исполнитель задачи, ответственный за мероприятие, куратор мероприятия, единая интегрированная информационная система расходов инвестиционного характера.

На рис. 2 в качестве детализации основного процесса выступают следующие процессы: «Заполнение досье мероприятия», «Формирование плана-графика работ», «Обновление данных по задаче», «Проверка задач».

Для процесса «Заполнение досье мероприятия» в качестве входных параметров используется сущность «Мероприятие, готовое к реализации», в качестве выходных данных – «Заполненное досье мероприятия». В качестве управляющих элементов используются следующие документы: федеральная адресная инвестиционная программа, федеральная целевая программа, внутренние регламенты министерства экономического развития, руководство пользователя единой интегрированной информационной системы расходов инвестиционного характера (Постановление Правительства РФ от 13.09.2010 № 716). В качестве ресурсов процесса выступают: ответственный за мероприятие, единая интегрированная информационная система расходов инвестиционного характера.

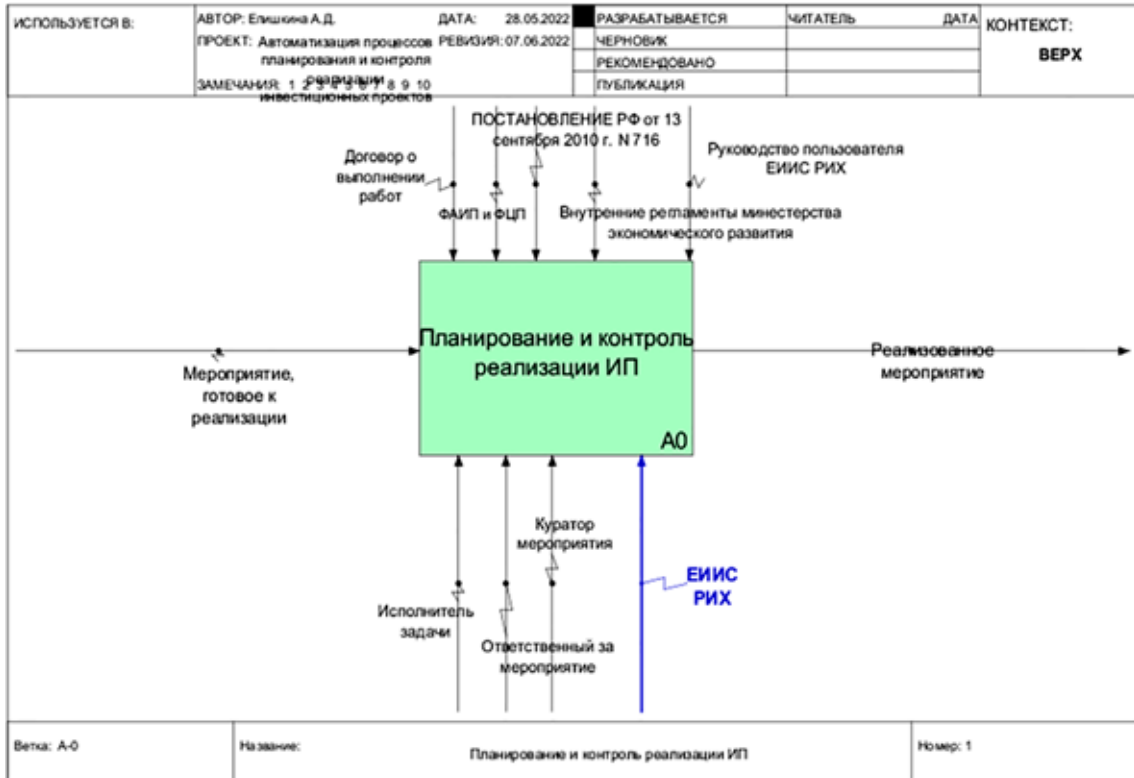


Рис. 1. TO-BE диаграмма IDEF0 (ветка A-0)
Планирование и контроль реализации инвестиционных проектов

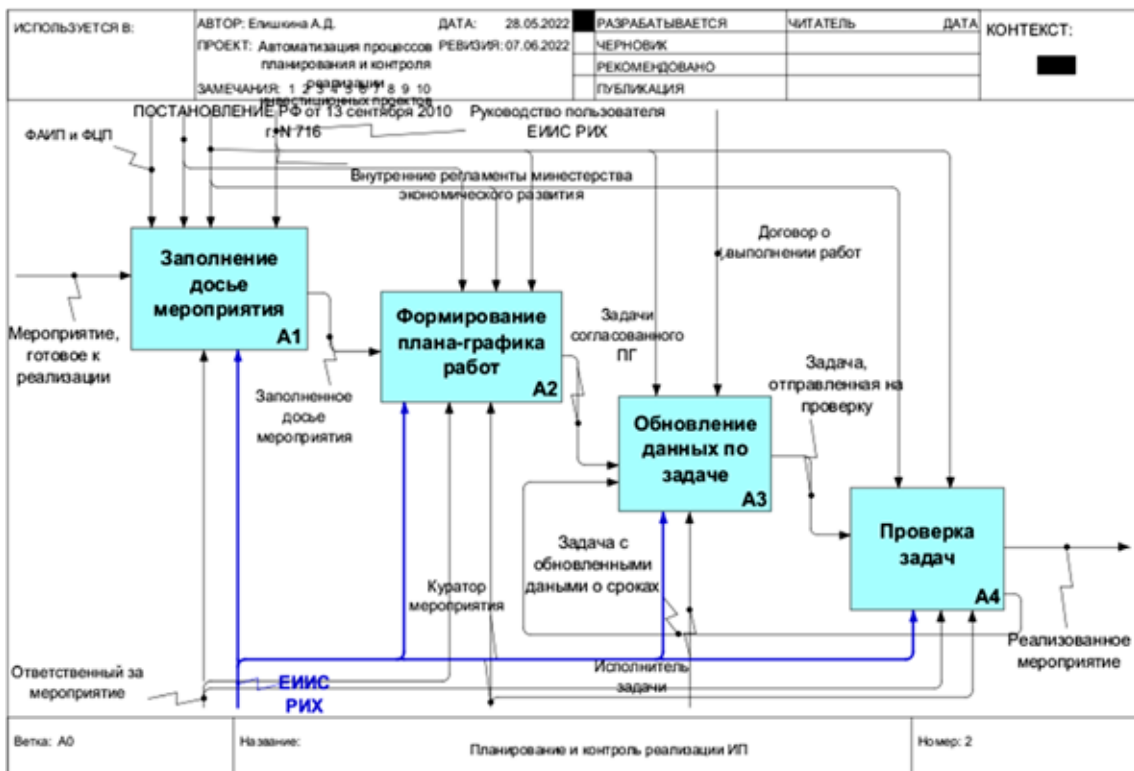


Рис. 2. TO-BE диаграмма IDEF0 (ветка A-0)
Планирование и контроль реализации инвестиционных проектов

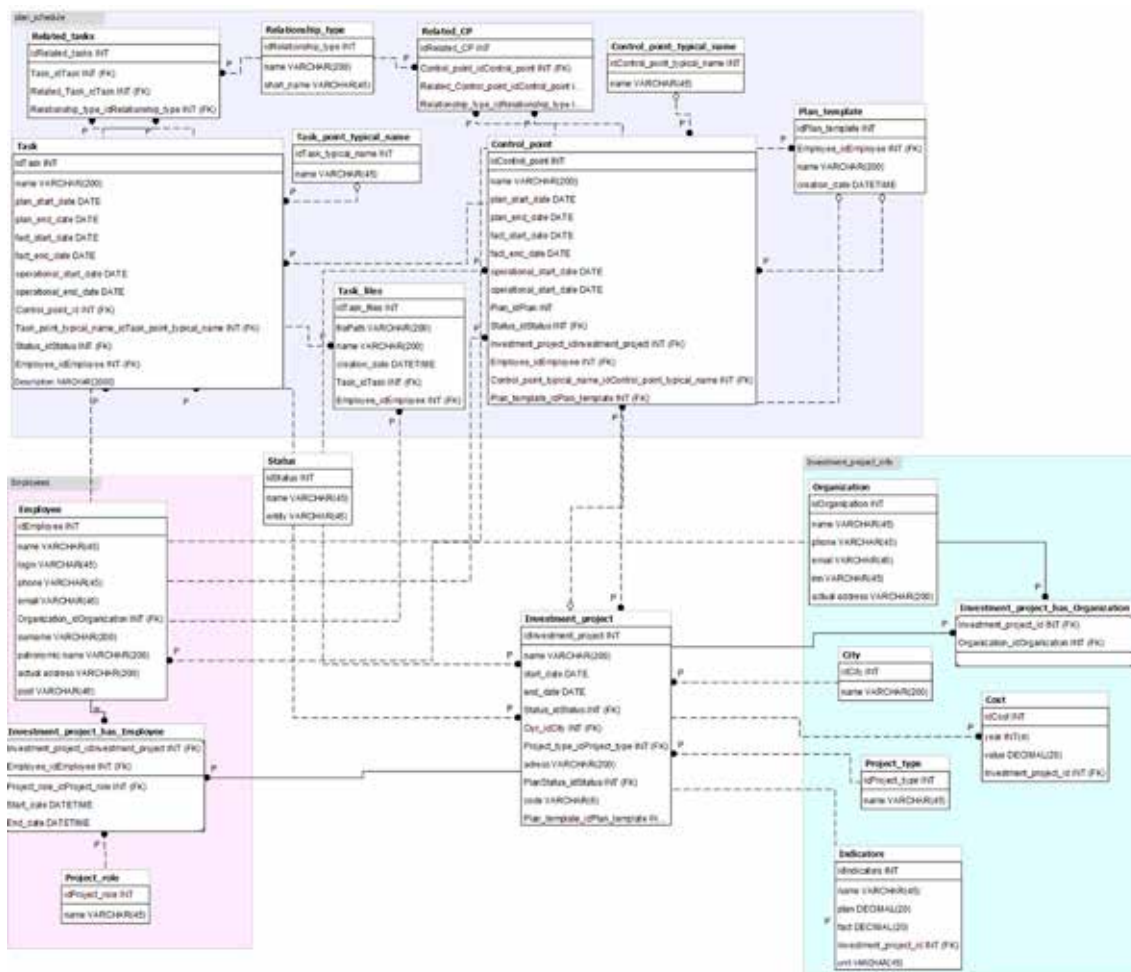


Рис. 3. Даталогическая модель базы данных

Для процесса «Формирование плана-графика работ» в качестве входных параметров используется сущность «Заполненное досье мероприятия», в качестве выходных данных – «Задачи согласованного плана-графика». В качестве управляющих элементов используются следующие документы: внутренние регламенты министерства экономического развития, руководство пользователя единой интегрированной информационной системы расходов инвестиционного характера, Постановление Правительства РФ от 13.09.2010 № 716. В качестве ресурсов процесса выступают: ответственный за мероприятие, куратор мероприятия, единая интегрированная информационная система расходов инвестиционного характера.

Для процесса «Обновление данных по задаче» в качестве входных параметров используются сущности «Задачи согласованного плана-графика» и «Задача с обновленными данными о сроках», в качестве выходных данных – «Задача, отправленная на провер-

ку». В качестве управляющих элементов используются следующие документы: договор о выполнении работ, руководство пользователя единой интегрированной информационной системы расходов инвестиционного характера. В качестве ресурсов процесса выступают: исполнитель задачи, единая интегрированная информационная система расходов инвестиционного характера.

Для процесса «Проверка задач» в качестве входных параметров используется сущность «Задача, отправленная на проверку», в качестве выходных данных – «Реализованное мероприятие» и «Задача с обновленными данными о сроках». В качестве управляющих элементов используются следующие документы: внутренние регламенты министерства экономического развития, руководство пользователя единой интегрированной информационной системы расходов инвестиционного характера. В качестве ресурсов процесса выступают: ответственный за мероприятие, куратор ме-

роприятия, единая интегрированная информационная система расходов инвестиционного характера.

В предлагаемой системе будет реализовано единое хранилище данных об инвестиционных проектах. В качестве методологии проектирования баз данных выбрана методология IDEF1X, которая подходит для проектирования информационных систем, использующих реляционные базы данных (PostgreSQL).

Даталогическая модель, построенная в нотации `idef1x` с помощью `case`-средства MySQL Workbench, представлена на рис. 3. Она разработана с использованием учебных пособий «Проектирование и реализация баз данных в СУБД MySQL с использованием MySQL Workbench» [13, с. 101–132] и «Основы проектирования баз данных» [14, с. 72–120].

Основной сущностью на даталогической модели выступает Инвестиционный проект (`Investment_project`). В блоке Основной информации о проекте (`Investment_project_info`) хранятся данные о стоимости проекта, плановых показателях, территориальном расположении и об организациях, участвующих в проекте. В блоке План-график работ (`Plan_schedule`) хранится информация о контрольных точках, задачах, их типах и связях. В блоке Сотрудники (`Employee`) хранится основная информация о сотрудниках, участвующих в проектных командах и их ролях в системе, данные этого блока используются как в самом инвестиционном проекте (`Investment_project`), так и в блоках Основной информации о проекте (`Investment_project_info`), Плане-графике работ (`Plan_schedule`).

В качестве методологии проектирования информационной системы выбрана методология UML для создания архитектурных диаграмм.

Данная методология отлично подходит для проектирования информационных систем, использующих объектно-ориентированные языки программирования (C#). При разработке информационной системы учитывались особенности объектно-ориентированных языков программирования, описанные в учебном пособии «Язык «Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений» [15, с. 185–208].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенная работа приводит к выводу о том, что автоматизация бизнес-процессов планирования и контроля реализации инвестиционных проектов приведет к достижению следующих задач организации:

Проектирование бизнес-процессов в нотации IDEF0 приводит процессы планирования и контроля реализации инвестиционных проектов различных регионов Российской Федерации к единому виду за счет ограничения действий пользователя последовательностью действий, заложенных в информационной системе.

Проектирование баз данных в нотации IDEF1X дает возможность оперативно получать информацию о реализации мероприятий за счет предоставления информации участниками проекта в едином виде.

Реализация информационной системы путем оригинального проектирования с использованием нотации UML дает возможность организации оперативно изменять бизнес-процессы, структуру данных и архитектуру информационной системы на основании изменений в нормативно-правовых актах.

Заключение

Рассмотренный вариант системы может решать ряд задач организации, связанных с повышением эффективности функционирования. В частности, должно происходить снижение времени обработки и предоставления информации всеми участниками процессов реализации мероприятий (инвестиционных проектов). Снижение затрат на обеспечение данного процесса будет осуществляться за счет сокращения количества сотрудников, занимающихся сбором отчетности по инвестиционным проектам. Минимизация бумажного документооборота при реализации инвестиционных проектов будет возможна за счет перевода таких документов, как Досье мероприятия и План-график работ, в электронный формат при использовании информационной системы управления инвестиционными проектами. С помощью предлагаемых в работе технологий и решений становится более эффективным обмен информацией между участниками инвестиционного процесса, снижаются затраты на реализацию контроля за исполнением программ, сокращаются сроки реализации инвестиционных проектов. Внедрение автоматизированной системы планирования и контроля реализации инвестиционных проектов может помочь организации повысить эффективность, прозрачность и качество реализации проектов, вывести уровень взаимодействия и координации деятельности между участниками инвестиционных проектов на новый уровень.

Список литературы

1. Федеральные целевые программы [Электронный ресурс]. URL: <https://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/Title/> (дата обращения: 20.10.2023).

2. Федеральная адресная инвестиционная программа [Электронный ресурс]. URL: <https://faip.economy.gov.ru/cgi/uis/faip.cgi/G1> (дата обращения: 20.09.2023).
3. Сведения закупки «Работы по созданию Единой интегрированной информационной системы расходов инвестиционного характера (ЕИИС РИХ)» [Электронный ресурс]. URL: zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ok504/view/documents.html?regNumber=0173100008620000016 (дата обращения: 15.10.2023).
4. Maha Khaldi Design and Development of an e-Learning Project Management System // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. 2020. № 15 (19). P. 95–106. DOI: 10.3991/ijet.v15i19.14595.
5. Muhammad Rezki Sistem Informasi Rumah Produksi 8Production Films Berbasis Web // *Journal of Information Technology Ampere*. 2020. Vol. 1, Is. 1. P. 29-39.
6. Anne Sofie Vingerhoets, Samedi Heng, Yves Wautelet Using i* and UML for Blockchain Oriented Software Engineering: Strengths, Weaknesses, Lacks and Complementarity // *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*. 2022. DOI: 10.7250/csimq.2021-26.02.
7. Henric Andersson, Erik Herzog, Gert Johansson, and Olof Johansson Experience from Introducing Unified Modeling Language/Systems Modeling Language at Saab Aerosystems // *Wiley Online Library*. 2009. DOI: 10.1002/sys.20156.
8. Уланов Е.А. Модель региональной инфокоммуникационной сети телемедицины / Уланов Е.А., Горшков К.А., Никитин О.Р. // *Современные наукоемкие технологии*. 2018. № 10. С. 142–147.
9. Хусаинов Ш.Г., Горшков К.А. Организация и проведение учебных занятий по физике для студентов-бакалавров с применением интернет-систем и компьютерного моделирования // *Инновационные направления интеграции науки, образования и производства: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции (Феодосия, 10–14 мая 2023 г.)*. Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2023. С. 773–777.
10. Горшков К.А., Велос Л.Х.Г., Никитин О.Р. Алгоритм транспорта данных в инфокоммуникационной системе телемедицины Эквадора // *Радиотехнические и телекоммуникационные системы*. 2023. № 2 (50). С. 73–79. DOI: 10.24412/2221-2574-2023-2-73-79.
11. ADVANTA. Управление инвестиционными проектами [Электронный ресурс]. URL: www.advanta-group.ru/solutions/upravlenie-investicionnymi-proektami/ дата обращения: 25.10.2023).
12. 1С:Управление проектным офисом [Электронный ресурс]. URL: solutions.1c.ru/catalog/project-office (дата обращения: 25.09.2023).
13. Мартишин С.А. Проектирование и реализация баз данных в СУБД MySQL с использованием MySQL Workbench: учебное пособие. М.: Форум, 2018. 160 с.
14. Федорова Г.Н. Основы проектирования баз данных: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2021. 224 с.
15. Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений. М.: Вильямс, 2017. 720 с.

УДК 004.021:519.688
DOI 10.17513/snt.39857

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНОЙ НАГРУЗКИ

Кетов А.В.

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», Хабаровск,
e-mail: antonk500255@rambler.ru

В статье описывается разработка нового дискретного итерационного численного метода и алгоритма решения контактных задач механики деформируемого твёрдого тела для конструктивных контактных задач с локальным контактом. В общем случае нет аналитического решения системы двух интегральных уравнений, и приходится использовать численные итерационные методы решения. Целью исследования было разработать численный итерационный метод и алгоритм решения прямой конструктивной контактной задачи, лишенный недостатков существующих численных методов. Решение построено в рамках дискретной технологии на основе нового итерационного алгоритма, основное итерационное выражение которого обеспечивает обязательное выполнение условия равновесия сил на каждой итерации внутреннего цикла. Метод состоит в итерационном уточнении величин контактных напряжений и числа дискретных участков контакта с постепенным уменьшением величины невязки перемещений. Проведено определение напряжённо-деформированного состояния для тестирования и для экспериментальных данных. Тестирование работы нового алгоритма проводилось на классической задаче контакта сферы с упругой полуплоскостью. Разработанный итерационный алгоритм можно применять при нелинейной зависимости деформаций от сил. В ходе вычислений, пока не определились границы площадок контакта и число контактирующих дискретных участков, не требуется многократно решать систему линейных уравнений высокого порядка, что значительно экономит вычислительные ресурсы при решении конструктивных контактных задач.

Ключевые слова: контактное взаимодействие, статическая неопределимость, итерационный процесс, скорость решения

NUMERICAL METHOD FOR CALCULATING THE CONTACT LOAD DISTRIBUTION

Ketov A.V.

FarEast State Transport University, Khabarovsk, e-mail: antonk500255@rambler.ru

The article describes the development of a new discrete iterative numerical method and algorithm for the solution of contact problems of deformable solid mechanics for constructional contact problems with local contact. In general, there is no analytical solution to the system of two integral equations, and numerical iterative methods of solution have to be used. The aim of the study was to develop a numerical iterative method and algorithm for solving a direct constructional contact problem, devoid of the disadvantages of existing numerical methods. The solution is built within the framework of a discrete technology based on a new iterative algorithm, the main iterative expression of which ensures the mandatory fulfillment of the condition of equilibrium of forces at each iteration of the internal cycle. The method consists in iterative refinement of the values of contact stresses and the number of discrete contact sections with a gradual decrease in the magnitude of the displacement discrepancy. The stress-strain state is determined for testing and for experimental data. Testing of the new algorithm was carried out on the classical problem of the contact of a sphere with an elastic half-plane. The developed iterative algorithm can be used for nonlinear dependence of deformations on forces. In the course of calculations, until the boundaries of the contact sites and the number of contacting discrete sections are determined, it is not necessary to repeatedly solve a system of high-order linear equations, which significantly saves computational resources when solving constructional contact problems.

Keywords: contact interaction, static indeterminability, iterative process, speed of solution

Аналитическое решение контактной задачи существует лишь для простейших случаев контакта двух деформируемых тел [1]. В общем случае конструктивных контактных задач (терминология Г.Б. Иосилевича) необходимо использовать дискретные численные методы (при этом наиболее сложные задачи – случаи зацепления зубьев зубчатых передач).

При контактном взаимодействии двух деформируемых тел должны выполняться условия *совместности перемещений* точек, контактирующих на их поверхностях,

под действием нагрузки [2; 3]. Это условие можно описать в виде интегрального уравнения:

$$\iint_S q(u, v) K_{\Sigma}(u', v', u, v) dudv + \Delta(u', v') = \delta, \quad (1)$$

где s – площадь контакта взаимодействующих тел; q – контактное напряжение (давление); u, v – текущие координаты точки приложения силы; u', v' – текущие координаты точки измерения перемещений поверхностей тел; $K_{\Sigma}(u', v', u, v)$ – функция влияния распределённых нагрузок на сумму

перемещений поверхностей тел вследствие всех деформаций взаимодействующих тел; Δ – зазор между поверхностями взаимодействующих тел до нагружения; δ – сближение контактирующих тел, являющееся мерой их деформирования.

Кроме условия совместности перемещений, должны выполняться и условия равновесия сил [2; 3], которые можно описать интегральным уравнением:

$$\iint_S q(u, v) du dv = F, \quad (2)$$

где F – внешняя сжимающая сила.

Путём решения системы уравнений (1) и (2) можно найти, как распределяется нагрузка по площадкам контакта. Для возможности получения такого решения *при неизвестных заранее* размерах, форме и числе площадок контакта между взаимодействующими телами эта система уравнений должна быть дополнена *краевыми (граничными) условиями*:

для всех точек на площадках контакта

$$q > 0, \Delta + W = \delta, \quad (3)$$

на свободных (вне площадок контакта) поверхностях тел

$$q = 0, \Delta + W > \delta, \quad (4)$$

где W – сумма всех видов деформаций поверхностей тел под действием нагрузки; δ – сближение контактирующих тел, являющееся мерой их деформирования.

Дискретный численный итерационный метод решения *прямой* (при заданной величине внешней сжимающей силы F) контактной задачи был предложен К.И. Заблонским. Система интегральных уравнений (1) и (2) сводится к системе $(n + 1)$ линейных алгебраических уравнений. Так как размеры площадок контакта и число n участков, передающих нагрузку, заранее неизвестны, распределение нагрузки находится *методом итераций*, когда система линейных уравнений решается много раз, с последовательным исключением участков, на которых нагрузка принимает отрицательные значения, и уточнением границ площадок контакта в ходе итераций. Недостатки этого метода: 1) необходимо много раз (на *каждой* итерации внешнего цикла) находить решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) большой размерности; 2) такой подход можно использовать только в линейной постановке задачи деформативности.

Дискретный численный метод решения *обратной* (при заданном сближении δ контактирующих тел) контактной задачи был предложен Г.И. Шевелевой. Недостат-

ки этого метода: 1) в проектном расчете (при заданной величине внешних сил) необходимо *неоднократно* (при нелинейной зависимости $\delta(F_n)$ не менее 3 раз) тратить вычислительные ресурсы и память ЭВМ на трудоёмкое решение *прямой* контактной задачи; 2) приходится *аппроксимировать* нелинейную зависимость $\delta(F_n)$, что вносит *дополнительные* погрешности в расчёт, для уменьшения которых приходится вводить дополнительные промежуточные точки аппроксимации, т.е. дополнительно тратить вычислительные ресурсы ЭВМ на дополнительные решения обратной контактной задачи; 3) учёт *только контактных* деформаций в подходе Г.И. Шевелевой.

Направления исследований: разработка систем компьютерного и имитационного моделирования, алгоритмов и методов имитационного моделирования на основе анализа математических моделей.

Предметная область: системы компьютерного и имитационного моделирования.

Объект исследования – алгоритмы и методы имитационного моделирования на основе анализа математических моделей.

Цель исследования – разработать дискретный численный итерационный алгоритм и метод имитационного моделирования *прямой* конструкционной контактной задачи на основе анализа математических моделей, лишённый указанных выше недостатков существующих методов К.И. Заблонского и Г.И. Шевелевой, для последующего использования нового алгоритма и метода в разработке систем компьютерного и имитационного моделирования.

Материалы и методы исследования

Для решения дискретным методом [4] разобьём площадку контакта, лежащую в общей касательной плоскости контактирующих поверхностей тел, на прямоугольные участки, в пределах которых контактная нагрузка будет считаться равномерно распределённой и равной её значению в центре каждого участка. Условия совместности перемещений должны будут выполняться в расчётных точках, расположенных в центрах участков. При этом решение контактной задачи сводится к решению алгебраической системы уравнений:

$$\sum_{k=1}^n q_k K_{ik} \Delta u \Delta v + \Delta_i = \delta, (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i \Delta u \Delta v = F, \quad (5)$$

где i – номер контактирующего участка; n – число таких участков; q_i, q_k – контакт-

ные напряжения (давления) на участках; K_{ik} – коэффициент влияния единичной, равномерно распределённой по k -му участку нагрузки на сумму перемещений поверхностей зубьев (вследствие деформаций зубьев и их оснований) в расчётной точке i -го участка; $\Delta u, \Delta v$ – длина и ширина прямоугольных участков; Δ_i – зазор до нагружения (в направлении общей контактной нормали) между поверхностями тел в расчётной точке i -го участка.

Без учета сил трения и при линейном поступательном перемещении при сближении деформируемых тел систему (5) можно представить в виде:

$$\Delta_i + W_i = \delta, (i=1, \dots, n);$$

$$\sum_{i=1}^n F_i = F. \quad (6)$$

Для вывода основной итерационной формулы нового итерационного алгоритма второе уравнение системы уравнений (6) разделим почленно на величину δ :

$$\sum_{i=1}^n (F_i / \delta) = F / \delta. \quad (7)$$

Учитывая, что из первого уравнения непосредственно имеем $\delta = \Delta_i + W_i$, заменим этой суммой величину δ в левой части выражения (7) и получим:

$$\sum_{i=1}^n (F_i / (\Delta_i + W_i)) = F / \delta. \quad (8)$$

Дробное выражение в левой части (8) обозначим как:

$$f_i = F_i / (\Delta_i + W_i), (i = 1, \dots, n). \quad (9)$$

Эта величина f_i , *удовлетворяющая условию равновесия сил*, и будет использоваться для уточнения значения величины F_i (сумма сил, равномерно распределённых по i -му участку) ($i = 1, \dots, n$), на каждой последующей итерации внутреннего цикла. Окончательно получаем следующий вид итерационной формулы:

$$F_{i,k+1} = f_i F / \sum_{i=1}^n f_i, \quad (10)$$

где $F_{i,k+1}$ – новое значение силы $F_{i,k}$, уточнённое для следующей итерации; k – порядковый номер итерации; f_i – величина, обеспечивающая выполнение условий совместности перемещений в ходе итерационного процесса, полученное выше выражение для неё имеет вид:

$$f_i = F_i / (\Delta_i + W_i), (i = 1, \dots, n). \quad (11)$$

Докажем, что выражение (10) обеспечивает *обязательное* выполнение условия равновесия сил на *каждой* итерации внутреннего цикла. При использовании выражения (10) имеем:

$$\sum_{i=1}^n F_{i,k+1} = \sum_{i=1}^n [f_i (F / \sum_{j=1}^n f_j)] =$$

$$= (F / \sum_{j=1}^n f_j) \sum_{i=1}^n f_i = F.$$

Следовательно, $\sum_{i=1}^n F_{i,k+1} = F$, что и требовалось доказать.

Итерационная формула (10) используется в итерациях *внутреннего* цикла для уточнения величины, равнодействующей на i -м участке силы F_i . В итерациях *внешнего* цикла по условиям (3) и (4) производится уточнение границ площадок контакта и числа n участков, передающих нагрузку. За величину δ линейного сближения деформируемых тел при этом можно принимать или *максимальное* из величин δ_i ($i=1, \dots, n$), полученных в конце каждого внутреннего цикла итераций, или их *среднее* значение.

Для обоснования *сходимости итерационного алгоритма* выразим из (10) отношение

$$F_{i,k+1} / F_{i,k} = (F / \sum_{j=1}^n f_j) / (\Delta_i + W_i). \quad (12)$$

Предположим, что величина $\delta = \text{const}$. Тогда из (7) имеем, что

$$(F / \sum_{j=1}^n f_j) = \delta. \quad (13)$$

Если $\Delta_i + W_i < \delta$, то из (13) с учётом (14) имеем $F_{i,k+1} > F_{i,k}$.

Если $\Delta_i + W_i = \delta$, имеем $F_{i,k+1} = F_{i,k}$.

Если $\Delta_i + W_i > \delta$, имеем $F_{i,k+1} < F_{i,k}$.

Это доказывает, что при $\delta = \text{const}$ предлагаемый итерационный алгоритм всегда сходится. Результаты расчётов на ЭВМ показали, что описанный итерационный алгоритм сходится также и при *монотонно убывающем, монотонно возрастающем* или *асимптотическом* изменении величины δ в ходе итераций.

Тестовая проверка

Тестовая проверка работы нового дискретного численного итерационного алгоритма и метода имитационного моделирования прямой конструктивной контактной задачи проводилась для классической задачи контакта сферы с упругой полуплоскостью [1].

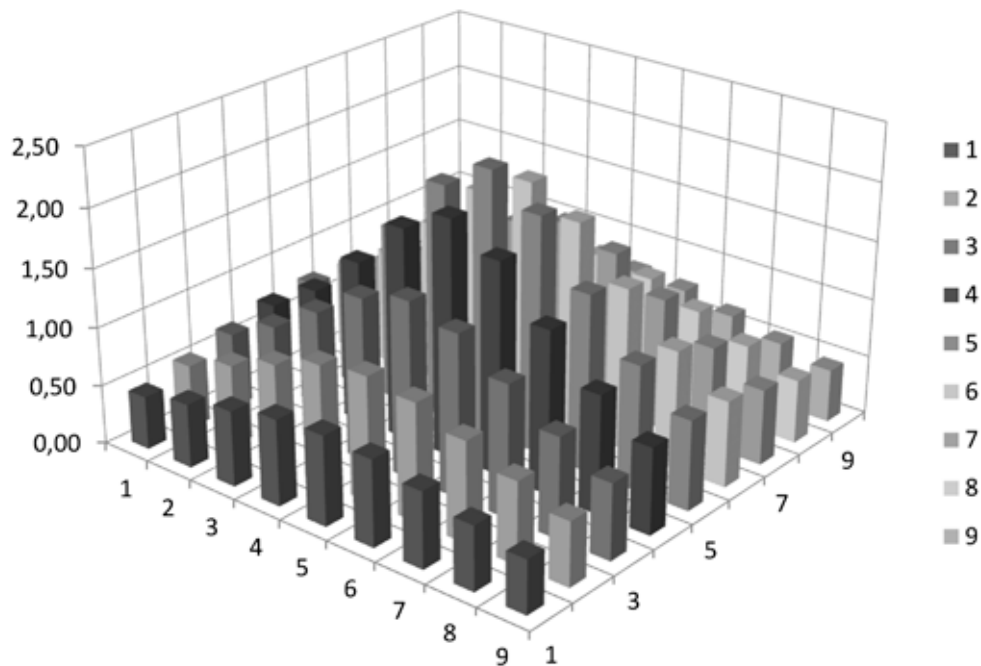


Рис. 1. Итерация 1

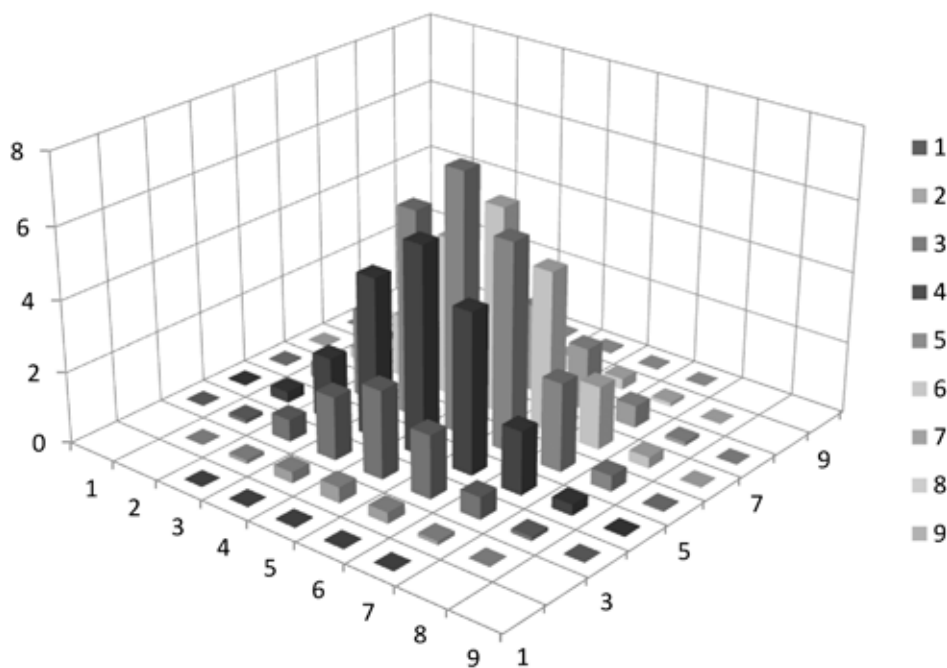


Рис. 2. Итерация 8

На рис. 1–3 приведены изменения эпюр напряжений в ходе итераций (неблагоприятный случай начального распределения нагрузки – равномерное при $\sum_{i=1}^n F_i = 81$).

На рисунке 4 приведён наглядный график сходимости итерационного процесса

по изменению величины невязки перемещений E_i .

В результате новым итерационным методом всего за 18 итераций получено решение с полуэллиптической эпюрой напряжений, аналогичное классическому решению Г. Герца [1].

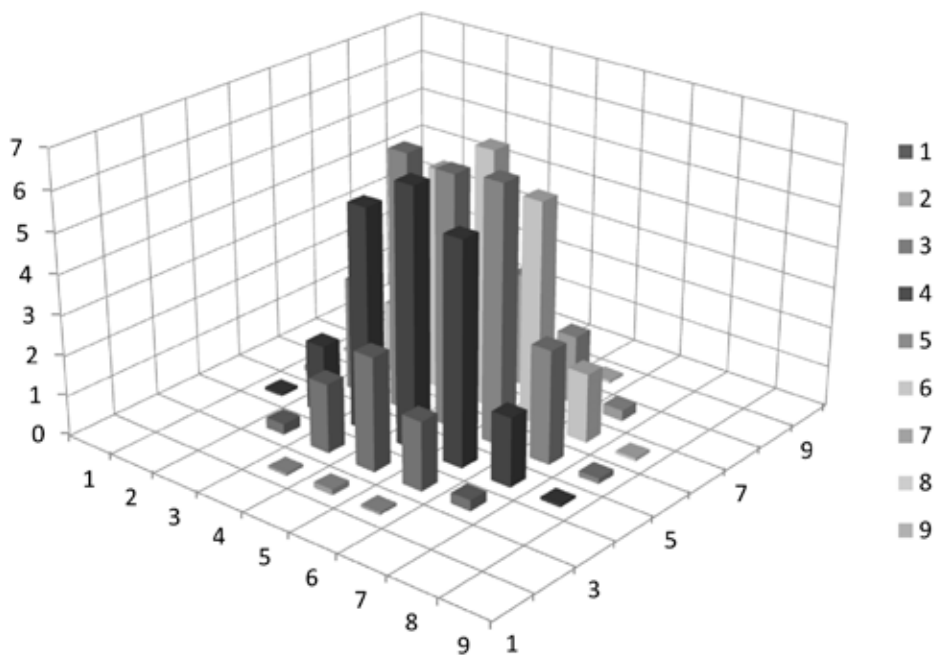


Рис. 3. Итерация 18 (последняя)

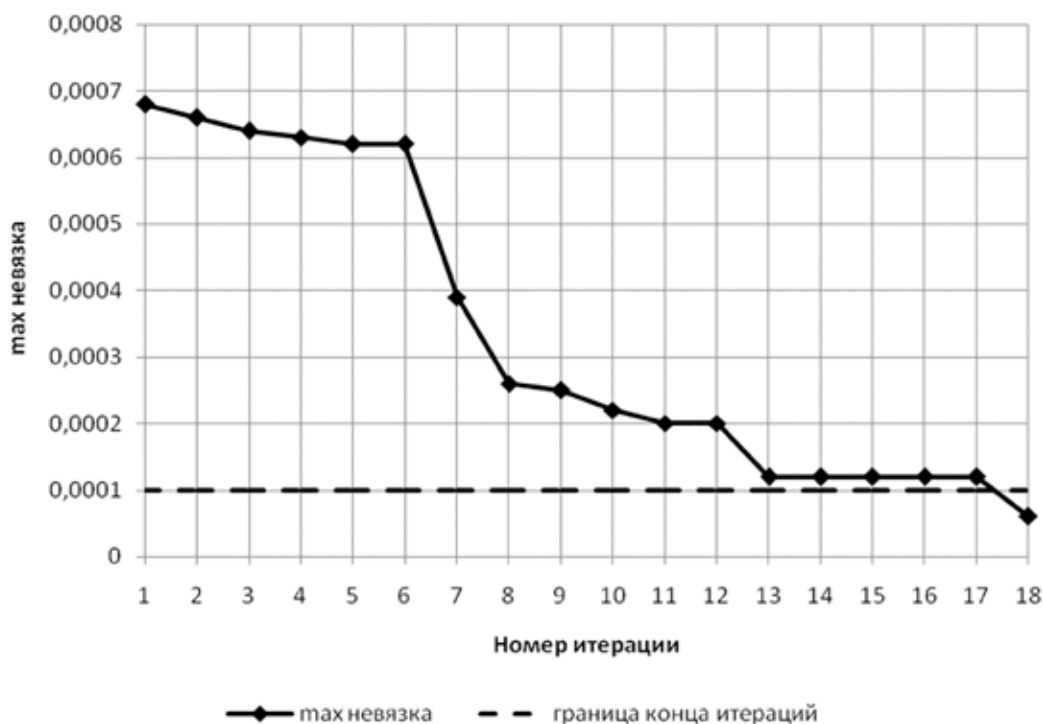


Рис. 4. График сходимости итерационного процесса

Практическое использование

Сравнение результатов моделирования разработанным дискретным численным итерационным алгоритмом и методом с экспериментальными данными А.С. Яковлева и В.И. Печеного [5] (единственный экспе-

римент с прямым (не косвенным) определением величины контактных давлений (напряжений) для зубьев передач с локальным контактом) приведено на рис. 5. При моделировании учитывались контактные и изгибно-сдвиговые деформации.

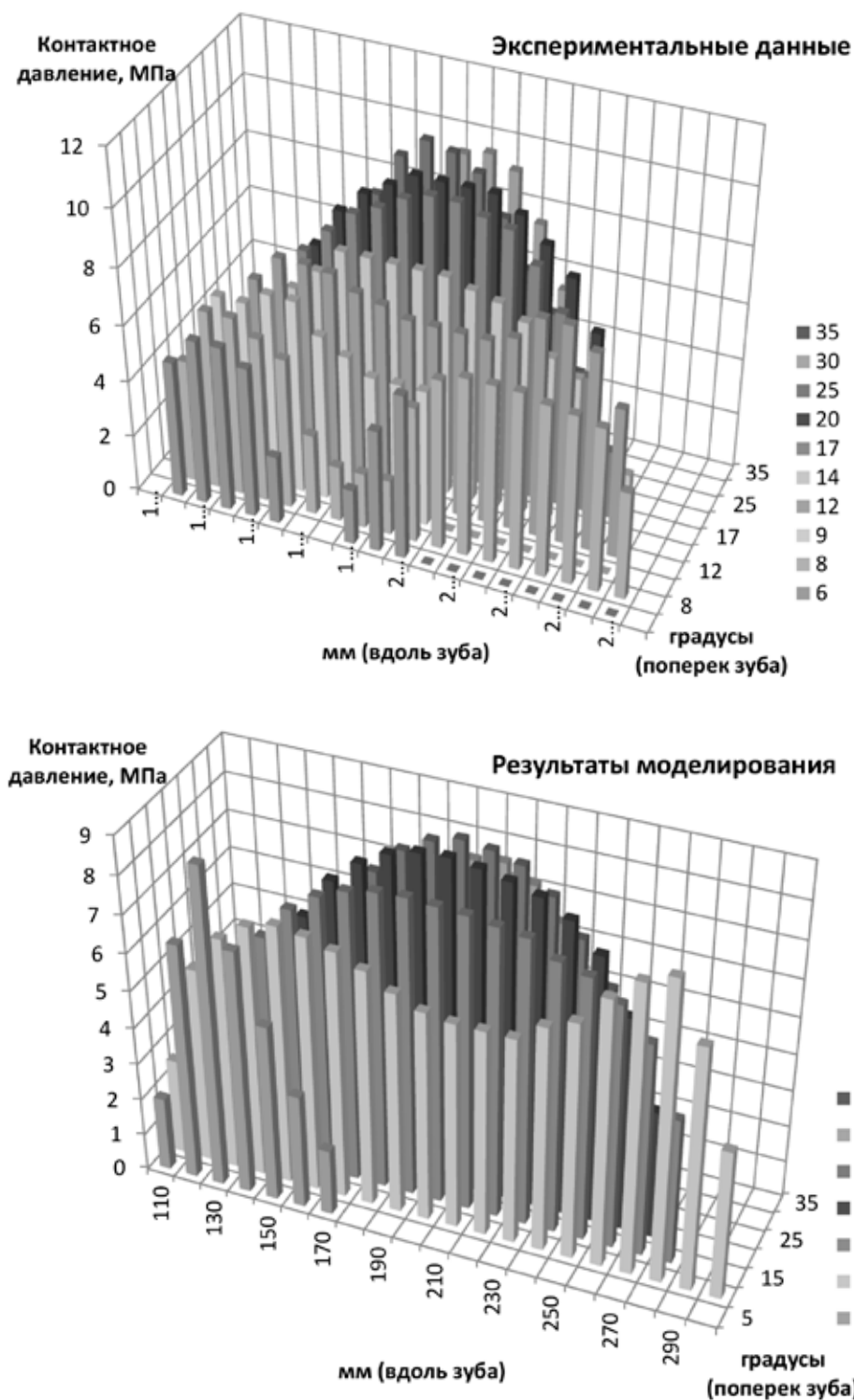


Рис. 5. Данные эксперимента [5] и результаты моделирования

Использованный дискретный численный итерационный алгоритм и метод *не имеет* недостатков метода К.И. Заблонского (*многократное* решение систем линейных уравнений большой размерности, учёт *только линейной* зависимости деформаций

от сил) и метода Г.И. Шевелевой (решение *только обратной* задачи при заданном сближении δ контактирующих тел, учёт *только контактных* деформаций).

Также практическое использование разработанного дискретного численного ите-

рационального алгоритма и метода было при имитационном моделировании распределения контактных давлений (напряжений) по площадкам контакта в цилиндрических зубчатых передачах Новикова (в том числе с учётом погрешностей изготовления и сборки) и в модифицированных глобоидных передачах.

Заключение

Разработанный дискретный численный итерационный алгоритм и метод можно применять при *нелинейной* зависимости деформаций от сил. В ходе вычислений *не требуется многократно решать систему линейных алгебраических уравнений* высокого порядка (пока не определены границы площадок контакта и число контактирующих дискретных участков, *нет необходимости в точном решении*). Всё это экономит вычислительные ресурсы и память ЭВМ. Поэтому при использовании предложенного дискретного численного итерационного алгоритма и метода можно повысить точность решения конструктивных контактных задач и скорость рабо-

ты систем компьютерного и имитационного моделирования.

Разработанный дискретный численный итерационный алгоритм и метод имитационного моделирования прямой конструктивной контактной задачи на основе анализа математических моделей в дальнейшем будет использоваться для последующей разработки систем компьютерного и имитационного моделирования.

Список литературы

1. Попов В.Л. Механика контактного взаимодействия и физика трения. М.: Физматлит, 2013. С. 66-80.
2. Яковлев М.Е. Математическое моделирование контактного взаимодействия термовязкоупругопластических сред: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2014. 18 с.
3. Федорова Н.В. Определение деформированного состояния контактирующих тел и моделирование их хрупкого разрушения: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2020. 19 с.
4. Горячева И.Г., Цуканов И.Ю. Развитие механики дискретного контакта с приложениями к исследованию фрикционного взаимодействия деформируемых тел // Прикладная математика и механика. 2020. Т. 84, № 6. С. 757-789.
5. Яковлев А.С., Печеный В.И. Исследование контактных напряжений зубьев передач с зацеплением Новикова: тематический сборник научных работ. Краматорск, 1971. Вып.11. 18 с.

УДК 62-97/-98

DOI 10.17513/snt.39858

МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ЧАСТИЦ С НАБОРНЫМ МНОГОЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

¹Лозовая С.Ю., ²Афонин А.Н., ¹Кравченко В.М., ²Топчий Я.П.

¹ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова»,
Белгород, e-mail: lozwa@mail.ru;

²ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: aannru@yandex.ru

В научном исследовании представлено моделирование характера перемещения частиц в камере доизмельчения в новом двухстадийном измельчителе при изменении частоты вращения при 100 и 150 мин⁻¹. Для этого были созданы цифровые модели измельчителя и камеры доизмельчения, внутри которой расположен вал. В камере размещается вращающийся вал, выполненный в виде ротора с набором плоских зубчатых фрез, которые образуют усеченный конус, расположенный в цилиндрическом корпусе, в котором закреплена рубашка с противорежущими вставками в виде зубьев. При моделировании использовались частицы с конечными размерами 6–6,5 мм. При работе модели с большей частотой возникает застой частиц в зоне выгрузки из-за снижения скорости их перемещения, проворачивания и других негативных явлений. Тогда при измельчении на натурной модели возможно заполнение неизмельченным материалом пространства между зубьями рубашки и наборным режущим инструментом. Для стабилизации кинематики частиц цилиндрическую зубчатую рубашку рабочей камеры целесообразно заменить рубашкой со сквозным коническим отверстием с противорежущими ребрами, расположенными в ней равноудаленно, которые могут быть образованы за счет стенки рубашки. Моделирование процессов актуально при создании новых устройств, что позволяет на этапе проектирования провести анализ их работоспособности и вариативного исполнения.

Ключевые слова: камера доизмельчения, вторичная переработка, резиновая крошка, утилизация шин, работоспособность, перемещение частиц, моделирование, наборный многолезвийный инструмент, вариативное исполнение

Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

MODELING OF PARTICLE KINEMATICS WITH MULTI-KNIVES TOOLS DURING PROCESSING OF RUBBER PRODUCTS

¹Lozovaya S.Yu., ²Afonin A.N., ¹Kravchenko V.M., ²Topchiy Ya.P.

¹Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov, Belgorod, e-mail: lozwa@mail.ru;

²Belgorod National Research University, Belgorod, e-mail: aannru@yandex.ru

The scientific study presents a simulation of the nature of the movement of particles in the pre-grinding chamber in a new two-stage shredder when the rotation speed changes at 100 and 150 min⁻¹. For this purpose, digital models of the shredder and the post-grinding chamber were created, inside which the shaft is located. The chamber houses a rotating shaft made in the form of a rotor with a set of flat toothed cutters that form a truncated cone located in a cylindrical housing in which a jacket with anti-cutting inserts in the form of teeth is fixed. In the simulation, particles with final dimensions of 6-6.5 mm were used. When the model is working with a higher frequency, particles stagnate in the unloading zone due to a decrease in the speed of their movement, cranking and other negative phenomena. Then, when grinding on a full-scale model, it is possible to fill the space between the teeth of the jacket and the set cutting tool with non-crushed material. To stabilize the kinematics of particles, it is advisable to replace the cylindrical toothed jacket of the working chamber with a shirt with a through conical hole with anti-cutting ribs located equidistant in it, which can be formed due to the wall of the shirt. Process modeling is relevant when creating new devices, which allows an analysis of their operability and variable performance at the design stage.

Keywords: re-grinding chamber, recycling, rubber crumb, tire recycling, particle movement, modeling, multi- knives tool set, operability, variable execution

The work was carried out within the framework of the implementation of the federal program for supporting universities "Priority 2030" using equipment based on the Center for High Technologies of BSTU named after V.G. Shukhov.

В соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов [1] изношенные покрышки относятся по степени вредного воздействия на окружающую природную среду к 4-му классу опасности. По-

этому автомобильные покрышки подлежат обязательной утилизации с разделением на составные элементы.

Существует несколько методов утилизации резины: пиролиз; регенерат резины

(паровоздушный, паровой высокотемпературный, водонейтральный, нейтральный, термомеханический и др.). Наиболее широко используемый метод – это механическое измельчение в устройствах различных конструкций [2, 3], в том числе при воздействии на крышку всевозможным многолезвийным инструментом для вторичного использования полученного продукта, в виде крошки менее 7 мм, хлопьев, слайсов. Указанные продукты измельчения используют: при изготовлении бесшовных и плиточных покрытий, покрытий «искусственная трава», в приповерхностных слоях асфальта; в шумоизоляционных материалах; в наливной кровле; резиновой черепице; во всевозможных защитных конструкциях; в битумных мастиках в виде высокодисперсных порошков и др. [4].

Анализ оборудования для механического измельчения резинотехнических изделий показал, что основным их недостатком является невысокое качество измельчаемого материала, связанное с широким диапазоном разброса размеров готового продукта [2]. Для решения указанной задачи предложена новая конструкция двухстадийного измельчителя [3], в котором на второй стадии измельчения используется наборный многолезвийный инструмент (рис. 1).

Цель исследования – провести моделирование кинематики частиц готового продукта на второй стадии измельчения, установить влияние конструктивных особенностей рабочих поверхностей камеры доизмельчения и инструмента на траекторию, скорость перемещения частиц, их потенциальной и кинетической энергий.

Материалы и методы исследования

Для моделирования измельчения покрышек на второй стадии [5, 6] использо-

вался программный комплекс EDEM, основанный на методе дискретных элементов. В программном продукте EDEM Analyst [7] созданы цифровые модели двухстадийного измельчителя и камеры доизмельчения (рис. 1). В камере размещается вращающийся вал, выполненный в виде ротора с набором плоских зубчатых фрез, которые образуют усеченный конус, расположенный в цилиндрическом корпусе, в котором закреплена рубашка с противорезающими вставками в виде зубьев [3].

Производилось моделирование характера перемещения частиц при изменении частоты вращения вала (100 и 150 мин⁻¹), при вертикальной загрузке с подачей материала по всей площади верхней части камеры доизмельчения.

Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что скорости заданных размеров частиц в 6 и 6,5 мм примерно равны при 100 и 150 мин⁻¹. Анализ моделей скоростей показал:

1. После первой секунды работы модели:

– скорости частиц изменяются в диапазоне от 0,52 до 1,3 м/с при 100 мин⁻¹, при этом частицы, попадая на режущие кромки инструмента, замедляются (рис. 2, а) и приобретают вращательное движение, продвигаясь к зоне выгрузки;

– скорости частиц изменяются в диапазоне 0,8 до 1,35 м/с при 150 мин⁻¹ (рис. 2, б), частицы режущим инструментом отбрасываются на зубья рубашки, что замедляет их перемещение к зоне выгрузки, создавая перегруз частиц в зоне их контакта с инструментом и зубьями рубашки, путем их задержки, проворачивания и других негативных явлений.

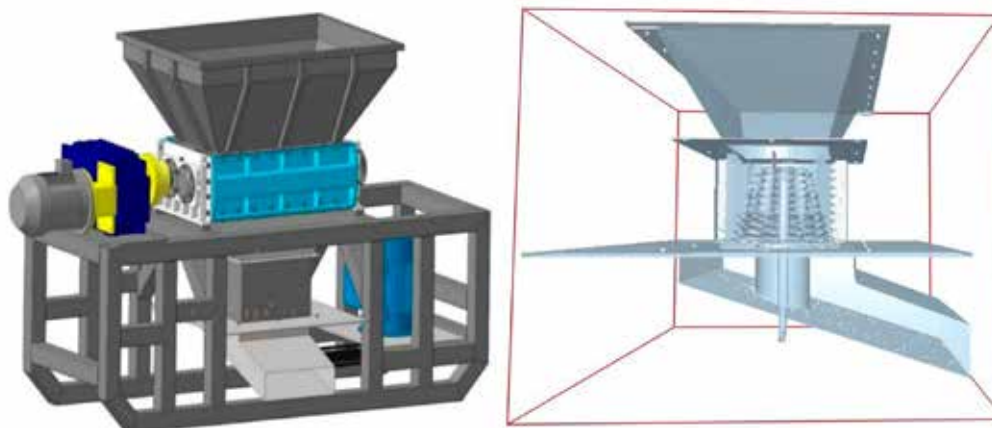


Рис. 1. Цифровые модели: а – двухстадийный измельчитель; б – вторая стадия – камера домола с наборным многолезвийным инструментом и зубчатой рубашкой

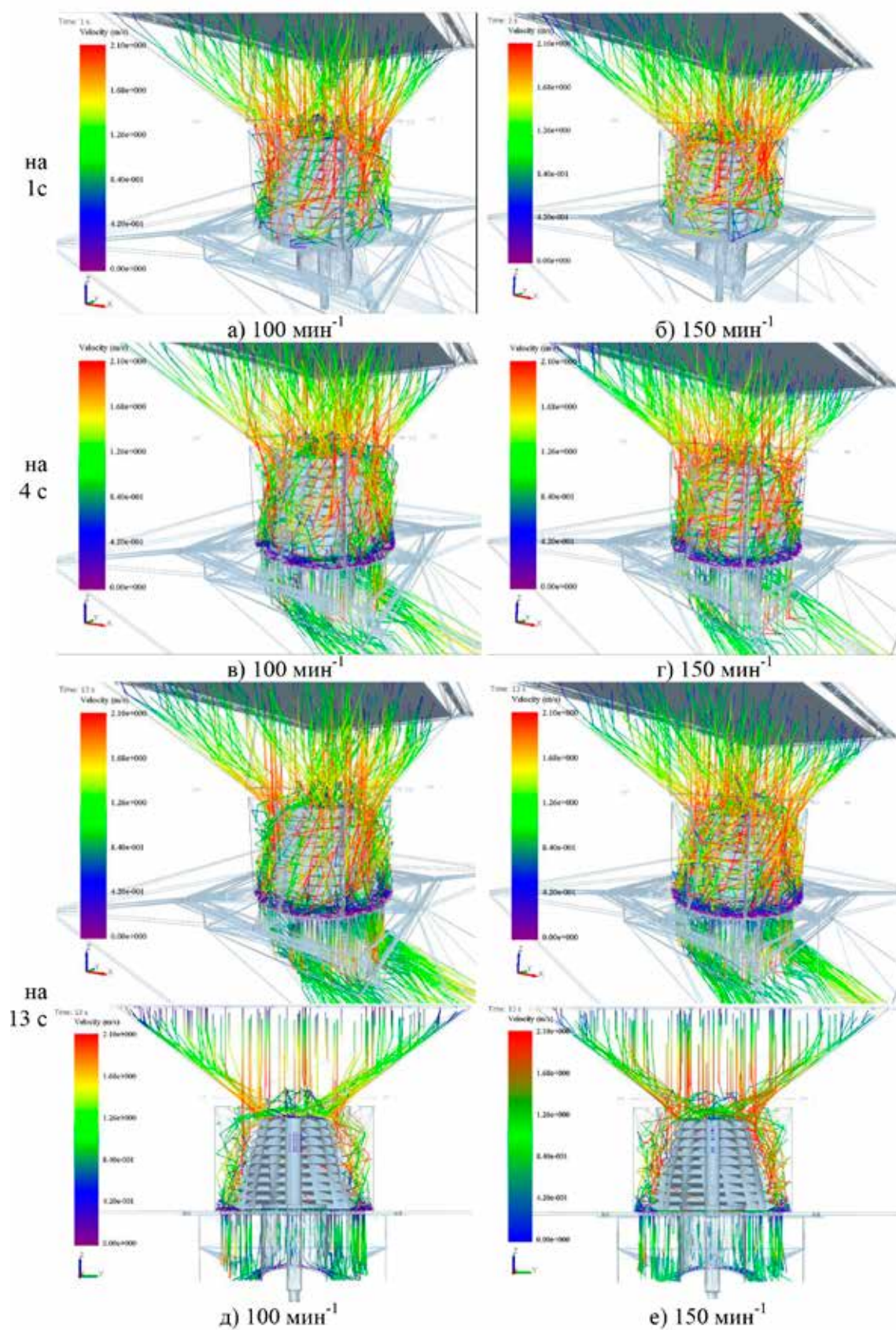


Рис. 2. Модели изменения скоростей перемещения частиц:
а, б – после 1 с; в, г – после 4 с (установившийся режим работы); д, е – после 13 с

2. На 4 с установившийся режим – на что указывает то, что после 13 с работы скорости и траектории частиц аналогичны (рис. 2, д, е):

– при 100 мин^{-1} (рис. 2, в) скорости частиц изменяются от 1,2 до 1,7 м/с, попадая на режущие кромки, теряют скорость до 0,84 м/с и, попадая в зону выгрузки, просыпаются в выгрузочный бункер;

– при 150 мин^{-1} (рис. 2, г) частицы ускоряются в верхней части ротора от 1,7 до 2,1 м/с (выше примерно на 30%, чем при 100 мин^{-1}) попадают на инструмент, при этом происходит снижение их скорости до 0,84 м/с (более чем в 2 раза) и, замедляясь, частицы проворачиваются по ходу вращения ножей, скапливаясь в зоне выгрузки, и под напором поступающего материала продавливаются из зоны выгрузки в бункер.

Потенциальная энергия частиц размером 6 и 6,5 мм при исследуемых частотах вращения инструмента (рис. 3) показала, что на 1 с ее минимальное значение у частиц,

скапливающихся в зоне выгрузки, а после попадания частиц в зону контакта с инструментом и зубьями рубашки потенциальная энергия частиц существенно снижается. При установившемся режиме и дальнейшей работе после 4 с значения потенциальной энергии остаются неизменными, причем она равна для частиц разных размеров.

Анализ изменения значений кинетической энергии при перемещении частиц (рис. 4) показал, что:

– при 100 мин^{-1} (рис. 4, а) частицы с размером 6,5 мм имеют энергию больше, чем у частиц 6 мм, примерно на 7–13% и изменяются в пределах от $1,4 \cdot 10^{-5}$ до $2 \cdot 10^{-5}$ Дж и от $1,3 \cdot 10^{-5}$ до $1,6 \cdot 10^{-5}$ Дж соответственно;

– при 150 мин^{-1} (рис. 4, б) кинетическая энергия для частиц с размером 6 мм больше, чем для частиц 6,5 мм, и изменяется в пределах от $1,85 \cdot 10^{-5}$ до $2,61 \cdot 10^{-5}$ Дж и от $1,7 \cdot 10^{-5}$ до $2,3 \cdot 10^{-5}$ Дж соответственно, что примерно на 50 и 30% больше, чем при 100 мин^{-1} .

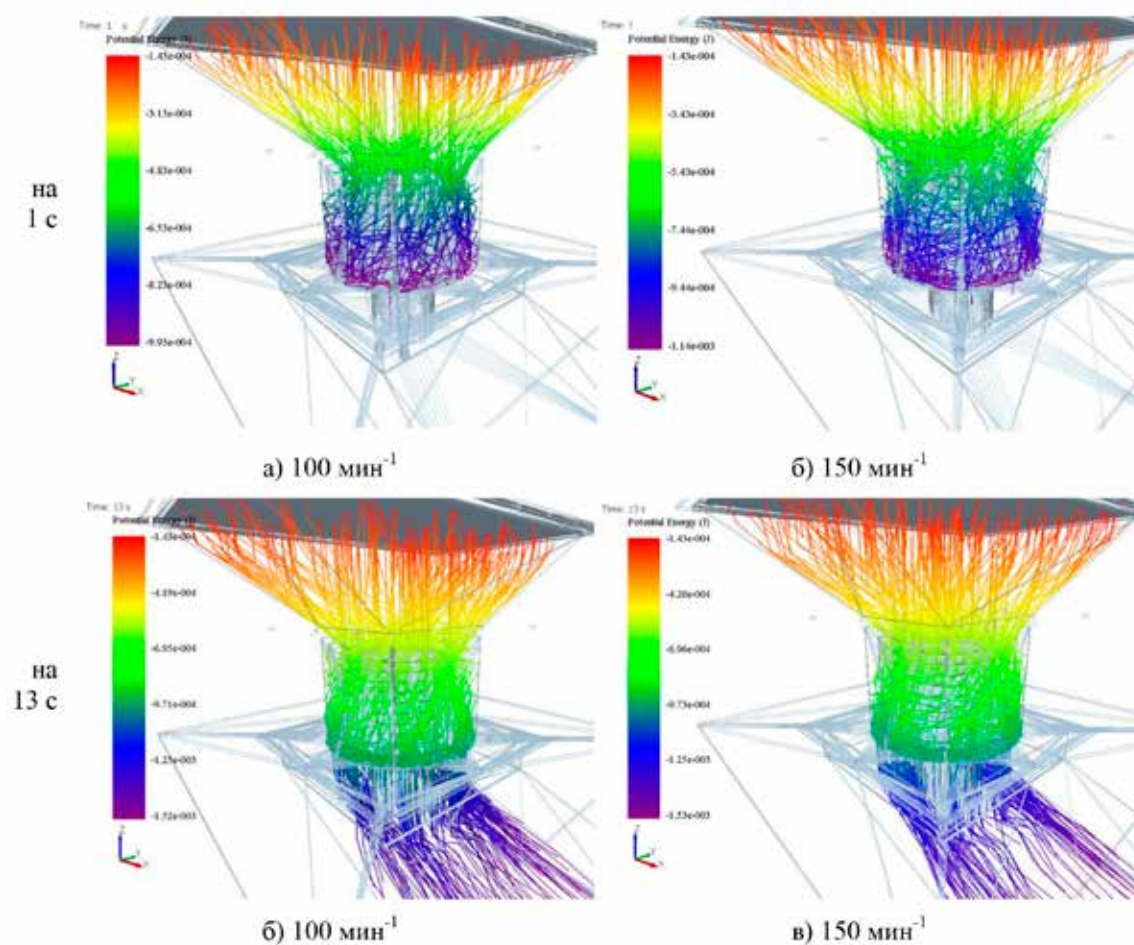


Рис. 3. Модели изменения значений потенциальных энергий при перемещении частиц: а, б – после 1 с; в, г – после 13 с

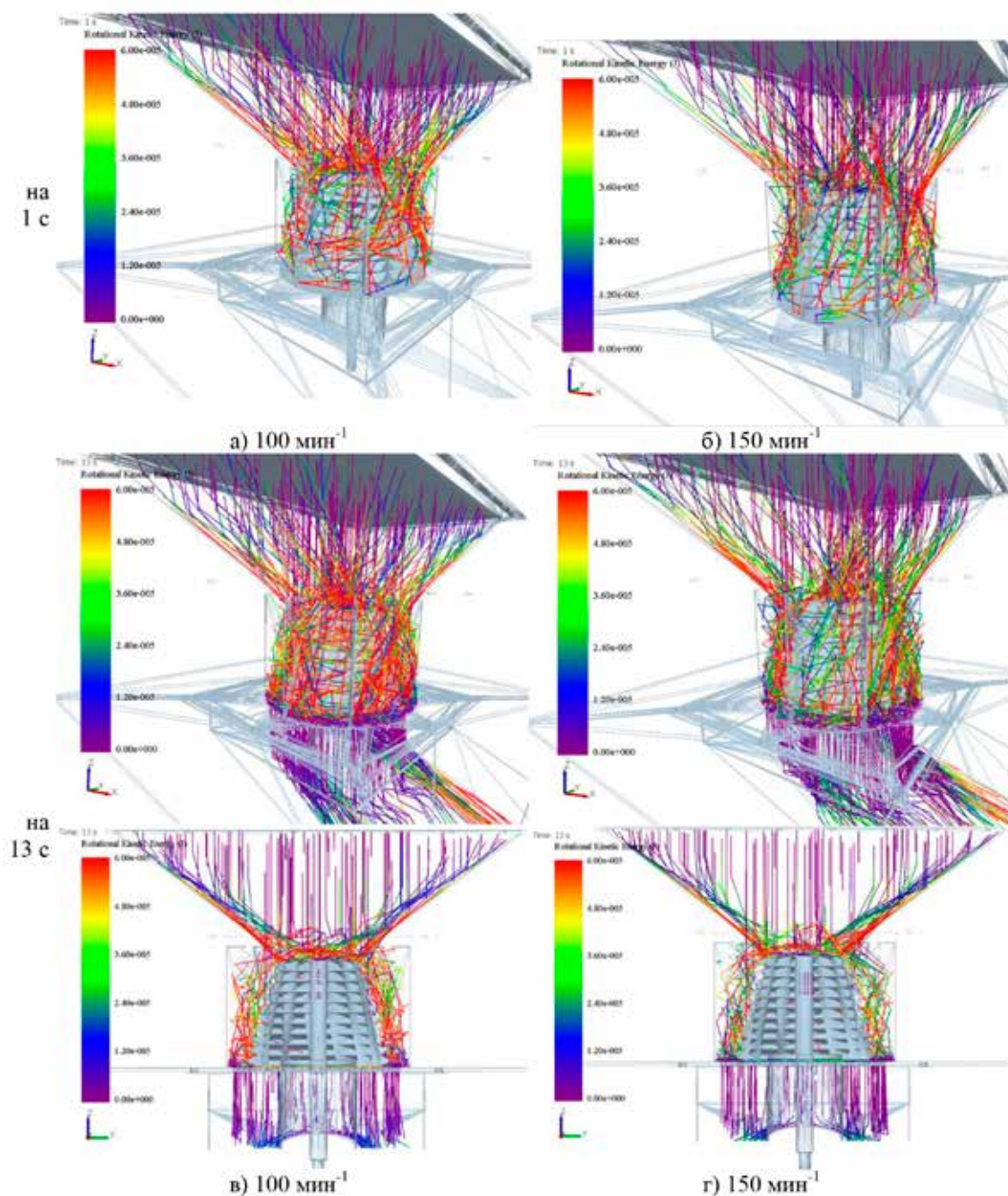


Рис. 4. Модели изменения значений кинетической энергии при перемещении частиц:
а, б – после 1 с; в, г – после 13 с

Кинетическая энергия у частиц 6 мм больше, чем у частиц 6,5 мм при 150 мин⁻¹, что можно объяснить тем, что они чаще контактируют с зубьями рубашки камеры и кромками инструмента, при этом частицы захватываются зубьями и прокручиваются по ходу вращения вала, что удлиняет их траекторию. Это и приводит к увеличению кинетической энергии при 150 мин⁻¹. Тут нужно отметить, что увеличение угловой скорости повышает энергоёмкость процесса.

Заключение

В программном продукте EDEM Analyst были созданы цифровые модели двухстадийного измельчителя и камеры домола (вторая стадия).

В результате анализа установлено, что при работе устройства наиболее целесообразно использовать частоту вращения вала равную 100 мин⁻¹, так как при частоте 150 мин⁻¹ скорости перемещения частиц

больше примерно на 30%, что увеличивает хаотичность их движения и замедляет их перемещение к зоне выгрузки. Это снизит скорость переработки материала, создавая перегруз зоны контакта его с зубьями рубашки и инструментом и зоны выгрузки, из-за его проворачивания и других негативных явлений. Так же повышение частоты вращения вала увеличивает энергоёмкость процесса.

При моделировании использовались частицы с конечными размерами, при этом наблюдается их застой в зоне выгрузки, таким образом, при измельчении на натурной модели реального материала возможно заполнение неизмельченным материалом пространства между зубьями рубашки и наборным режущим инструментом, что останавливает измельчение.

Для снижения хаотичности движения частиц и стабилизации их перемещения цилиндрическую зубчатую рубашку рабочей камеры [5] целесообразно заменить на цилиндрическую рубашку со сквозным коническим отверстием с противорежущими ребрами, расположенными в ней равноудаленно по окружности. Они могут быть образованы за счет стенки рубашки, при этом максимальный диаметр конуса

внутренней поверхности располагается сверху камеры.

Список литературы

1. Приказ № 786 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов». В целях реализации Федерального закона «Об отходах производства и потребления» // Собрание законодательства РФ. 2001. № 1 (ч. II), ст. 21.
2. Севостьянов В.С., Уральский В.И., Севостьянов М.В., Носов О.А. Технологические комплексы и оборудование для переработки и утилизации техногенных материалов. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. 320 с.
3. Кравченко В.М., Лозовая С.Ю., Лозовой Н.М., Тулина А.В. Двухстадийный измельчитель // Патент на полезную модель РФ № 2021102280. Патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. Бюл № 11.
4. Лозовая С.Ю., Кравченко В.М., Сацки С.А. Область применения продуктов вторичной переработки резинотехнических изделий в строительстве // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: сб. докладов. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. С. 216–220.
5. Клишин С.В. Применение метода дискретных элементов при анализе гравитационного движения гранулированного материала в сходящемся канале // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 12. С. 273–277.
6. Севостьянов В.С., Уральский В.И., Севостьянов М.В., Бабуков В.А., Мартаков И.Г. Малотоннажные технологические комплексы и оборудование (основы научных исследований – практическое руководство): учебное пособие. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. 450 с.
7. Браун Дрэйк. Применение ЭДЕМ для проектирования строительного и горного оборудования. Altair, 2015. 125 с.

УДК 621.3.082.61
DOI 10.17513/snt.39859

ТЕПЛОВОЕ РАСШИРЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ КОМПОЗИТНОЙ ОБОЛОЧКИ

Маматов Э.У., Ташполотов Ы.

Ошский государственный университет, Ош, e-mail: mamatov.elbek@list.ru, itashpolotov@mail.ru

В работе рассмотрены некоторые виды композитных материалов, их свойства и области их применения. В качестве примера приводится многослойная композитная оболочка, подвергнутая воздействию источника тепла с направленной лучевой мощностью. Анализируются тепловые свойства многослойной композитной оболочки с тепловой и структурной точек зрения, основанных на послойной теории, используемой для моделирования структурной части оболочки. Изучено влияние направления лучевого потока, ортотропии материала и толщины пластины на характер термических напряжений и деформаций многослойной композитной оболочки при максимальной температуре. Приведены краткие сведения о коэффициентах теплопроводности базальтовых волокон и высокодисперсных материалов. Рассматривается геометрия многослойной композитной оболочки определенной формы и последовательности укладки слоев. Уточняются высота, толщина и ширина многослойной композитной оболочки. Рассмотрены свойства материала волокна и матрицы, а также общие параметры композитной пластины, теплопередачи и луча в программе моделирования COMSOL Multiphysics. Отображены формула расчета коэффициента теплопроводности и правила смешивания перпендикулярно направленных многослойных композитных волокон. Проведено компьютерное моделирование объектов и физических процессов при получении численных результатов и прогнозировании поведения объектов в различных средах.

Ключевые слова: коэффициент теплопроводности, базальтовое волокно, тепловое расширение, многослойный композит, ортотропия, оболочка

THERMAL EXPANSION OF A MULTILAYER COMPOSITE SHELL

Mamatov E.U., Tashpolotov Y.

Osh State University, Osh, e-mail: mamatov.elbek@list.ru, itashpolotov@mail.ru

The paper considers some types of composite materials, their properties and their applications. As an example, a multilayer composite shell exposed to a heat source with directed beam power is given. The thermal properties of a multilayer composite shell are analyzed from a thermal and structural point of view, based on the layered theory used to model the structural part of the shell. The influence of the direction of the beam flux, the orthotropy of the material and the thickness of the plate on the nature of thermal stresses and deformations of a multilayer composite shell at maximum temperature has been studied. Brief information is provided on the thermal conductivity coefficients of basalt fibers and highly dispersed materials. The geometry of a multilayer composite shell of a certain shape and sequence of layers is considered. The height, thickness and width of the multilayer composite shell are specified. The properties of the fiber and matrix material, as well as the general parameters of the composite plate, heat transfer and beam in the COMSOL Multiphysics modeling program are considered. The formula for calculating the thermal conductivity coefficient and the rules for mixing perpendicularly directed multilayer composite fibers are displayed. Computer modeling of objects and physical processes is carried out in obtaining numerical results and predicting the behavior of objects in various environments.

Keywords: thermal conductivity coefficient, basalt fiber, thermal expansion, multilayer composite, orthotropy, symmetry

Композитные материалы часто используются в конструкциях, где способность адаптировать такие свойства, как жесткость и прочность, делает их привлекательными по сравнению с традиционными инженерными материалами. В дополнение к конструкционным применениям композиты также используются в тех областях, где важны как тепловые, так и структурные свойства. Следовательно, сопряженный термоструктурный анализ тонких структур становится все более важным с точки зрения моделирования [1, с. 1–16].

В данной работе многослойная композитная оболочка, подвергнутая воздействию источника тепла с направленным лучом, анализируется с тепловой и структурной точек зрения. Подход, основанный

на теории слоев, используется для моделирования структурной части оболочки. Цель работы – проведение расчета коэффициента теплопроводности на основе правила смешивания перпендикулярно направленных углеродных волокон в эпоксидной смоле; введение свойств углеродного волокна и эпоксидной смолы в компьютерную программу моделирования и симуляции; изучение влияния положения источника тепла на профили напряжений и деформаций.

Одной из основных характеристик композиционных, теплоизоляционных и других видов материалов является коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности волокнистого, высокодисперсного материала зависит от интенсивности тепло-, и массообменных процессов в композитном

материале и их протекания, а также он зависит от плотности волокон [2, с. 75–81].

Композитный волокнистый материал из базальтовых горных пород выделяется высокой прочностью, низкой горючестью и неплохой шумоизоляцией. В качестве примера можно рассмотреть базальтовый мат шириной 10 см и с плотностью 100 кг/м³, что равносильно теплоизоляции кирпичной стены толщиной 1,20 м [3, с. 15–24; 4, с. 416–422].

С увеличением размера волокон композита теплопроводность увеличивается. В высокодисперсных волокнах базальта размером 5–15 мкм диаметр микропор между волокнами возрастает, что приводит к повышению конвекционных воздушных потоков. Теплоизоляционные материалы на основе базальтовых волокон обладают коэффициентом теплопроводности 0,032–0,048 Вт/(м²·К) [5].

Эффективной средой для численной реализации целей данной работы является компьютерная программа COMSOL Multiphysics, позволяющая смоделировать и симулировать физические процессы [6, с. 277].

Определение модели

Геометрия многослойной композитной оболочки состоит из шести плоских слоев Н-образной формы, уложенных друг на друга. Высота секции составляет 25 см, толщина полотна – 15 см, ширина фланца – 25 см, толщина фланца – 5 см. Геометрия многослойной композитной оболочки показана на рис. 1.

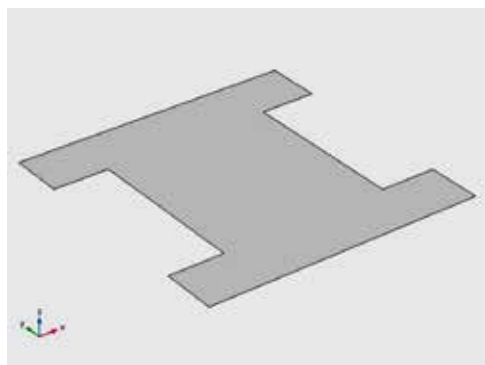


Рис. 1. Геометрия многослойной композитной оболочки

Последовательность укладки

Каждый слой композитной оболочки имеет толщину 0,125 мм, как показано на рис. 3. Композитная оболочка имеет [30/-45/75/-75/45/-30] последовательность укладки, как показано на рис. 2. Эта последовательность укладки является антисим-

метричной по отношению к средней плоскости композитной оболочки.

Трехмерное представление геометрии, а также первое основное направление материала, показывающее ориентацию волокон в каждом слое физической геометрии, показаны на рис. 4 и 5 соответственно.

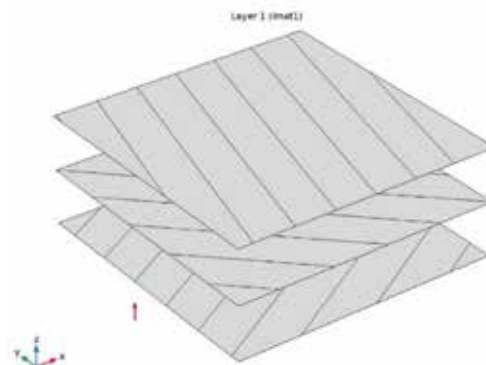


Рис. 2. Последовательность укладки [30/-45/75/-75/45/30], показана ориентация волокон в каждом слое снизу вверх

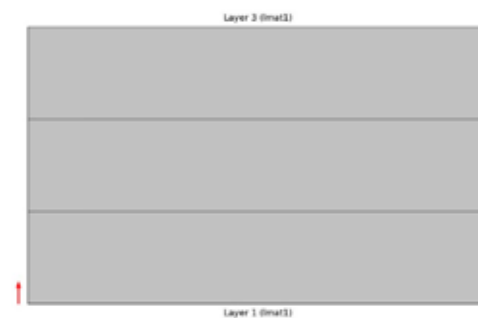


Рис. 3. Вид многослойной композитной оболочки по толщине, показывающий толщину (0,125 мм) каждого слоя

Свойства материала

Все слои многослойной композитной оболочки изготовлены из углеродных волокон в эпоксидной смоле. Свойства гомогенизированного ортотропного эластичного материала (матрица упругости) приведены в табл. 1. В ней представлены только ненулевые элементы матрицы эластичности.

Таблица 1

Матрица эластичности композитного материала

Матрица эластичности	Значение
$\{D_{11}, D_{12}, D_{13}, D_{22}, D_{23}, D_{33}, D_{44}, D_{55}, D_{66}\}$	$\{141.34, 3.35, 3.35, 10.25, 2.83, 10.25, 4.52, 2.95, 4.52\}$

Гомогенизированные ортотропные тепловые свойства многослойной композитной оболочки приведены в табл. 2.

Таблица 2

Теплопроводность многослойной композитной оболочки

Теплопроводность	Значение (Вт/(м·К))
$\{k_{11}, k_{22}, k_{33}\}$	$\{6.2, 0.5, 0.5\}$

Поскольку анализ является стационарным, значения плотности и теплоемкости при постоянном давлении для многослойной композитной оболочки не влияют на результаты и устанавливаются равными единице. Все упругие и термические свойства материала задаются в системе координат многослойной композитной оболочки (локальные направления материала слоя), где первая ось совпадает с ориентацией волокна.

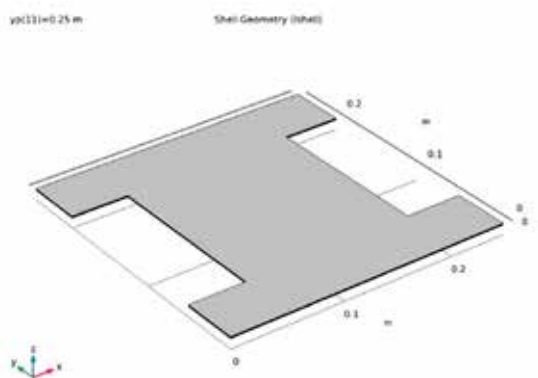


Рис. 4. Трехмерное геометрическое изображение многослойной композитной оболочки

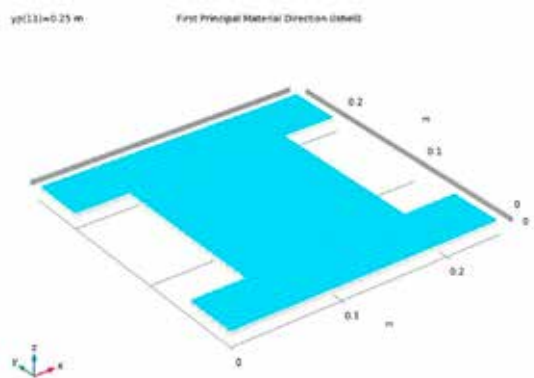


Рис. 5. Первое основное направление материала, показывающее ориентацию волокон в каждом слое физической геометрии. Угол наклона слоя используется в качестве цвета для каждого слоя

Коэффициент теплового расширения

Гомогенизированное значение коэффициента теплового расширения ламината для заданных свойств волокна и матричного материала рассчитываются с использованием правила смешивания. Свойства составляющих материалов, необходимые для определения коэффициента теплового расширения ламината, приведены в табл. 3.

Исходя из свойств материала, приведенных в табл. 3, коэффициенты теплового расширения для ламината в направлении волокон, а также перпендикулярно направлению волокон рассчитываются по правилу смешивания по формулам 1-3.

$$\alpha_{11} = \frac{V_f \alpha_{1f} E_{1f} + V_m \alpha_m E_m}{V_f E_{1f} + V_m E_m}, \quad (1)$$

$$\nu_{12} = \nu_{12f} V_f + \nu_m V_m, \quad (2)$$

Таблица 3

Свойства углеродного волокна и эпоксидной смолы

Свойства материала	Значение	Описание
V_f	0,6	Объемная доля волокна
V_m	0,4	Объемная доля матрицы
E_{1f}	230[GPa]	Модуль Юнга волокна в направлении волокна
E_m	4[GPa]	Модуль Юнга матрицы
ν_{12f}	0,2	Коэффициент Пуассона волокна
ν_m	0,35	Матричный коэффициент Пуассона
α_{1f}	-0,6E-6[1/K]	Коэффициент теплового расширения волокна в направлении волокна
α_{2f}	8,5E-6[1/K]	Коэффициент теплового расширения волокна перпендикулярно направлению волокна
α_m	55E-6[1/K]	Коэффициент теплового расширения матрицы

$$\alpha_{22} = \alpha_{33} = (1 + \nu_m) V_m \alpha_m + (1 + \nu_{12f} \frac{\alpha_{1f}}{\alpha_{2f}}) V_f \alpha_{2f} - \nu_{12} \alpha_{11}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов теплового расширения слоев композитной оболочки, рассчитанные с использованием этих выражений, приведены в табл. 4. Коэффициент теплового расширения в направлении волокон на три порядка меньше, чем коэффициент, перпендикулярный направлению волокна. Это связано с тем, что углеродные волокна имеют отрицательный коэффициент теплового расширения в направлении волокон.

Таблица 4

Коэффициенты теплового расширения слоев композитной оболочки

Коэффициент теплового расширения	Value (1/K)
$\{\alpha_{11}, \alpha_{22}, \alpha_{33}\}$	$\{3,72E-8, 3,47E-5, 3,47E-5\}$

Граничные условия и нагрузки

К модели применяются следующие граничные условия и нагрузки:

– Конструктивные граничные условия: Края при $X = 0$ и $X = 25$ см фиксированы.

– Тепловые граничные условия. Температура установлена на комнатную температуру по краям при $X = 0$ и $X = 25$ см. Конвективный тепловой поток с коэффициентом теплопередачи $20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ наносится на нижнюю поверхность многослойной композитной оболочки (внешнюю границу раздела нижнего слоя).

– Тепловые нагрузки: На верхнюю поверхность многослойной композитной оболочки (внешнюю границу раздела верхнего слоя) наносится луч мощностью 10 Вт . Положения источника луча по оси x и z фиксируются в пространстве на расстоянии $12,5 \text{ см}$ и 25 см , в то время как у-образное положение балки варьируется от 0 до 25 см . Стандартное отклонение балки принимается равным $1/10$ от ее высоты (или z -положения), что составляет $2,5 \text{ см}$.

Результаты исследования и их обсуждение

Температурный профиль в композитной оболочке, когда источник теплового излучения находится над ее центром, показан на рис. 6. Максимальная температура наблюдается только в центре оболочки и распределяется по всем направлениям от центра. Распределение температуры также можно проверить, создав линейные графики вдоль осей X и Y , как показано на модели.

Влияние ортотропии материала и ориентации слоев проявляется в характере тепловых напряжений и деформаций, как показано на рис. 7. Общий характер тепловых напряжений аналогичен температурному профилю, показанному на рис. 6, поскольку оболочка подвергается только тепловым нагрузкам. Однако можно наблюдать интересную картину деформации, вызванную ортотропией и ориентацией слоев.

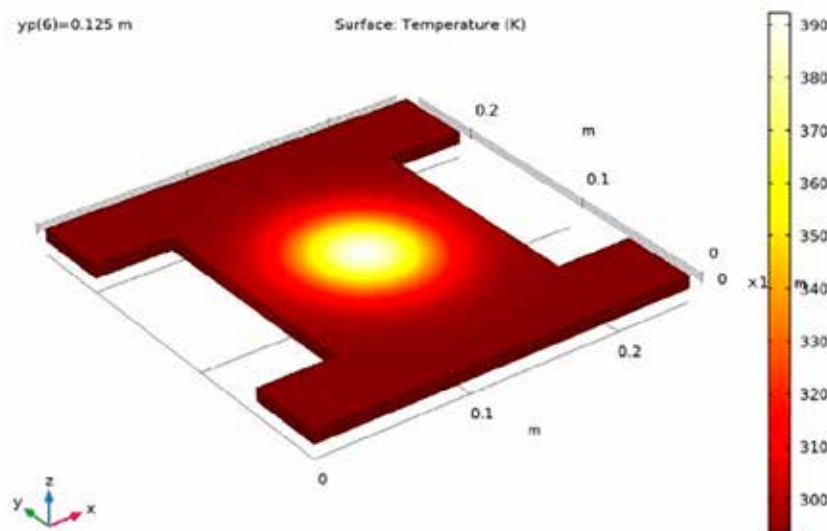


Рис. 6. Температурный профиль при $u_y = 12,5 \text{ см}$

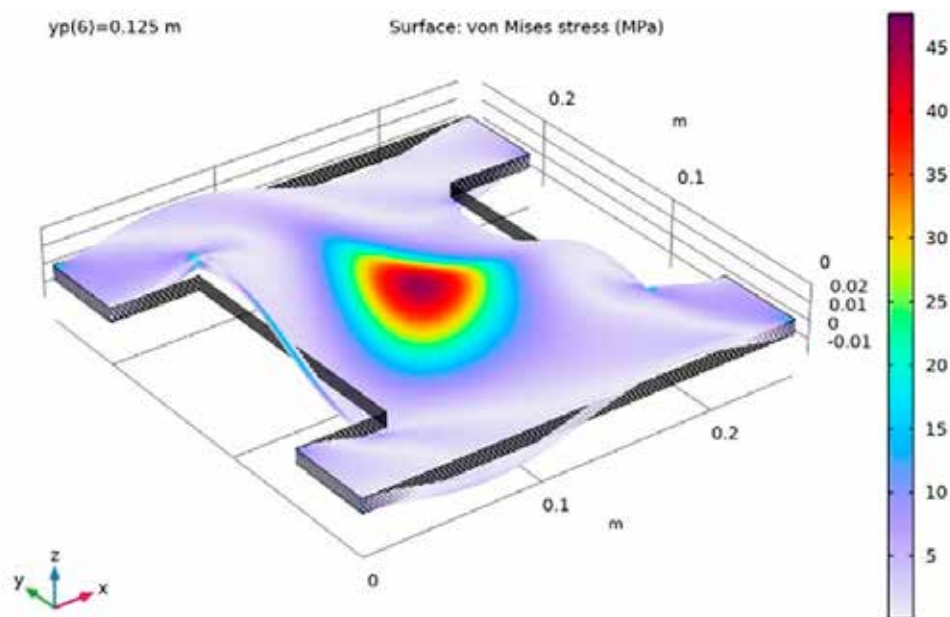


Рис. 7. Распределение напряжений фон Мизеса в многослойной композитной оболочке при $y_p = 0,125$ м

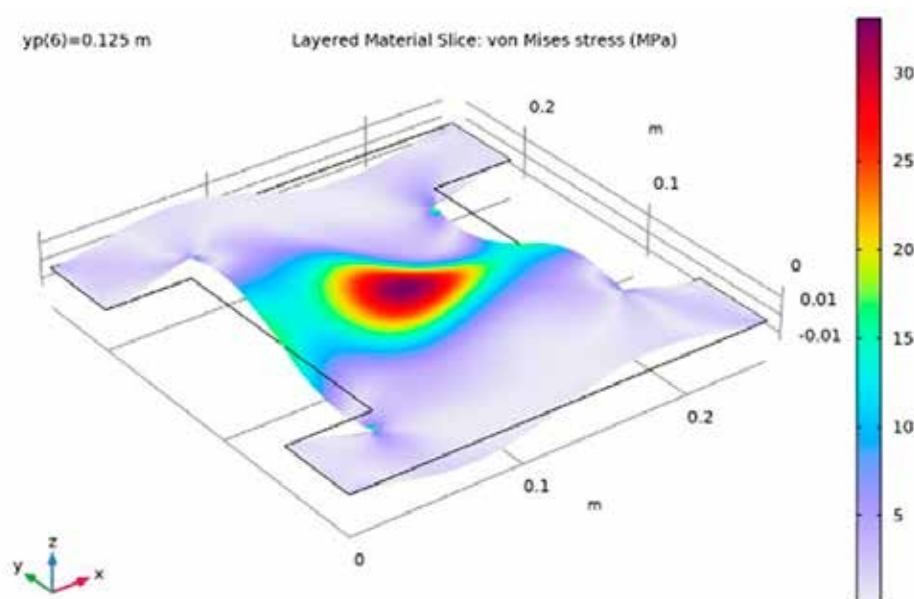


Рис. 8. Распределение напряжений фон Мизеса в средней плоскости многослойной композитной оболочки при положении балки $(y_p) = 0,125$ м

Чтобы увидеть влияние ориентации слоев на распределение напряжений по фон Мизесу, в средней плоскости многослойной композитной оболочки создается график слоистого среза материала, как показано на рис. 8. Можно видеть, что он имеет другое распределение напряжений, а также величину по сравнению с рис. 7, на котором показано распределение напряжений для верхнего слоя.

На рис. 9 показано изменение напряжения фон Мизеса по толщине в четырех различных местах оболочки. Неравномерность напряжения по слоям видна на графике. Существует вращательная симметрия напряжений между точками, расположенными между ними.

На рис. 10–13 показаны распределения напряжений фон Мизеса и различных ком-

понентов тензора напряжений в системе координат слоистого материала. Напряжения нанесены на график в средней плоскости каждого слоя. Эффект антисимметричной укладки хорошо виден на рис. 10–12. Например, распределение напряжений в слое 1 и в слое 6 аналогично, но антисимметрично

относительно средней плоскости многослойного композитного материала.

На рис. 13 показано распределение напряжения сдвига, а также антисимметричный рисунок. Знак напряжения меняется на противоположный при сравнении верхнего и нижнего слоев из-за антисимметрии.

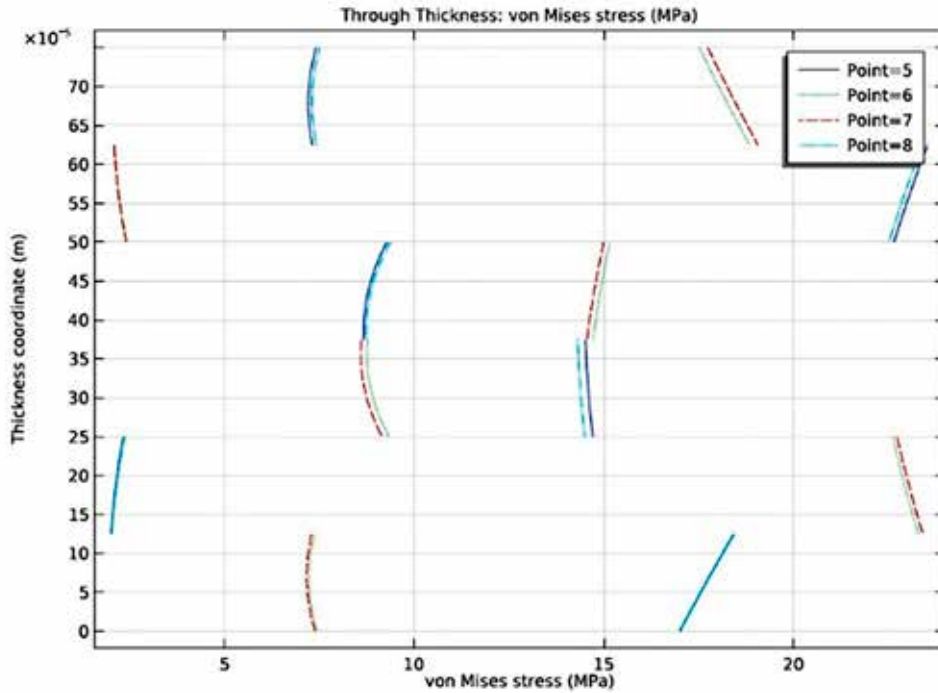


Рис. 9. Изменение напряжения фон Мизеса по толщине в выбранных точках при $u_y = 0,125$ м

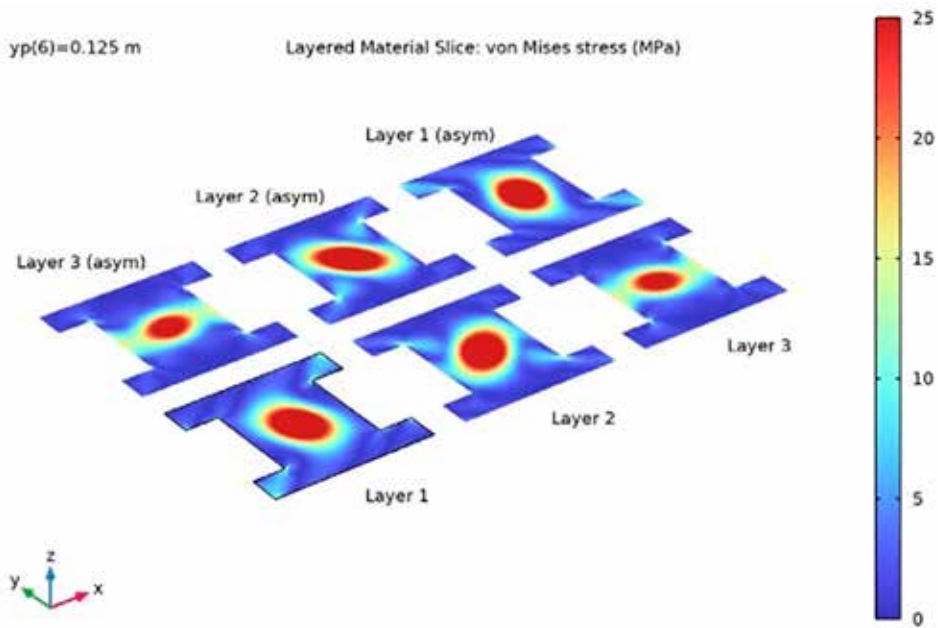


Рис. 10. Напряжение фон Мизеса в системе координат ламината в средней плоскости каждого слоя при $u_y = 0,125$ м

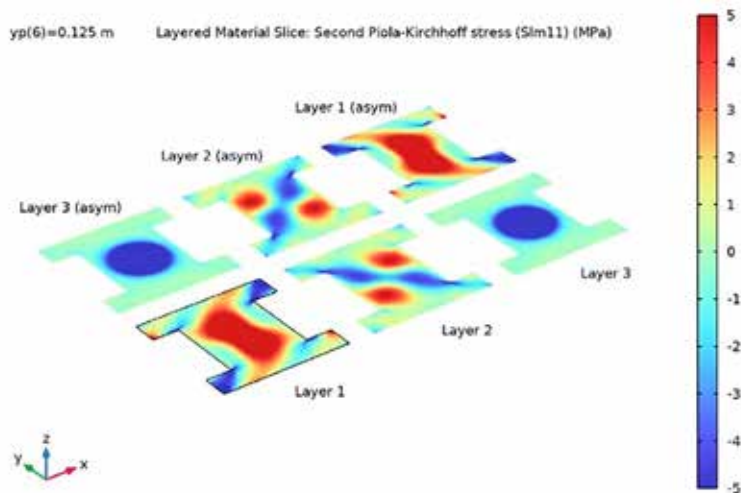


Рис. 11. Составляющая напряжения 11 (направление волокон) в средней плоскости каждого слоя при $y_p = 0,125$ м

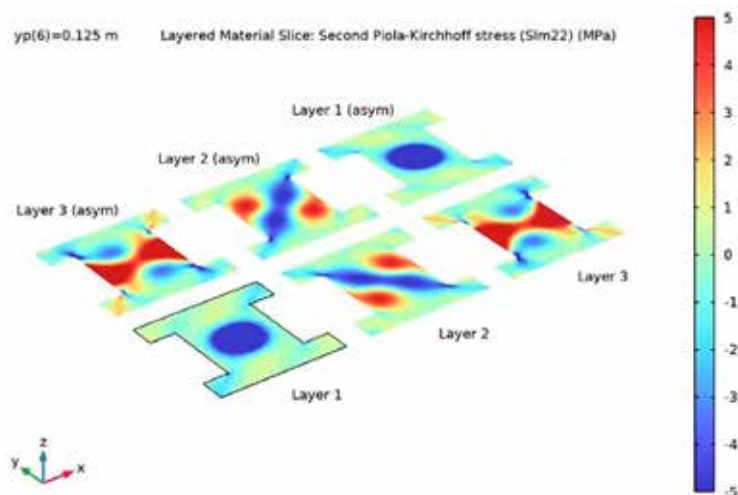


Рис. 12. Составляющая напряжения 22 (поперечная направлению волокон) в средней плоскости каждого слоя при $y_p = 0,125$ м

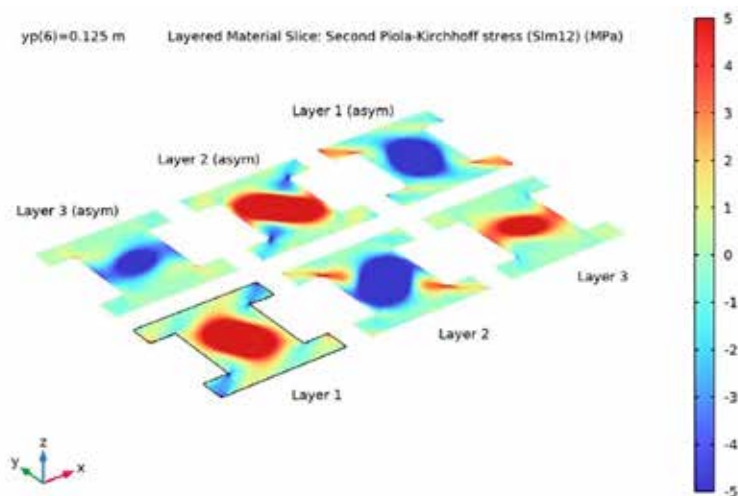


Рис. 13. Составляющая напряжения 12 (сдвиг в плоскости) в средней плоскости каждого слоя при $y_p = 0,125$ м

Выводы

1. Проведен расчет коэффициента теплопроводности на основе правила смешивания перпендикулярно направленных базальтовых волокон и матрицы.

2. Введены и рассмотрены свойства материала углеродного волокна и эпоксидной смолы, а также общие параметры пластины, теплопередачи и луча в программе компьютерного моделирования. Установлено, что коэффициент теплового расширения в направлении волокна на три порядка меньше, чем коэффициент, перпендикулярный направлению волокна.

3. Зафиксировано, что максимальная температура наблюдается, когда источник теплового излучения находится над центром оболочки, и она распределяется по всем направлениям, удаленным от центра. Посредством компьютерной программы продемонстрировано, что на распределение температуры также влияет направление позиции луча и толщина пластины.

4. Влияние ортотропии материала и ориентации слоев проявляется в характере тепловых напряжений и деформаций.

Список литературы

1. Чистов А.Н., Кладов М.Ю., Пронин И.Б., Смирнов А.С. Экспериментальное определение теплопроводности композиционных материалов в широком диапазоне значений при комнатной температуре // Наука и инновации. 2019. № 9. URL: <http://engjournal.ru/articles/1920/1920.pdf> (дата обращения: 21.10.2023). DOI: 10.18698/2308-6033-2019-9-1920.
2. Зарубин В.С., Кувыркин Г.Н., Савельева И.Ю. Теплопроводность композита, армированного волокнами // Новые материалы и технологии. 2013. № 5. С. 75–78.
3. Айдаралиев Ж.К., Исманов Ю.Х., Кайназаров А.Т. Влияние характеристик базальтового расплава на процесс образования волокон // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6, № 6. С. 15–24.
4. Айдаралиев Ж.К., Жолдошова Ч.К., Абдыкалык кызы Ж., Атырова Р.С. Физико-механические характеристики плавного базальта // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8, № 9. С. 416–422.
5. Базальтовый утеплитель: характеристики, теплопроводность и свойства. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.izomat.ru/about/articles/bazaltovyy-uteplitel-kharakteristiki-teploprovodnost-i-svoystva> (дата обращения: 05.12.2023).
6. Ташполотов Ы., Маматов Э. Определение прочностных характеристик базальтового композита в COMSOL Multiphysics // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9, № 7. С. 276–285. DOI: 10.33619/2414-2948/92/39.

УДК 004.94

DOI 10.17513/snt.39860

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕГИОНА

Медведев А.В.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, e-mail: alexm_62@mail.ru

Построена и описана оптимизационная экономико-математическая модель региона как организационной системы, учитывающая управленческий, социальный и экологический аспекты его функционирования. Приведена краткая характеристика некоторых современных работ на тему исследования, сформулированы используемые подходы и принципы моделирования. При построении модели основной упор делается на применение принципов модельной и информационно-технологической сбалансированности, а также на использование оптимизационного подхода. Математическая модель сформулирована в форме трехкритериальной многопараметрической задачи линейного программирования, описывающей взаимодействие таких экономических агентов, как производитель, потребитель и управляющий (налоговый) центр региона. Модель строится с учетом наличия автоматизированной информационной системы, позволяющей осуществлять многопараметрический, многокритериальный анализ задачи линейного программирования для поиска Парето-оптимальных инвестиционных стратегий с учетом достижения компромисса интересов указанных экономических агентов региона. Взаимосвязанное и взаимодополняющее использование описываемой модели, вкупе с автоматизированным инструментарием ее анализа, позволяет в перспективе рассматривать ее как основной элемент систем поддержки принятия решений в сфере управления регионом с большим количеством производственных подразделений (предприятий, отраслей, направлений экономической деятельности), а также применять для выявления и получения оптимальных характеристик развития региона как организационной системы и решения задач планирования и прогнозирования его развития.

Ключевые слова: социально-экономическая система, принципы моделирования региона, экономические агенты, многокритериальная задача линейного программирования, система поддержки принятия решений

AN OPTIMIZATION SOCIO-ECOLOGICAL-ECONOMIC MODEL OF THE REGION

Medvedev A.V.

Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: alexm_62@mail.ru

An optimization economic and mathematical model of the region as an organizational system has been constructed and described, taking into account the managerial, social and environmental aspects of its functioning. A brief description of some modern works on the research topic is given, the approaches and principles of modeling used are formulated. When building a model, the main emphasis is on the application of the principles of model and information technology balance, as well as on the use of an optimization approach. The mathematical model is formulated in the form of a three-criteria multiparameter linear programming problem that describes the interaction of such economic agents as the producer, the consumer and the managing (tax) center of the region. The model is built taking into account the availability of an automated information system that allows for multi-parameter, multi-criteria analysis of the linear programming problem to search for Pareto-optimal investment strategies, taking into account achieving a compromise of the interests of the specified economic agents of the region. The interconnected and complementary use of the described model, coupled with automated tools for its analysis, makes it possible in the future to consider it as the main element of decision support systems in the management of a region with a large number of production units (enterprises, industries, areas of economic activity), and also to apply it to identifying and obtaining optimal characteristics of the development of the region as an organizational system, and solving problems of planning and forecasting its development.

Keywords: socio-economic system, principles of regional modeling, economic agents, multicriteria linear programming problem, decision support system

Задача изучения процессов развития региональных социально-экономических систем (СЭС) остается актуальной, особенно в условиях наличия кризисных явлений различного масштаба в них и необходимости принятия оперативных решений при планировании, прогнозировании и управлении такими системами. Получение практически значимых результатов в сфере социально-экономического анализа и прогнозирования развития регионов, территорий, кластеров и других крупных социаль-

но-экономических систем затруднительно без использования методов математического моделирования и автоматизированных информационно-аналитических систем. При этом эффективность применения указанного инструментария достигается при выполнении принципа модельной и IT-сбалансированности, суть которого кратко можно выразить так: наличие обеих составляющих – математической модели и автоматизированного программно-аналитического комплекса – не гарантирует эф-

фективного анализа изучаемых процессов и систем, требуя их согласованного взаимодействия. Или иначе: не всякая математическая модель позволяет извлечь из нее знание об изучаемом объекте без возможности автоматизировать анализ больших объемов циркулирующей в ней информации, и, наоборот, автоматизированные средства компьютерного анализа информации могут оказаться бесполезными в отсутствие адекватной математической модели объекта или наличия модели, расчеты по которой затруднены в условиях реальных прикладных задач. В настоящее время при моделировании крупных СЭС используются комбинации динамических и статических моделей [1, с. 11–12; 2, с. 19, 176]. При этом сохраняется и значительный поток публикаций, описывающих различные методы анализа региональных моделей СЭС. Например, в работе [3] описано применение агент-ориентированных моделей региона в рамках метода имитационного моделирования, в [4] рассматриваются макроэкономические, а в [5] – мезоэкономические особенности функционирования региона, работа [6] содержит краткие обзоры различных моделей региона, а [7] – описание моделей активного управления социально-экономическими системами. При этом большинство публикаций касается либо отдельных концептуальных вопросов, вопросов моделирования, разработки алгоритмов численного анализа моделей, и, соответственно, имеется незначительное количество работ системного характера, например [8], в которых рассматривается весь взаимоувязанный комплекс аналитических инструментов – концепция, математические модели, методы и алгоритмы их анализа, объединяемые в автоматизированные системы поддержки принятия решений (СППР). Следует отметить, что математические модели в приведенных выше публикациях имеют ряд особенностей, зачастую затрудняющих разработку соответствующих СППР, ориентированных на оперативную экспертную поддержку оптимальных решений при управлении развитием региональных СЭС или выявление оптимального баланса циркулирующих в них потоков. В частности, в агент-ориентированных моделях региона [3] акцент делается на имитационное моделирование поведения децентрализованных агентов в регионе, и напрямую не ставится задача выявления оптимальных параметров функционирования региона. В моделях [4; 5] рассматривается динамика экономического процесса в форме системы соотношений Р. Соллоу с заранее заданной возрастающей производственной функцией (преимущественно

в форме Кобба – Дугласа), не выявляющей жизненный цикл развития региона. При построении модели работы [6] используется концепция межотраслевого баланса, имеющая ряд критических замечаний с точки зрения корректности использования открытой статистической информации о функционировании экономики региона. Динамическая модель, описанная, например, в [7], не является оптимизационной, а модель [8] является примером нелинейных задач экономической динамики, в которых, вообще говоря, затруднен их численный анализ, особенно в случае большой размерности решаемых задач.

Целью данного исследования является построение многокритериальной оптимизационной социо-эколого-экономической модели такой крупной организационной системы, как социально-экономический регион, с учетом его управленческой, социальной и экологической составляющих.

Материалы и методы исследования

При моделировании крупных СЭС необходимо учитывать многочисленные особенности этих систем: динамический характер, наличие многих участников, сложную взаимозависимость экономических, социальных, экологических, управленческих процессов, характеристики материальных и финансовых потоков (их структуру, стратегические и тактические составляющие), наличие многочисленных рисков функционирования. Это требует применения соответствующих принципов, моделей, методов и алгоритмов их анализа и синтеза, адекватно отражающих эти особенности. К указанным принципам, помимо упомянутого выше принципа модельно-алгоритмической сбалансированности, необходимо отнести принципы оптимизационности и многокритериальности.

Принимая во внимание предмет исследования (региональные социально-экономические процессы), полноценное описание функционирования региона требует использования динамических моделей [9, гл. 3]. Кроме того, необходимость принятия эффективных управленческих решений инвестиционного, производственного, финансового характера обуславливает и необходимость применения оптимизационного подхода, позволяющего принимать решения с учетом возможности выявления экономического потенциала (максимальных возможностей) СЭС [2, с. 9]. Все вместе приводит к выводу, что в идеале требуется решение оптимизационных динамических задач очень большой размерности, анализ которых с помощью автоматизированных информационных систем до сих пор встре-

чает значительные трудности, в том числе вычислительного характера (например, накопление ошибок округления при использовании итерационных методов или закливание при реализации точных методов). В этой связи при решении динамических оптимизационных задач целесообразно применение методов идеализации, абстрагирования, агрегирования и других методологических приемов, суть которых сводится к упрощению описываемых процессов, выделению основных (ключевых) процессов, осреднению их характеристик на несколько подпроцессов и/или периодов времени (в том числе на один) и др. К таким приемам можно отнести линеаризацию моделей (рассмотрение линейной динамики по искомым переменным), алгоритмов анализа, переход к статическим версиям (когда многошаговая во времени задача рассматривается как одношаговая) и др.

В данной работе при моделировании и исследовании региона используется линейная, трехкритериальная одношаговая модель оптимального управления, алгоритмы и методы дисконтирования и структурирования (по доходно-расходным, тактико-стратегическим и т.п. признакам) финансовых потоков, агрегирования, усреднения характеристик активов, продукции, выделения этапов функционирования и др. Концепция построения математической модели при проведении данного исследования опубликована в работе [1, с. 10–32] с модификациями, изложенными в [2, с. 16–34].

Пусть n – количество производственных подразделений, видов производимой в регионе продукции и основных производственных фондов (ОПФ) производственных подразделений для ее производства (используется принцип «чистых отраслей»: на каждом ОПФ производственного подразделения производится один вид продукции (товара или услуги)), $k = 1, \dots, n$ – порядковый номер производственного подразделения, его ОПФ, производимой продукции. Производимая в регионе продукция и соответствующие ОПФ производственного подразделения характеризуются следующим набором показателей:

P_k – цена единицы продукции k -го вида (денежных единиц за единицу продукции, д.е. / ед. прод.);

q_k – стоимостной спрос на продукцию k -го вида (денежных единиц, д.е.);

c_k – стоимость ОПФ k -го производственного подразделения (денежных единиц за комплект ОПФ, д.е. / ед ОПФ);

T_k – срок службы ОПФ k -го производственного подразделения (единиц времени, ед. врем.);

V_k – производительность ОПФ k -го производственного подразделения (ед. прод. / ед. ОПФ);

$\delta_k = P_k V_k / c_k$ – фондоотдача ОПФ k -го производственного подразделения. Особенности производства продукции учитываются с помощью следующих показателей:

β_k – доля от суммы всех производственных затрат k -го производственного подразделения, используемая для оплаты труда (зарплатоемкость производства);

p_k – доля материальных затрат k -го производственного подразделения в сумме всех производственных затрат (материалоемкость производства);

ξ_k, D_k – соответственно удельный и предельно допустимый объемы выбросов загрязняющего окружающую природную среду (ОПС) вещества при производстве k -й продукции.

При функционировании региона рассматриваются следующие виды налогов для каждого из его производственных подразделений, а также для населения:

N_1 – налог на добавленную стоимость (НДС);

N_2 – налог на имущество (НИ);

N_3 – налог на прибыль (НП);

N_4 – страховые взносы производителя в социальные фонды (СВСФ);

N_5 – налог на доходы физических лиц (НДФЛ);

N_6 – иные, пропорциональные объемам производства, налоговые и неналоговые затраты (например, налог на добычу полезных ископаемых, транспортный, земельный налог и прочие платежи), учитываемые в зависимости от специфики региона и основных реализуемых в нем проектов;

$\alpha_{ik}, i = 1, \dots, 6$ – ставки, соответствующие указанным налогам и сборам;

α_{sk} – ставка экологического сбора.

Следует отметить, что для различных производственных подразделений региона могут применяться различные формы налогообложения – от полных схем до упрощенных форм изъятий единого налога, что обуславливает использование векторных значений конкретных налогов (для каждого производственного подразделения). То же касается и ставки экологического сбора в связи с тем, что каждый вид производства в регионе может быть дифференцирован по производимому им уровню экологических загрязнений.

Примем, что экономическими агентами в регионе являются производственный (Р) и потребительский (С) секторы экономики, а также управляющий (налоговый) центр (Т).

В качестве критериев эффективности функционирования экономических агентов принимаются максимумы потоков стратегического (как правило, долгосрочного) характера, рассматриваемые ими как жизненно необходимые. Для производителя таковыми считаются прибыль, для потребителя – поток заработной платы, для налогового центра – налоговые потоки. Предполагается, что каждый участник регионального социально-экономического процесса обладает начальными собственными средствами DS_p, DS_c, DS_r , а их текущая деятельность, связанная с финансированием оборотных затрат, может кредитоваться, соответственно, под ставки r_{0p}, r_{0c}, r_{0r} на сроки T_{0p}, T_{0c}, T_{0r} . Кроме того, проект развития региона описывается следующими параметрами: T – горизонт планирования (в единицах времени, ед. врем); r – номинальная ставка дисконтирования, учитывающая инфляцию и требования инвестора (кредитора); $r_3 = \frac{r}{1 - (1+r)^{-T}}$ – эффективная ставка дисконтирования в предположении постоянства потоков стратегических доходов на горизонте T ; κ – доля дотаций производителю

от налогового центра; $1-\kappa$ – доля дотаций потребителю от налогового центра; v_k – удельное (нормативное) годовое потребление продукции k -го вида на одного человека в виде доли выручки от продажи k -й продукции (единиц продукции на человека, ед. пр. /чел.), N – численность населения (человек, чел.) региона. Ограничения функционирования региона представлены в таблице.

Обозначим следующие искомые переменные: x_k – оптимальный объем (в д.е.) инвестиций в ОПФ k -го производственного подразделения (д.е.); x_{n+1} – оптимальный объем (в д.е.) дотаций в регион; $x_{n+2}, x_{n+3}, x_{n+4}$ – оптимальный объем (в д.е.) кредитов производителю, потребителю и налоговому центру региона соответственно.

С учетом введенных обозначений рассмотрим следующую оптимизационную, трехкритериальную математическую модель оценки экономической эффективности региона в матричной форме трехкритериальной задачи линейного программирования:

$$A_{(3n+9) \times (n+4)} x_{(n+4) \times 1} \leq B_{(3n+9) \times 1}; x_{(n+4) \times 1} \geq 0;$$

$$J = (c^P, c^C, c^T) \rightarrow \max \quad (*)$$

где $A =$

		E_n		0			
				0			$O_{n \times 3}$
	δ_1	0	0	0			
	0	...	0	0			$O_{n \times 3}$
	0	0	δ_n	0			
	δ_1	0	0	0			
	0	...	0	0			$O_{n \times 3}$
	0	0	δ_n	0			
	$(\alpha_{31} - 1)\Delta_1$	...	$(\alpha_{3n} - 1)\Delta_n$	$-\kappa$			
	$-\beta_1(\delta_1 - \Delta_1)$	...	$-\beta_n(\delta_n - \Delta_n)$	$-(1 - \kappa)$			$-E_3$
	$-\Delta_1$	...	$-\Delta_n$	1			
	$Nv_1\delta_1 - (1 - \alpha_{51})\beta_1(\delta_1 - \Delta_1)$	...	$Nv_n\delta_n - (1 - \alpha_{5n})\beta_n(\delta_n - \Delta_n)$	-1	0	0	0
	0	...	0	-1	0	0	0
	0	...	0	1	0	0	0
				0			
		$O_{3 \times n}$		0			E_3
				0			

$O_n, O_{3 \times n}, O_{n \times 3}$ – нулевые матрицы указанных нижними индексами размеров, E_n, E_3 – единичные матрицы указанных размеров,

$$\Delta'_k = \delta_k - \frac{T/T_k + \alpha_{6k}\delta_k + \alpha_{2k}\left(1 - T/T_k\right) + \alpha_{sk}\xi_k}{1 - (1 + \alpha_{4k})\beta_k - p_k},$$

$$\Delta''_k = (\alpha_{1k} + \alpha_{6k})\delta_k + \alpha_{2k}\left(1 - T/T_k\right) + \alpha_{3k}\Delta'_k + (\alpha_{4k} + \alpha_{5k})\beta_k + \alpha_{sk}\xi_k,$$

$$\mathbf{B}_{(3n+9) \times 1} = (I_1, \dots, I_n; q_1, \dots, q_n; P_1 D_1 / \xi_1, \dots, P_n D_n / \xi_n; DS_p, DS_c, DS_T; 0; -Dot_{min}, Dot_{max}; Cr_{max1}, Cr_{max2}, Cr_{max3})^T;$$

$$c_{1 \times (n+4)}^P = \frac{1}{r_3} \left((1 - \alpha_{31})\Delta'_1 + T/T_1 - r_3, \dots, ((1 - \alpha_{3n})\Delta'_n) + T/T_n - r_3; \kappa; -r_3 \cdot r_{0P} (12T_{0P} + 1) / 24, 0, 0 \right);$$

$$c_{1 \times (n+4)}^C = \frac{1}{r_3} \left((1 - \alpha_{51})\beta_1 (\delta_1 - \Delta'_1), \dots, (1 - \alpha_{5n})\beta_n (\delta_n - \Delta'_n); 1 - \kappa; 0; -r_3 \cdot r_{0C} (12T_{0C} + 1) / 24, 0 \right);$$

$$c_{1 \times (n+4)}^T = \frac{1}{r_3} \left(\Delta''_1, \dots, \Delta''_n; -1; 0; 0; -r_3 \cdot r_{0T} (12T_{0T} + 1) / 24 \right).$$

Ограничения функционирования региона

№ пп	Ограничения	Описание
1	Инвестиционные	непревышение максимальных значений инвестиций I_k в k -е производственное подразделение
2	Производственно-экологические	2.1) ограничения выручки от продажи k -й продукции стоимостными оценками спроса на продукцию и уровнем загрязнений, порожденных производством продукции k -го производственного подразделения; 2.2) ограничения выручки от продажи k -й продукции наличными производственными мощностями k -го производственного подразделения; 2.3) ограничения предельно допустимого объема выбросов загрязняющего ОПС вещества при производстве k -й продукции
3	Финансовые	3.1) требования неотрицательности собственных средств производителя, потребителя и налогового центра; 3.2) ограничения объемов кредита для производителя, потребителя и налогового центра заданными величинами; 3.3) ограничения суммарных объемов дотации управляющего центра заданными нижней и верхней границами

Результаты исследования и их обсуждение

В представленной модели первые n строк матрицы A и, соответственно, компонент вектора b отвечают ограничениям на объемы инвестиций в ОПФ k -й продукции, следующие n строк матрицы A и, соответственно, компонент вектора b – ограничения на спрос, и, наконец, 3-я группа из n строк A и компонент b – экологические ограничения на объем производимой продукции. Строки $3n+1$, $3n+2$, $3n+3$, $3n+4$ матрицы A и соответствующие компоненты вектора b соответствуют условиям платежеспособности производителя, потребителя и управляющего центра, а также условию покрытия потребительской корзины уровнем доходов потребителя в форме за-

работной платы от производителя; строки $3n+5, \dots, 3n+9$ и соответствующие компоненты вектора b – условия ограниченности дотаций и кредитов. Учитывая линейность построенной модели, ее можно свести к эквивалентной ей, однокритериальной, с выпуклой линейной сверткой критериев $J_{cv} = \mu_1 c^{(P)} + \mu_2 c^{(C)} + \mu_3 c^{(T)}$. Как задача, имеющая в качестве допустимого множества непустой компакт (легко проверяется принадлежность тривиального решения допустимому множеству), (*) разрешима и может быть подвергнута многопараметрическому и многокритериальному анализу с помощью, например, пакета [10]. Представленная модель обобщает модели, построенные в [1; 2], учитывая экологические ограничения производства в регионе, а также потре-

бительскую корзину населения. С другой стороны, она является частным случаем указанных моделей в предположении максимального использования производственных мощностей рассматриваемых региональных производственных подразделений.

Заключение

Взаимосвязанное и взаимодополняющее использование модели (*), вкуче с программным инструментарием ее автоматизированного анализа, позволяет в перспективе рассматривать ее как основной элемент системы поддержки принятия решений в сфере управления регионом с большим количеством производственных подразделений (предприятий, отраслей, видов экономической деятельности), а также применять инструментально-аналитический комплекс для получения оптимальных характеристик развития региона как организационной системы, в аспекте решения планово-прогнозных задач его развития. Следует подчеркнуть, что идентичные по своей математической сути (одно- и многошаговые линейные задачи математического программирования) модели крупных региональных социально-экономических систем рассмотрены в работах, приведенных в списке литературы, и в них получены нетривиальные решения. Это позволяет обоснованно рассчитывать на возможности включения представленной социо-эколого-экономической модели в автоматизированные системы поддержки принятия решений для эффективного управления современным социально-экономическим регионом.

Список литературы

1. Медведев А.В. Применение Z-преобразования к исследованию многокритериальных линейных моделей регионального экономического развития: монография. Красноярск: Сибирский государственный аэрокосмический университет им. акад. М.Ф. Решетнева, 2008. 228 с.
2. Медведев А.В. Автоматизированная поддержка принятия оптимальных решений в инвестиционно-производственных проектах развития социально-экономических систем. М: Издательский Дом «Академия Естественных наук», 2020. 200 с. DOI: 10.17513/np.421.
3. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Агент-ориентированная социо-эколого-экономическая модель региона // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. Т. 11. № 3 (288). С. 2–11.
4. Акаев А.А., Садовничий В.А. К вопросу о выборе математических моделей для описания динамики цифровой экономики // Дифференциальные уравнения. 2019. Т. 55, № 5. С. 743–752. DOI: 10.1134/S0374064119050145.
5. Кутышкин А.В. Моделирование динамики валового регионального продукта // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2021. Т. 21, № 2. С. 104–113.
6. Машунин Ю.К., Машунин И.А. Организация управления, моделирование и прогнозирование развития экономики региона // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2016. № 1 (45). С. 29–58.
7. Звягин Л.С. Математические модели активного управления социально-экономическими системами // Мягкие измерения и вычисления. 2020. Т. 34, № 9. С. 5–20.
8. Гурман В.И., Матвеев Г.А., Трушкова Е.А. Социо-эколого-экономическая модель региона в параллельных вычислениях // Управление большими системами: сборник трудов. 2011. № 32. С. 109–130.
9. Форрестер Дж. Мировая динамика. СПб.: ООО «Изд-во АСТ», 2003. 384 с.
10. Конструктор и решатель дискретных задач оптимального управления. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2008614387, Российская Федерация: заявл. 21.07.2008: опубл. 11.09.2008 / А.В. Медведев, П.Н. Победаш, А.В. Смольянинов, М.А. Горбунов.

УДК 004.5

DOI 10.17513/snt.39861

МЕТОД КОРРЕКТИРОВКИ РЕЛЕВАНТНОСТИ ДЛЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

¹Митрохин М.А., ²Мартышкин А.И., ¹Ионова Д.Н.,
¹Федяшов М.С., ¹Горынина А.В.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза,

e-mail: mmax83@mail.ru, ionova243@gmail.com, mark02042001@mail.ru, zmey.6453@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
Пенза, *e-mail: mai@penzgtu.ru*

В статье рассматривается метод корректировки релевантности при составлении списка рекомендаций, учитывающий необходимость синхронизации доступа к критическому ресурсу при асинхронной работе. Проанализирована чувствительность различных рекомендательных алгоритмов на основе предпочтений пользователя к таким проблемам, как холодный старт, пропущенные значения, информационный пузырь. Группу методов подхода на основе данных представляли коллаборативная фильтрация, фильтрация на основе контента и фильтрация на основе знаний. В качестве примеров методов подхода на основе моделей рассматривались байесовские классификаторы, матричная факторизация, нейронные сети. Метод на основе байесовских классификаторов стал предпочтительным для дальнейшего рассмотрения за счет скорости реализации и упрощенного процесса проектирования. В статье описан метод решения проблемы холодного старта и информационного пузыря для байесовского рекомендательного алгоритма на основе корректирующих показателей: отрицательные веса, коэффициент затухания и коэффициент новизны, которые дают возможность разнообразить подборки пользователя. В дополнение к этому был предложен механизм синхронизации процесса изменения массива отрицательных весов, являющегося критическим ресурсом при условии совместного использования корректирующих показателей. В качестве наглядного представления механизма редактирования массива отрицательных весов был использован метод формализации с применением событийных недетерминированных автоматов.

Ключевые слова: рекомендательные системы, байесовские классификаторы, информационный пузырь, корректирующие коэффициенты, критический ресурс

RELEVANCE ADJUSTMENT METHOD FOR RECOMMENDATION SYSTEMS

¹Mitrokhin M.A., ²Martyshkin A.I., ¹Ionova D.N.,
¹Fedyashov M.S., ¹Gorynina A.V.

¹*Penza State University, Penza,*

e-mail: mmax83@mail.ru, ionova243@gmail.com, mark02042001@mail.ru, zmey.6453@mail.ru;

²*Penza State Technological University, Penza, e-mail: mai@penzgtu.ru*

The article discusses a method of relevance adjustment when compiling a list of recommendations, taking into account the need to synchronize access to a critical resource during asynchronous operation. The sensitivity of various recommendation algorithms based on user preferences to such problems as cold start, missing values, information bubble was analyzed. A group of data-based approach methods were collaborative filtering, content-based filtering, and knowledge-based filtering. Bayesian classifiers, matrix factorization, and neural networks were considered as examples of model-based approach methods. The method based on Bayesian classifiers has become preferable for further consideration due to the speed of implementation and simplified design process. The method of solving the problem of cold start and information bubble for the Bayesian recommendation algorithm based on corrective indicators is described: negative weights, attenuation coefficient and novelty coefficient, which make it possible to diversify the user's selections. In addition, a mechanism was proposed for synchronizing the process of changing the array of negative weights, which is a critical resource provided that corrective indicators are used together. As a visual representation of the mechanism for editing an array of negative weights, the method of formalization using event-driven nondeterministic automata was used.

Keywords: recommendation systems, Bayesian classifiers, information bubble, correction factors, critical resource

С увеличением объема данных в Интернете пользователю становится непросто своевременно найти интересующую информацию. Рекомендательные системы – это программные компоненты, предсказывающие на основании данных о пользователе или его предыдущих действиях объекты, которые заинтересуют пользователя в дан-

ный момент времени. Такими объектами могут стать фильмы, книги, товары, новости, услуги, веб-сайты.

Рекомендательные системы решают следующие задачи: сбор данных об объектах интереса, формирование оценки объекта интереса и выдача рекомендаций пользователю. В настоящее время используются

несколько подходов к составлению рекомендаций на основе машинного обучения [1, с. 40]. В каждом из применяемых методов существуют свои особенности, неминуемо приводящие к проблемам.

Материалы и методы исследования

К частым проблемам методов составления рекомендаций можно отнести:

- холодный старт (*cold start*);
- пропущенные значения или разреженность данных (*missing values*);
- информационный пузырь (*freshness in recommendations*).

Проблема холодного старта проявляется тогда, когда невозможно дать надежные прогнозы ввиду недостаточности или полного отсутствия входных данных о пользователе или объекте интереса [2, с. 28].

Частными случаями являются:

- регистрация нового пользователя в систему, о котором на данный момент ничего не известно и который еще ничего просмотрел [3, с. 54];
- добавление новых, еще никем не оцененных товаров или услуг.

Только что зарегистрированные пользователи не получают персонализированные рекомендации на основе предпочтений и могут уйти из информационной системы, не найдя в короткий срок релевантную информацию. Исходя из этого, сервисы должны предоставлять потребителям на момент регистрации первичную информацию о товарах и услугах, а после получения отклика предоставлять релевантные рекомендации.

Проблема холодного старта рекомендательной системы также возникает при недостаточном количестве откликов пользователей на объекты интереса. Для решения данной проблемы информационные системы должны либо поощрять потребителей за оценки товаров или услуг, либо использовать иные методы прогнозирования, базирующиеся на неявном взаимодействии пользователя с системой.

Проблема холодного старта свойственна коллаборативной фильтрации, поскольку данному методу для корректного функционирования необходима минимальная база знаний о взаимодействиях пользователей с объектами интереса.

Проблема пропущенных значений возникает из-за разреженности информации в базах данных рекомендательных систем. Это подразумевает, что пользователи при взаимодействии с сервисом не оценивают объекты интереса, поскольку данный товар им не интересен или они не знают о существовании альтернативных продуктов, подходящих под их потребности. Вы-

яснение причин возникновения неопределенных значений атрибутов помогает увеличить эффективность персонализированного прогнозирования, в противном случае велик риск снижения точности рекомендаций, а также возникновения неоднозначной информации [4, с. 132].

Проблема разреженности данных встречается в коллаборативной фильтрации и методе рекомендаций на основе контента, так как из-за большого количества неопределенных данных происходит смещение оценок в их сторону, что увеличивает погрешность прогнозирования. Одним из простейших способов урегулирования данной проблемы является замена неопределенных параметров ненулевыми показателями. К другому способу можно отнести кластеризацию данных, при которой осуществляется разделение задач на подзадачи с наиболее связанной информацией внутри каждого кластера.

Проблема информационного пузыря рекомендаций свойственна в основном крупным информационным системам с постоянно пополняющейся базой объектов интереса и с неизменяемыми предпочтениями субъектов. При этом пользователю, повторно обратившемуся к системе с аналогичным запросом, постоянно предоставляется одна и та же подборка наиболее релевантных объектов, что приводит к утрате интереса к целевой платформе. Данная проблема встречается в алгоритмах, основанных на моделях, поскольку процесс их переобучения является длительным и трудоемким. Исходя из этого, существует необходимость использования дополнительных алгоритмов и корректирующих коэффициентов, позволяющих осуществлять подбор рекомендаций вне полного цикла обучения модели. Решение данного вопроса позволит разнообразить релевантные подборки, добавляя в них не просмотренные ранее или совершенно новые объекты интереса.

Существенным недостатком алгоритмов фильтрации на основе знаний и нейронных сетей является сложность в проектировании, заключающаяся в больших затратах на реализацию, поскольку возникают необходимость в детальной проработке предметной области и потребность в сборе обширной базы знаний о предметной области, в которой применяется система [5, с. 3]. Матричная факторизация, как и нейронные сети, требует переобучения модели при поступлении новых исходных данных, что замедляет процесс прогнозирования, а это, в свою очередь, негативно влияет на скорость реакции рекомендательной системы в целом.

Таблица 1

Сравнение методов подхода на основе данных по их чувствительности к проблемам рекомендательных механизмов

Проблема / Метод	Коллаборативная фильтрация	Фильтрация на основе контента	Фильтрация на основе знаний
Холодный старт	+	+	–
Пропущенные значения	+	+	–
Проблема информационного пузыря	+	+	+

Таблица 2

Сравнение методов подхода на основе моделей по их чувствительности к проблемам рекомендательных механизмов

Проблема / Метод	Матричная факторизация	Нейронные сети	Байесовские классификаторы
Холодный старт	–	–	–
Пропущенные значения	–	–	–
Проблема информационного пузыря	+	+	+

На основе описанных выше проблем можно сделать вывод, что на данный момент не существует универсального алгоритма составления рекомендаций [6, с. 19]. Наличие (+) или отсутствие (–) конкретных проблем в рассматриваемых методах отражено в таблицах 1, 2.

Предпочтительными среди рассмотренных ранее алгоритмов являются байесовские классификаторы за счет скорости в реализации и упрощенного процесса проектирования. Байесовские классификаторы менее требовательны к объему исходных данных для обучения модели и обладают высоким уровнем масштабируемости, кроме того, они достаточно просты и эффективны при работе с большим массивом входных данных.

Предлагаемый подход к корректировке релевантности формирования прогнозов

Байесовские классификаторы представляют собой вероятностную модель, где атрибуты объектов и метка класса рассматриваются как дискретные величины. Он запоминает все признаки, а также вероятности того, что данный атрибут входит в конкретную классификацию (класс). Набор данных поступает в классификатор последовательно, после выполнения проверки наличия атрибутов в классе происходит обновление массива объектов интереса [7, с. 30; 8, с. 3]. Таким способом происходит обучение контентной модели.

Вероятностный классификатор предсказывает класс C_i с самой большой условной

вероятностью P_i для заданного вектора признаков $x = (x_1 \dots x_n)$:

$$P(C_i | x_1 \& \dots \& x_n) = \frac{P(x_1 | C_i) \dots P(x_n | C_i) P(C_i)}{P(x_1) \dots P(x_n)} \quad (1)$$

Вероятность класса C_i находится на основе параметров $(x_1 \dots x_n)$, подразумевается, что признаки являются независимыми, следовательно, приведенная выше вероятность пропорциональна:

$$P(C_i) \prod P(x_i | C_i). \quad (2)$$

Исходя из этого, байесовские классификаторы можно рассматривать как функцию, которая каждому выходному значению модели присваивает метку класса, т.е. $y = C_i$, следующим образом:

$$y = \operatorname{argmax} \prod P(x_i | C_i). \quad (3)$$

Из этого следует, что условная вероятность P_i , вычисленная для каждого класса C_i и признака x_i , присваивается к имеющему большую вероятность классу C_i . Результатом обучения контентной модели является список атрибутов вместе с условными вероятностями.

Несмотря на предположение, что признаки являются независимыми, байесовские классификаторы обеспечивают высокую точность классификации, решая проблемы холодного старта и пропущенных значений, однако нерешенным остается

ся вопрос информационного пузыря рекомендаций [9, с. 57]. Для этого необходимо использовать дополнительные показатели, позволяющие адаптировать список прогнозов под особенности конкретной рекомендательной системы.

Первоначально список рекомендаций составляется на основании общей статистики популярности объектов интереса, которая, в свою очередь, включает в себя предпочтения большинства пользователей системы. В дальнейшем формирование релевантной подборки происходит в рамках цикла обратной связи, представленного на рисунке 1, который включает в себя следующие этапы:

- 1) составление рекомендаций;
- 2) взаимодействие пользователя с системой;
- 3) составление рекомендаций на основе интересов пользователя.

На первом этапе система выдает подборку объектов интереса по соответствующему запросу, исходя из существующей информации о пользователе и объектах интереса.

Второй этап включает в себя действия текущего пользователя в целевой системе, а именно:

- поиск объекта интереса;
- переход на страницу объекта интереса;
- просмотр детализации характеристик объекта интереса;
- добавление объекта интереса в избранное;
- бронирование / добавление в корзину объекта интереса;
- покупка объекта интереса.

На третьем этапе данного цикла происходит обновление списка рекомендаций на основе предпочтений пользователя, которые были выявлены на предыдущем этапе.

В рамках цикла обратной связи при обновлении рекомендаций необходимо учитывать не только непосредственные действия пользователя, но и дополнительные коэф-

фициенты, формирующиеся на основании неявных процессов, происходящих в системе, поскольку они позволяют повысить уровень точности прогнозов. К подобным показателям относятся:

- коэффициент новизны;
- отрицательные веса;
- коэффициент затухания.

Коэффициент новизны применяется на заключительной стадии составления подборки рекомендаций для новых объектов интереса, имеющих низкую оценку релевантности ввиду отсутствия информации о них (формула 4):

$$q(k) = y + l_k, \quad (4),$$

где k – текущая информация об объекте интереса относительно пользователя;

y – список атрибутов вместе с условными вероятностями, вычисление которых происходит по формуле 3;

l_k – текущее значение коэффициента новизны данного объекта интереса.

Этот механизм позволит добавить продукт в список прогнозов наряду с наиболее подходящими под интересы пользователя продуктами. При инициализации нового объекта в целевой системе коэффициенту новизны присваивается максимальное значение, после чего в течение n дней он декрентируется до минимума.

Под отрицательными весами понимается массив данных, содержащий в себе информацию о степени заинтересованности пользователя в данном объекте интереса. Коэффициент, значение которого обратно пропорционально уровню востребованности текущего объекта интереса у пользователя, применяется на заключительной стадии расчета оценки релевантности (формула 5):

$$q(k) = y + d_k, \quad (5),$$

где d_k – текущее значение отрицательного веса данного объекта интереса.

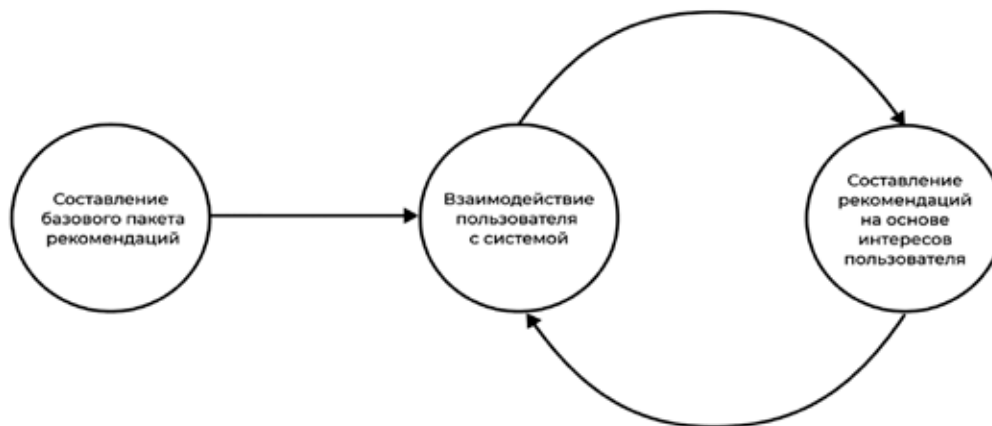


Рис. 1. Формирование релевантной подборки в рамках цикла обратной связи

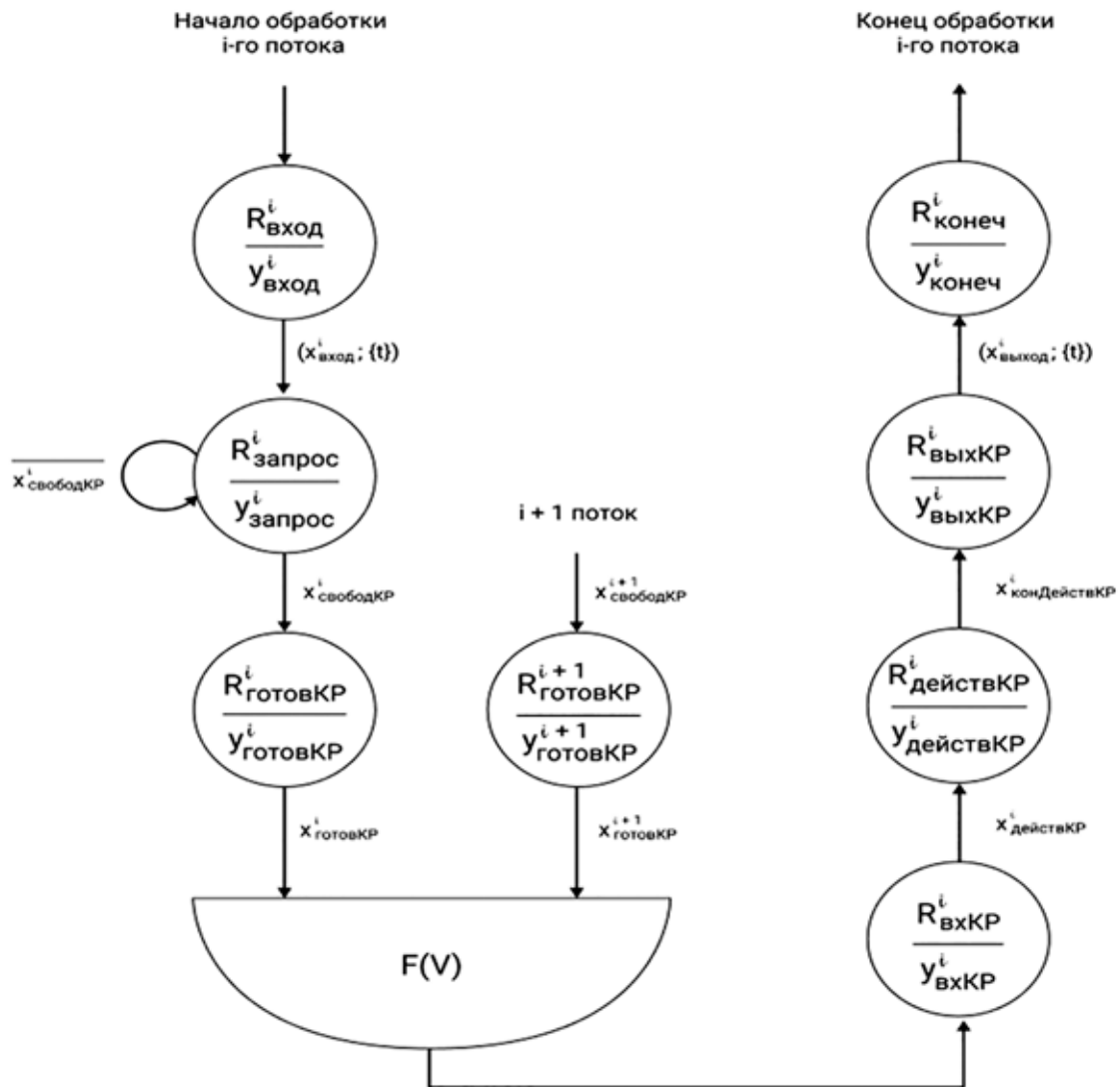


Рис. 2. Математическая модель изменения массива отрицательных весов

Формирование массива отрицательных весов происходит на втором этапе цикла обратной связи и зависит от явных поведений пользователя, представленных ранее, и неявных процессов системы, например от времени ожидания следующего действия субъекта относительно рекомендуемого объекта после перехода на его страницу. В данном случае считается, что коэффициент отрицательного веса для текущего продукта увеличивается, если субъект по истечении некоторого времени не добавляет объект в избранное/корзину или не бронирует его, поскольку это может интерпретироваться как отсутствие интереса к данному продукту после изучения его характеристик. Однако возможно возникновение проблемы неверного подсчета коэффициента ввиду работы с объектом несколькими пользователями.

Таким образом, продукты, имеющие высокий показатель отрицательного веса, оказываются в конце списка прогнозов или же вообще не попадают в него. Однако данный продукт, несмотря на высокий показатель отрицательного веса, может попасть в список рекомендаций в случае превышения оценки релевантности над отрицательным коэффициентом и даже находиться на высоких позициях до тех пор, пока действия пользователя не снизят его востребованность до критического уровня.

Подобные рекомендации, имеющие высокий отрицательный вес и низкую оценку релевантности, всегда будут находиться в конце списка прогнозов. Исходя из этого, пользователю, повторно обратившемуся к системе с аналогичным запросом, будет предоставляться одна и та же подборка

продуктов, наиболее соответствующих интересам субъекта. Во избежание подобных ситуаций применяется корректирующий механизм – коэффициент затухания, позволяющий вернуть объект интереса, имеющий высокий отрицательный вес, в подборку рекомендаций через определенный период времени. Коэффициент затухания может быть использован несколькими способами:

- изменение отрицательного веса для данного объекта до минимального значения спустя n дней после инициализации исходного значения;

- изменение отрицательного веса для данного объекта до минимального значения в случае, если этот продукт продолжает быть релевантен, но не попадает в подборку из-за высокого показателя отрицательного веса более чем k раз;
- изменение массива отрицательных весов для данной подборки до минимального значения спустя выполнения k рекомендаций;
- изменение массива отрицательных весов для данной подборки до минимального значения спустя n дней после инициализации исходного массива.

Таблица 3

Условные обозначения состояний автомата

Состояние	Входной сигнал	Выходной сигнал
$R^i_{\text{вход}}$ – состояние, инициализирующее начало работы i -потока с массивом отрицательных весов	–	$y^i_{\text{вход}}$ – i -й поток инициализирован
$R^i_{\text{запрос}}$ – состояние, определяющее доступность критического ресурса для i -го потока	$x^i_{\text{вход}}$ – сигнал отправки запроса на доступ к критическому ресурсу $!x^i_{\text{свободКР}}$ – сигнал ожидания освобождения критического ресурса	$y^i_{\text{запрос}}$ – доступность критического ресурса
$R^i_{\text{готовКР}}$ – состояние, определяющее готовность к входу i -го потока в критический ресурс	$x^i_{\text{свободКР}}$ – сигнал доступности критического ресурса i -ому потоку	$y^i_{\text{готовКР}}$ – готовность критического ресурса к обработке i -м потоком
$R^{i+1}_{\text{готовКР}}$ – состояние, определяющее готовность i -го+1 потока на обслуживание	$x^{i+1}_{\text{свободКР}}$ – сигнал критического ресурса к обработке $i+1$ потоком	$y^{i+1}_{\text{готовКР}}$ – готовность критического ресурса к обработке $i+1$ потоком
$R^i_{\text{вхКР}}$ – состояние, определяющее вход i -го потока в критический ресурс	$x^i_{\text{готовКР}} \vee x^{i+1}_{\text{готовКР}}$ – сигнал входа потока в критическую секцию	$y^i_{\text{вхКР}}$ – i -й поток вошел в критическую секцию
$R^i_{\text{действияКР}}$ – состояние, определяющее действия над i -м потоком внутри критической секции	$x^i_{\text{действияКР}}$ – сигнал начала обработки критического ресурса i -м потоком	$y^i_{\text{действияКР}}$ – критический ресурс обработан i -м потоком
$R^i_{\text{выхКР}}$ – состояние, свидетельствующее о выходе i -го потока из критического ресурса (освобождение критической секции)	$x^i_{\text{выхКР}}$ – сигнал выхода i -го потока из критической секции	$y^i_{\text{выхКР}}$ – критический ресурс освобожден
$R^i_{\text{конец}}$ – конечное состояние, свидетельствующее о завершении работы с массивом отрицательных весов	$x^i_{\text{выход}}$ – сигнал завершения работы с массивом отрицательных весов	$y^i_{\text{конец}}$ – работа с массивом отрицательных весов завершена

Исходя из этого, применение коэффициента затухания вместе с отрицательными весами позволит частично решить проблему информационного пузыря рекомендаций, добавив в подборки не просмотренные ранее или заведомо не актуальные объекты интереса.

Необходимо принять во внимание, что совместное применение отрицательных весов и базирующегося на них коэффициента затухания может привести к неверному составлению прогноза для конкретного продукта, поскольку существует вероятность одновременного изменения значения отрицательного показателя во время явных действий пользователя с текущим объектом и непосредственным применением коэффициента затухания. Исходя из этого, необходимо разработать механизм доступа к критическому ресурсу, которым будет являться массив отрицательных весов.

Алгоритм доступа к массиву можно формализовать при помощи конечного автомата, что отражено на рисунке 2 [10, с. 8]. Применение данного математического аппарата позволит наглядно представить механизмы взаимодействия с критическим ресурсом и решения тупиковых ситуаций, возникающих при совместной работе нескольких потоков с массивом отрицательных весов.

Условные обозначения данного механизма представлены в таблице 3.

Начальным состоянием, инициализирующим работу i -го потока с критическим ресурсом, являются явные действия пользователя с текущим объектом интереса или непосредственное применение коэффициента затухания [10]. На данном этапе критический ресурс еще не готов к обслуживанию текущим потоком. Для этого необходимо запросить доступность объекта синхронизации; если он свободен, происходит переход к состоянию готовности, в противном случае поток ожидает освобождение ресурса. В случае захвата потом критического ресурса ему предоставляется возможность редактирования массива отрицательных весов, после завершения которого поток освобождает объект синхронизации и переходит в конечное состояние.

Применение байесовских классификаторов совместно с корректирующими коэффициентами позволяет создать универсальный механизм прогнозирования, решающий проблемы рекомендательных систем, и адаптирует список релевантных объектов интереса под особенности конкретной целевой платформы.

Заключение

В данной статье были рассмотрены задачи, которые решают рекомендательные системы, проанализированы проблемы составления рекомендаций на основе предпочтений пользователей в существующих методах прогнозирования и существующие подходы к их решению, наиболее актуальной из них стала проблема информационного пузыря рекомендаций. Для решения данного вопроса был предложен механизм, сочетающий в себе байесовские классификаторы и корректирующие показатели: отрицательные веса, коэффициент затухания и коэффициент новизны. Кроме того, был предложен механизм синхронизации процесса изменения массива отрицательных весов, необходимый для исключения вероятности одновременного изменения значения отрицательного показателя во время явных действий пользователя с текущим объектом и непосредственным применением коэффициента затухания. Механизм представлен с использованием метода формализации с применением событийных недетерминированных автоматов. Данный подход к решению проблем рекомендательных систем позволит разнообразить подборки объектов интереса, добавляя в них совершенно новые или не просмотренные ранее.

Список литературы

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
2. Chen A. The Cold Start Problem. HarperCollins Publishers Ltd, 2021. 198 p.
3. Gilman E. Zero Trust Networks: Building Secure Systems in Untrusted. O'Reilly, 2017. 125 p.
4. Grus J. Data Science from Scratch, 2nd Edition. O'Reilly, 2019. 398 p.
5. Charu C. Aggarwal Data Mining: The Textbook. Springer International Publishing, 2015. 734 p.
6. Королева Д.Е., Филиппов М.В. Анализ алгоритмов обучения коллаборативных рекомендательных систем // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. №6 (18). С. 23.
7. Звягин Л.С. Метод байесовских сетей и ключевые аспекты байесовского моделирования // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2018. С. 30-34.
8. Cheng J., Greiner R. Comparing Bayesian Network Classifiers. 2013. P. 101-108. DOI: 10.48550/arXiv.1301.6684.
9. Литвиненко Н.Г., Литвиненко А.Г., Мамырбаев О.Ж., Шахметова А.С. Байесовские сети. Теория и практика. Алматы: Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, 2020. 197 с.
10. Волчихин В.И., Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А. Модели событийных недетерминированных автоматов представления алгоритмов управления взаимодействующими процессами в многопроцессорных вычислительных системах на основе использования механизма монитора // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2013. № 2(26). С. 5-14.

УДК 004.05
DOI 10.17513/snt.39862

ГРАДИЕНТНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ В ПОДБОРЕ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ SCIKIT-LEARN

Парфентьев К.В., Пронин Д.Д., Борисов В.К., Кабаков В.А.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,
Москва, e-mail: bauman@bmstu.ru

В статье рассмотрена задача подбора гиперпараметров в рамках классического машинного обучения, кратко описаны наиболее распространенные методы подбора гиперпараметров и механизм их работы. Предложен алгоритм HOptim градиентной оптимизации гиперпараметров моделей классического машинного обучения из python-библиотеки scikit-learn, использующий в своей основе такие оптимизаторы первого порядка, как итерационный метод наискорейшего спуска, ускоренный градиент Нестерова, adagrad, RMSprop, adadelta, adam. Проведено тестирование алгоритма HOptim на модели GradientBoosting в задаче классификации на датасете Telco Customer Churn с предварительно удаленными категориальными признаками и регрессии на датасете House prices regression с предварительно удаленными категориальными признаками. Начальная инициализация гиперпараметров модели произведена значениями, равными единице, и значениями, подобранными с использованием алгоритма GridSearch CV, с целью последующего применения HOptim. Проведено тестирование связи алгоритма подбора гиперпараметров GridSearch CV и HOptim, проведен анализ эффективности ее работы. На графиках продемонстрирована поверхность ошибки модели GradientBoosting в зависимости от значений ее гиперпараметров max_depth, n_estimators в упомянутых задачах и кривые, демонстрирующие улучшение значений метрик качества в ходе работы HOptim.

Ключевые слова: классическое машинное обучение, оптимизация гиперпараметров, scikit-learn

GRADIENT-BASED OPTIMIZATION ALGORITHMS FOR HYPERPARAMETER TUNING OF SCIKIT-LEARN MACHINE LEARNING MODELS

Parfentev K.V., Pronin D.D., Borisov V.K., Kabakov V.A.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: bauman@bmstu.ru

The paper considers the problem of hyperparameter selection in the framework of classical machine learning, briefly describes the most common methods of hyperparameter selection and the mechanism of their operation. The HOptim algorithm of gradient optimization of hyperparameters of classical machine learning models from python library scikit-learn is proposed, which uses such first-order optimizers as steepest descent method, Nesterov's accelerated gradient, adagrad, RMSprop, adadelta, adam. We tested the HOptim algorithm on the GradientBoosting model in the classification task on the Telco Customer Churn dataset with pre-deleted categorical features and regression on the House prices regression dataset with pre-deleted categorical features. Initialization of hyperparameters of the model was performed with values equal to one and values selected using GridSearch CV algorithm with the purpose of subsequent application of HOptim. Testing of the GridSearch CV and HOptim hyperparameter selection algorithm was carried out and its efficiency was analyzed. The graphs show the error surface of the GradientBoosting model depending on the values of its hyperparameters max_depth, n_estimators in the mentioned tasks and the curves showing the improvement of quality metrics values during HOptim operation.

Keywords: classical machine learning, hyperparameter optimization, scikit-learn

Гиперпараметры в классическом машинном обучении – параметры алгоритма, которые определяются не автоматически, во время обучения, а задаются исследователем непосредственно перед самим обучением модели и не меняются в его процессе. Подбор оптимальных гиперпараметров является важной частью процесса настройки алгоритма, так как они могут существенно повлиять на качество результатов во время тестирования и на скорость обучения.

Известно множество способов автоматического подбора гиперпараметров. Ниже приводятся примеры некоторых из них.

Самым естественным способом подбора гиперпараметров является перебор по сетке со скользящим контролем (GridSearch CV). В его процессе исследователем фиксируются несколько значений требуемых гиперпараметров, после чего алгоритм автоматически перебирает все их комбинации, при этом на каждой из них модель обучается и тестируется. По завершении указанного процесса, выбирается модель, показавшая лучшее качество. Главным недостатком указанного метода является асимптотическое время выполнения, так как в ходе его работы осуществляется прямой полный пе-

ребор гиперпараметров, сопровождающийся вычислительно трудоемким скользящим контролем (cross validation).

Если по какой-то причине исследователю требуется перебрать большое число гиперпараметров, то целесообразнее использовать случайный поиск (Random search) [1], в ходе которого для каждого из гиперпараметров выбирается значение из заданного наперед распределения, что помогает в первую очередь перебирать значения наиболее значимых гиперпараметров, которые сильно влияют на качество модели, таким образом с большей вероятностью находить их удачную комбинацию.

Итеративные методы подбора гиперпараметров, основанные на байесовской оптимизации и их модернизации [2], в отличие от алгоритмов, которые были перечислены выше, тем или иным образом обращаются к результатам предыдущих итераций, но так же, как и методы, основанные на переборе, имеют высокую вычислительную сложность.

Альтернативным подходом к подбору гиперпараметров модели является оптимизация их значений посредством градиентного спуска. Существуют подходы к подбору гиперпараметров конкретных моделей, к примеру определенных архитектур нейросетей [3], или их оптимизаторов, но стоит отметить, что данный подход не получил распространения в рамках классического машинного обучения, несмотря на его большой потенциал.

Целью исследования алгоритмов подбора оптимальных гиперпараметров является повышение эффективности и точности моделей машинного обучения, улучшение их обобщающей способности, сокращение времени и ресурсов, затрачиваемых на обучение, а также упрощение и автоматизация процесса выбора оптимальных параметров.

В этой статье будет рассмотрен универсальный алгоритм подбора гиперпараметров для моделей классического машинного обучения, реализованных в библиотеке scikit-learn, основанный на градиентной оптимизации.

$$\frac{dL}{dh_i} \approx \frac{\Delta L}{\Delta h_i} = \frac{L(h_1, \dots, h_i + 1, \dots, h_n) - L(h_1, \dots, h_i, \dots, h_n)}{1} = L(h_1, \dots, h_i + 1, \dots, h_n) - L(h_1, \dots, h_i, \dots, h_n).$$

Для каждой из компонент градиента предлагается использовать коэффициент масштаба $s = b_h - a_h$, где b_h, a_h – границы заданного пользователем промежутка, на котором осуществляется поиск гиперпараметра h . Данный множитель добавляется с целью масштабирования значений компонент градиента, так как в практических задачах размеры

Материалы и методы исследования

Пусть определена модель M , процесс обучения и получаемые в его результате параметры которой детерминированы относительно начального набора ее гиперпараметров h_1, h_2, \dots, h_n . Пусть h_1, h_2, \dots, h_n выражаются вещественными числами, а также задана некоторая метрика Q , по которой осуществляется оценивание качества работы модели M на этапе тестирования.

Необходимо разбить набор данных на обучающую и тестовую подвыборки и зафиксировать их, начать обучение модели M на обучающей подвыборке и оценить качество ее работы по метрике Q на тестовой подвыборке. Так как результаты обучения детерминированы относительно h_1, h_2, \dots, h_n , то каждому набору h_1, h_2, \dots, h_n будет соответствовать единственное значение метрики качества Q_i . Значит, можно рассмотреть Q как функцию от h_1, h_2, \dots, h_n , такую, что $Q: h_1 \times h_2 \times \dots \times h_n \rightarrow \mathbb{R}$.

Далее необходимо определить функцию $L(h_1, h_2, \dots, h_n)$ таким образом, чтобы ее минимизация была эквивалентна задаче улучшения качества по метрике Q (максимизации или минимизации функции $Q(h_1, h_2, \dots, h_n)$ в зависимости от решаемой задачи и выбранной метрики). Тогда задачу подбора оптимальных гиперпараметров $h_1^*, h_2^*, \dots, h_n^*$ модели M можно представить следующим образом:

$$h_1^*, h_2^*, \dots, h_n^* = \arg \min_{h_1, h_2, \dots, h_n} (L).$$

Затем предлагается воспользоваться градиентными алгоритмами оптимизации. Градиент в рассматриваемой задаче определяется следующим образом: $\nabla L = \sum_{i=1}^n \frac{dL}{dh_i}$.

Так как на практике большинство численных гиперпараметров классических моделей машинного обучения задается натуральными числами, можно рассматривать следующее численное приближение компонент градиента:

промежутков, в которых с большой долей вероятности будут находиться оптимальные значения различных гиперпараметров, могут сильно отличаться (например, для модели GradientBoosting из scikit-learn гиперпараметр `n_estimators` на практике, с большой долей вероятности, будет лежать в отрезке [50; 300], а `max_depth` – в отрезке [2; 7]).

Тогда $\nabla_i L = (L(h_1, \dots, h_i + 1, \dots, h_n) - L(h_1, \dots, h_i, \dots, h_n)) \cdot s_i$.

Пусть $h = h_1, h_2, \dots, h_n$, а $s = s_1, s_2, \dots, s_n$.
Градиенты будут рассчитываться следующим образом, с учетом применения коэффициента масштаба s :

1) Классический градиент:

$$g_t = \nabla L_t$$

$$h_{t+1} = h_t - lr \cdot g_t.$$

Здесь и далее: lr – гиперпараметр оптимизатора, выбираемый пользователем;

t – номер шага спуска.

2) Ускоренный градиент Нестерова [4]:

$$v_t = \gamma v_{t-1} + lr \cdot \nabla L(h_{t-1} - \gamma v_{t-1})$$

$$h_{t+1} = h_t - lr \cdot v_t.$$

3) Adagrad [5]:

$$g_t = \nabla L_t$$

$$G_t = G_{t-1} + g_{t-1}^2$$

$$h_{t+1} = h_t - \frac{lr}{\sqrt{G_t + \varepsilon}} \cdot g_t.$$

Здесь и далее: γ – гиперпараметр оптимизатора, выбираемый пользователем,

$\varepsilon \ll 1$ – наперед заданное малое число, вводимое во избежание возможного деления на 0.

4) RMSprop [6]:

$$g_t = \nabla L_t$$

$$E[g^2]_t = \gamma E[g^2]_{t-1} + (1 - \gamma) g_t^2$$

$$h_{t+1} = h_t - \frac{lr}{\sqrt{E[g^2]_t + \varepsilon}} \cdot g_t.$$

5) Adadelta [7]:

$$g_t = \nabla L_t$$

$$E[g^2]_t = \gamma E[g^2]_{t-1} + (1 - \gamma) g_t^2$$

$$\Delta h_t = - \frac{\sqrt{E[\Delta h^2]_{t-1} + \varepsilon}}{\sqrt{E[g^2]_t + \varepsilon}} g_t$$

$$E[\Delta h^2]_t = \gamma E[\Delta h^2]_{t-1} + (1 - \gamma) \Delta h_t^2$$

$$h_{t+1} = h_t - \frac{\sqrt{E[\Delta h^2]_t + \varepsilon}}{\sqrt{E[g^2]_t + \varepsilon}} \cdot g_t.$$

6) Adam [8]:

$$g_t = \nabla L_t$$

$$m_t = \frac{\beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) g_t}{1 - \beta_1^t}$$

$$v_t = \frac{\beta_2 v_{t-1} + (1 - \beta_2) g_t^2}{1 - \beta_2^t}$$

$$h_{t+1} = h_t - \frac{lr}{\sqrt{v_t + \varepsilon}} m_t,$$

где β_1, β_2 – гиперпараметры оптимизатора, выбираемые пользователем.

Перед началом работы алгоритма NOptim набор данных разделяется на три части: тренировочная, валидационная и тестовая. На каждой итерации алгоритм оптимизации гиперпараметров обучает полученную модель M с гиперпараметрами h_1, h_2, \dots, h_n , где t – номер шага, на тренировочной подвыборке, вычисляет компоненты градиента на валидационной подборке, делая предсказание с помощью обученной ранее модели и изменяет гиперпараметры, совершая шаг градиентного спуска. Параллельно с этим вычисляется качество модели на тестовой подвыборке, набор гиперпараметров, обеспечивший лучшие результаты на этапе тестирования, сохраняется.

Подобный подход к вычислению компонент градиента позволяет алгоритму не переобучить модель M путем увеличения ее сложности за счет гиперпараметров, а подобрать такой их набор, который позволит максимизировать качество работы на данных, недоступных в процессе обучения самой модели M , а следовательно, улучшить ее качество на этапе тестирования.

В некоторых случаях предлагается запоминать значения компонент градиентов с целью ускорения работы алгоритма в условиях возникновения циклов (для некоторых оптимизаторов это может быть полезно, так как, например, Adam способен через некоторое число итераций выходить из подобных циклов, накапливая «энергию»).

Результаты исследования и их обсуждение

Предложенный метод проходит испытание на классических задачах классификации и регрессии.

Эксперимент: классификация.

В качестве набора данных для классификации используется Telco Customer Churn с предварительно удаленными столбцами, содержащими категориальные признаки. В качестве модели для классификации применена модель scikit-learn GradientBoostingClassifier. Функция, по которой осуществляется спуск, задается следующим образом:

$$L = 1 - Q \text{ (accuracy loss),}$$

где Q – оценка качества работы модели по метрике accuracy score. Здесь и далее в столбец skip записывается количество компонент, вычисления которых удалось сэкономить

благодаря их записи в память, а в столбец not skip – количество вычисленных компонент. Этот и следующие эксперименты проводятся на процессоре Intel Core i5.

Классификация: плохие начальные гиперпараметры.

В этом эксперименте начальные значения гиперпараметров приняты равными единице.

Варьируемые гиперпараметры: max_depth, n_estimators.

Максимальное число шагов: 50.

Начальный accuracy score модели: 0,725

Результаты применения НОptim показаны в табл. 1 и на рис. 1, 2.

Таблица 1

Результаты применения НОptim

Оптимизатор	Лучший асс. score	Время, с	lr	γ	β_1	β_2	skip	not skip
Класс. град.	0,797	3,60	5	нет	нет	нет	135	16
Г. Нестерова	0,799	96,2	10	0,7	нет	нет	114	37
Adagrad	0,803	58,60	0,4	нет	нет	нет	113	38
RMSprop	0,804	145,50	0,2	0,7	нет	нет	74	77
Adadelta	0,796	25,20	нет	0,4	нет	нет	125	26
Adam	0,804	152,20	0,3	нет	0,4	0,6	68	83

Источник: составлено авторами.

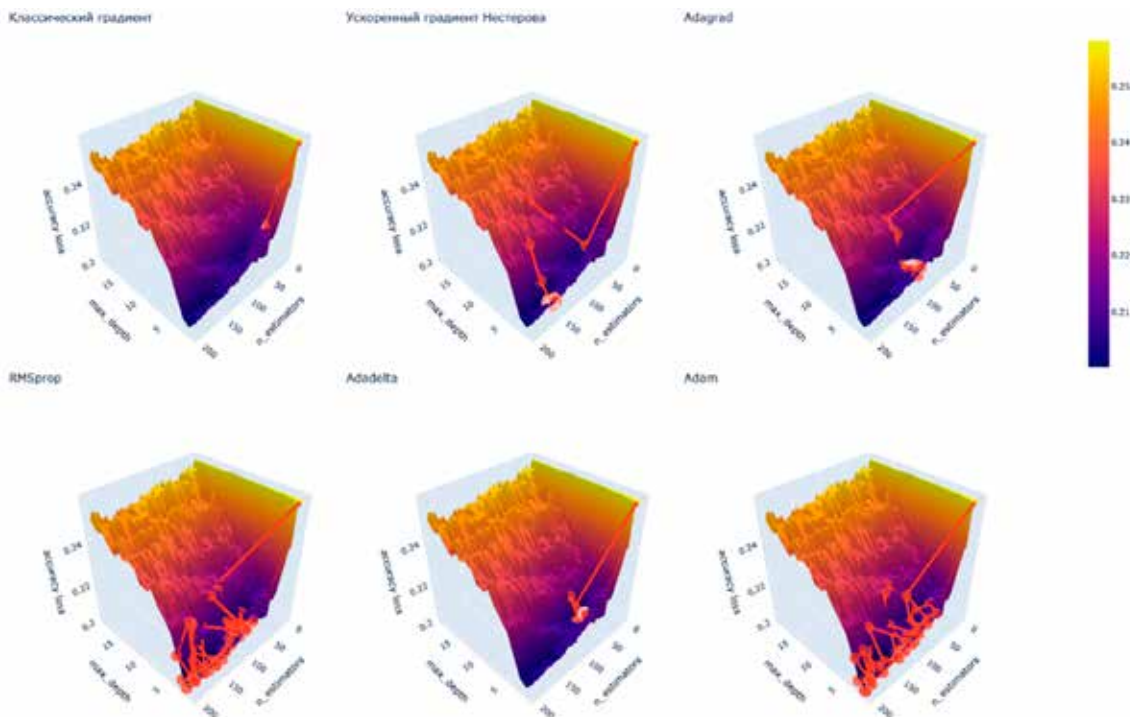


Рис. 1. Поверхность функции потерь для набора данных Telco Customer Churn и модели GradientBoostingClassifier – работа оптимизаторов
Источник: составлено авторами

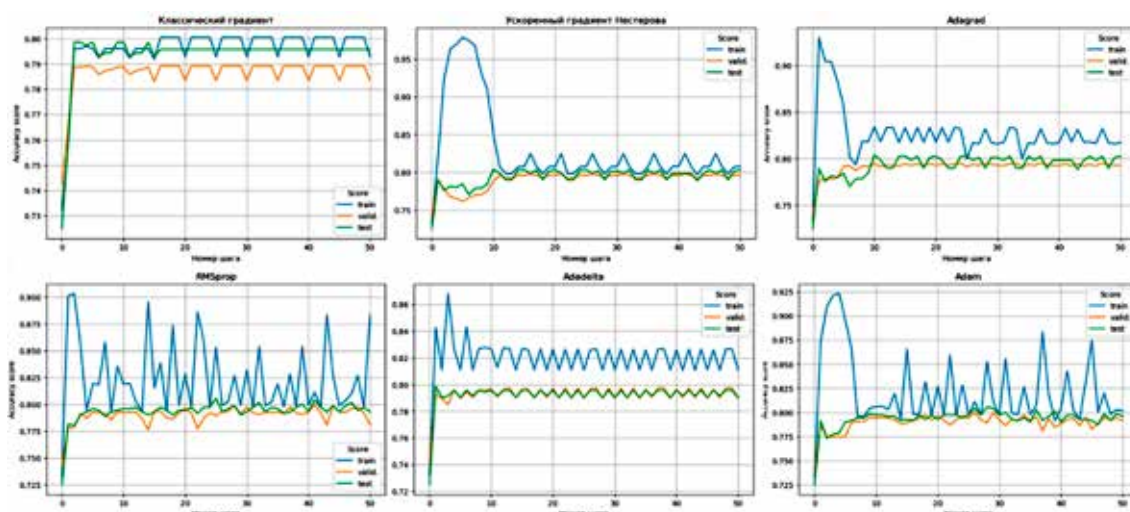


Рис. 2. Accuracy score модели GradientBoostingClassifier в зависимости от шага и выбранного оптимизатора
 Источник: составлено авторами

Результаты, отраженные в табл. 1, показывают, что оптимизаторы RMSprop и Adam наиболее качественно справляются с задачей. В дополнение можно отметить, что эти оптимизаторы не попадают в цикл, что позволяет им перебрать большее количество комбинаций гиперпараметров (рис. 1, 2).

Классификация: GridSearch CV + НОptim

Перед использованием НОptim гиперпараметры были предварительно подобраны с помощью GridSearch CV.

Варьируемые гиперпараметры: max_depth, n_estimators, min_samples_split, min_samples_leaf.

Максимальное число шагов: 50.

Начальный accuracy score модели: 0,795

Результаты применения НОptim показаны в табл. 2 и на рис. 3.

Видно, что в этой задаче результаты работы алгоритма НОptim с неудачной стартовой позиции и с более удачной позиции, найденной с помощью GridSearch CV, раз-

личаются слабо, но стоит отметить, что лучший результат в ходе эксперимента достигнут ускоренным градиентом Нестерова в связке с GridSearch CV (табл. 2 и рис. 3).

Эксперимент: регрессия.

Рассматривается применение предложенного алгоритма на примере задачи регрессии.

В качестве набора данных для регрессии используется House prices regression с предварительно удаленными столбцами, содержащими категориальные признаки. В качестве модели для регрессии применяется модель sklearn GradientBoostingRegressor. Функция, по которой осуществляется спуск, задается следующим образом: $L = \log_{10}(1 + Q)$ (log MSE loss), где Q – среднеквадратичная ошибка модели.

Регрессия: плохие начальные гиперпараметры.

В этом эксперименте начальные значения гиперпараметров приняты равными единице.

Таблица 2

Результаты применения НОptim

Оптимизатор	Лучший асс. score	Время, с	lr	γ	β_1	β_2	skip	not skip
Класс. град.	0,797	71,6	10	нет	нет	нет	177	74
Г. Нестерова	0,809	196,8	10	0,95	нет	нет	76	175
Adagrad	0,8043	263,3	0,5	нет	нет	нет	63	188
RMSprop	0,803	324,7	0,1	0,8	нет	нет	51	200
Adadelta	0,804	309,2	нет	0,6	нет	нет	60	191
Adam	0,8014	241,2	0,1	нет	0,6	0,7	50	201

Источник: составлено авторами.

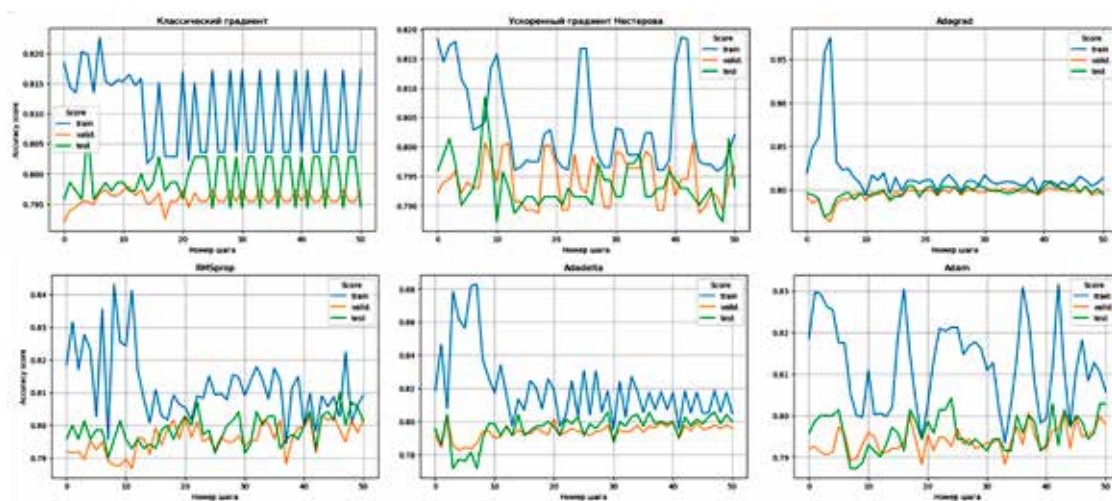


Рис. 3. Accuracy score модели GradientBoostingClassifier в зависимости от шага и выбранного оптимизатора. Источник: составлено авторами

Таблица 3

Результаты применения НOptim

Оптимизатор	Лучший log MSE loss	Время, с	lr	γ	β_1	β_2	skip	not skip
Класс. град.	9,075	17,10	2	нет	нет	нет	78	73
Г. Нестерова	9,000	65,4	2	0,85	нет	нет	66	85
Adagrad	9,001	21,00	0,4	нет	нет	нет	97	54
RMSprop	9,000	39,90	0,2	0,5	нет	нет	82	69
Adadelta	9,045	9,70	нет	0,35	нет	нет	114	37
Adam	8,996	46,40	0,3	нет	0,4	0,6	66	85

Источник: составлено авторами.

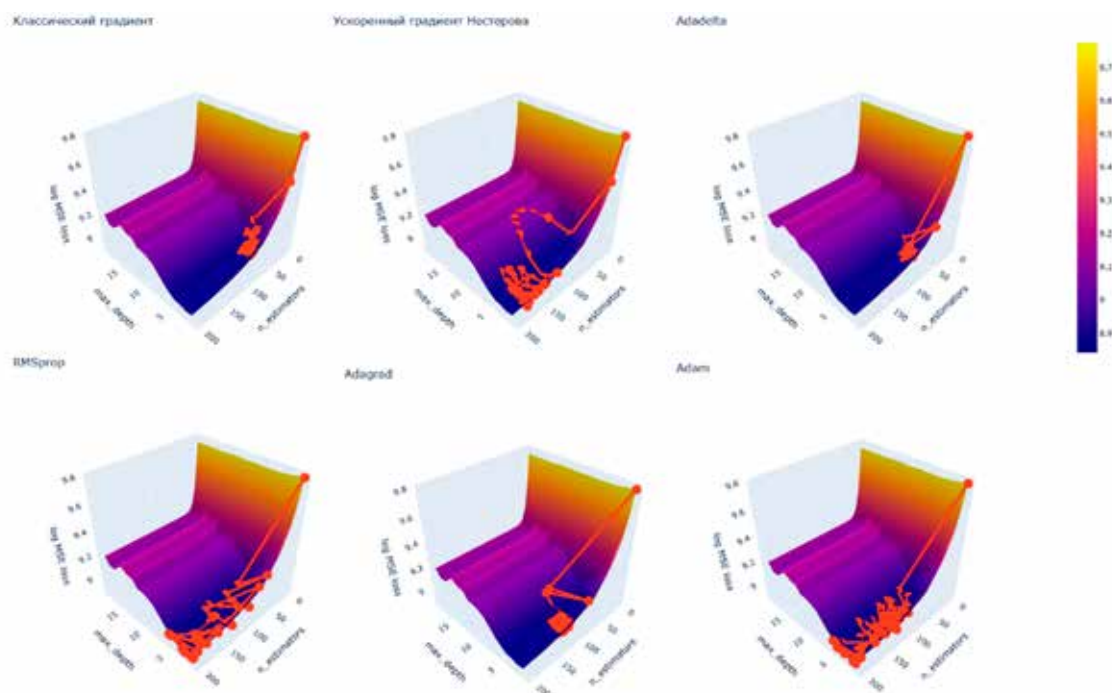


Рис. 4. Поверхности функции потерь для набора данных House prices regression и модели GradientBoostingRegressor
Источник: составлено авторами

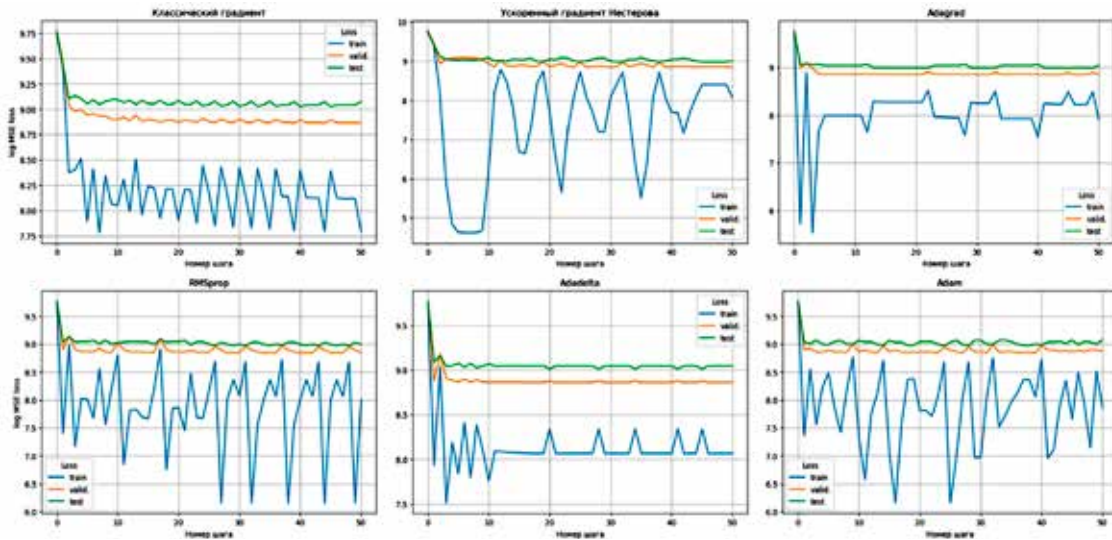


Рис. 5. Log MSE loss модели GradientBoostingClassifier в зависимости от шага и выбранного оптимизатора
 Источник: составлено авторами

Варьируемые гиперпараметры: max_depth, n_estimators.

Максимальное число шагов: 50.

Начальный log MSE loss модели: 9,771

Результаты применения HOptim показаны в табл. 3 и на рис. 4, 5.

Результаты, отраженные в табл. 3, показывают, что градиент Нестерова и RMSprop наиболее качественно справляются с задачей, минимизируя функцию потерь лучше других оптимизаторов.

Важно отметить, что градиент Нестерова более подвижен, чем другие оптимизаторы в этой задаче, что позволяет ему осуществить оценку большего количества комбинаций гиперпараметров, что наглядно представлено на рис. 4, 5.

Регрессия: GridSearch CV + HOptim

Перед использованием HOptim гиперпараметры были предварительно подобраны с помощью GridSearch CV.

Варьируемые гиперпараметры: max_depth, n_estimators, min_samples_split, min_samples_leaf.

Максимальное число шагов: 50.

Начальный log MSE loss модели: 9,278

Результаты применения HOptim показаны в табл. 4 и на рис. 6.

В описанном эксперименте наилучшие гиперпараметры найдены алгоритмом HOptim без использования GridSearch CV (табл. 4 и рис. 6).

В большинстве случаев целесообразно сначала использовать GridSearch CV или любой другой алгоритм подбора гиперпараметров с большим шагом, после чего использовать HOptim с малым коэффициентом lr. В случае, если решение, найденное GridSearch CV, будет находиться рядом с минимумом функции потерь, то HOptim позволит улучшить результат, осуществляя поиск в окрестности найденного решения.

Таблица 4

Результаты применения HOptim

Оптимизатор	Лучший log MSE loss	Время, с	lr	γ	β_1	β_2	skip	not skip
Класс. град.	9,198	119,8	2	нет	нет	нет	109	142
Г. Нестерова	9,095	145,2	0,7	0,8	нет	нет	144	107
Adagrad	9,108	142,4	0.1	нет	нет	нет	54	197
RMSprop	9,1922	219,2	0.1	0.8	нет	нет	50	201
Adadelta	9,1778	234,7	нет	0.6	нет	нет	51	200
Adam	9,06137	92,2	0.1	нет	0.6	0.7	99	152

Источник: составлено авторами.

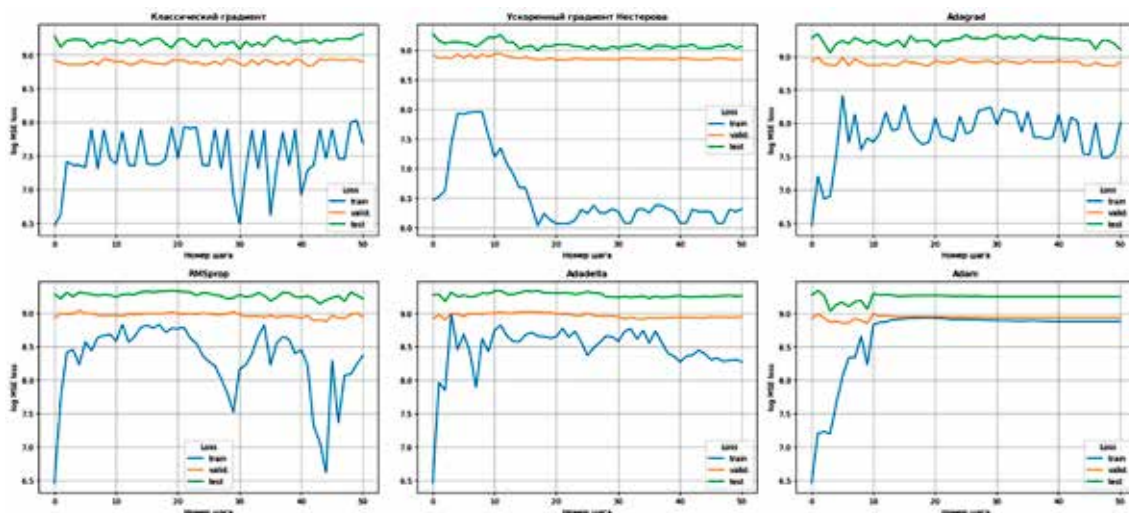


Рис. 6. Log MSE loss модели GradientBoostingClassifier в зависимости от шага и выбранного оптимизатора
Источник: составлено авторами

Заключение

В статье рассмотрена задача оптимизации гиперпараметров в рамках классического машинного обучения, кратко описаны наиболее распространенные методы подбора гиперпараметров и механизм их работы. Предложен алгоритм HOptim градиентной оптимизации гиперпараметров моделей классического машинного обучения из python-библиотеки scikit-learn, использующий в своей основе оптимизаторы первого порядка. В экспериментах показана эффективность метода HOptim и результативность его совместной работы с алгоритмом подбора гиперпараметров GridSearch CV с большим шагом сетки.

Описанный подход универсален и может быть использован на практике для улучшения качества работы моделей машинного обучения. Подбор оптимальных гиперпараметров позволяет увеличить точность предсказаний моделей. Это особенно важно в задачах классификации и регрессии, где точность работы моделей играет решающую роль.

Список литературы

1. Bergstra J., Bengio Y. Random Search for Hyper-Parameter Optimization // Journal of machine learning research. 2012. Vol. 13, Is. 2. P. 281–305. DOI: 10.5555/2503308.2188395.
2. Смирнова В.С., Шаламов В.В., Ефимова В.А., Фильченков А.А. Оптимизация гиперпараметров на основе объединения априорных и апостериорных знаний о задаче классификации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. № 6. С. 828–834.
3. Luo R., Tian F., Qin T. Neural architecture optimization // Advances in neural information processing systems. 2018. Vol. 31, Is. 1. P. 7827–7838.
4. Dozat T. Incorporating Nesterov momentum into Adam // ICLR. 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://openreview.net/pdf?id=OM0jvwB8jlp57ZJjtNEZ> (дата обращения: 27.10.2023).
5. Duchi J., Hazan E., Singer Y. Adaptive Subgradient Methods for Online Learning and Stochastic Optimization // Journal of machine learning research. 2011. Vol. 12, Is. 7. P. 2121–2159. DOI: 10.5555/1953048.2021068.
6. Dauphin Y., De Vries H., Bengio Y. Equilibrated adaptive learning rates for non-convex optimization // Advances in neural information processing systems. 2015. Vol. 28, Is. 1. P. 1504–1512.
7. Matthew D. Zeiler. Adadelta: an adaptive learning rate method // arXiv preprint. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1212.5701.pdf> (дата обращения: 27.10.2023).
8. Diederik P. Kingma Jimmy Lei Ba. Adam: a method for stochastic optimization // arXiv preprint. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf> (дата обращения: 27.10.2023).

УДК 519.6
DOI 10.17513/snt.39863

ПОСТРОЕНИЕ АДАПТИВНОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЯДОВ СЕЛЕКЦИИ

Прохоренков П.А., Регер Т.В.

*ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
Смоленский филиал, Смоленск, e-mail: prohpavel@yandex.ru, tatjana-reger@bk.ru*

Классические подходы к математическому моделированию поведения исследуемых объектов, как правило, оперируют четкими числовыми данными. Хорошо изучены и достаточно успешно применяются методы регрессионного анализа, методы оптимизации с использованием разнообразных численных методов. Развитие информационных технологий и мощности вычислительных систем привели к появлению нового класса систем обработки информации, объединенных общим названием – машинные методы анализа данных. Возможность анализа больших данных открывает новые перспективы в управлении и прогнозировании, выявляет скрытую в массивах данных полезную информацию. С усложнением задач анализа совершенствуются и алгоритмы обработки данных. Появление систем искусственного интеллекта явилось новым этапом науки и практики работы с данными. Отличительной особенностью таких систем стало использование нейросетевых технологий в сочетании с алгоритмами нечеткого логического вывода. В предлагаемой работе рассматриваются основные элементы систем нечеткого логического вывода, дается характеристика базовым алгоритмам Мамдани и Сугено. Проведенные исследования показали ряд недостатков классических алгоритмов, проявляющихся в задачах большой размерности множества входных переменных. Для повышения эффективности процедур нечеткого логического вывода предлагается использование адаптивной структуры системы, использующей ряды селекции. Такой подход к формированию системы позволяет упростить ее структуру и повысить точность работы алгоритмов.

Ключевые слова: моделирование, алгоритмы нечеткого логического вывода, построение нечеткой модели, задача прогнозирования

CONSTRUCTION OF AN ADAPTIVE MODEL OF A FUZZY LOGICAL INFERENCE SYSTEM USING SELECTION SERIES

Prokhorenkov P.A., Reger T.V.

*Financial University under the Government of the Russian Federation, Smolensk branch,
Smolensk, e-mail: prohpavel@yandex.ru, tatjana-reger@bk.ru*

Classical approaches to mathematical modeling of the behavior of investigated objects, as a rule, operate with clear numerical data. Regression analysis methods, optimization methods using a variety of numerical methods are well studied and quite successfully applied. The development of information technologies and the power of computing systems have led to the emergence of a new class of information processing systems, united by the common name of machine methods of data analysis. The possibility of analyzing big data opens new perspectives in management and forecasting, reveals useful information hidden in data arrays. As the analysis tasks become more complex, data processing algorithms improve. The emergence of artificial intelligence systems was a new stage of science and practice of working with data. A distinctive feature of such systems is the use of neural network technologies in combination with fuzzy logic inference algorithms. In the proposed work the basic elements of fuzzy logical inference systems are considered, the basic algorithms of Mamdani and Sugeno are characterized. The conducted research has shown a number of disadvantages of classical algorithms, manifested in problems of large dimensionality of the set of input variables. To improve the efficiency of fuzzy logic inference procedures, the use of an adaptive system structure using selection series is proposed. This approach to the formation of the system allows to simplify its structure and increase the accuracy of the algorithms.

Keywords: modeling, fuzzy inference algorithms, fuzzy model construction, forecasting problem

На современном этапе инновационных преобразований актуальны вопросы применения современных математических методов и программных систем для решения задач в различных сферах деятельности человека. Вопросам моделирования посвящен ряд научных трудов [1, 2]. Задачи построения адекватных моделей сложных экономических объектов не потеряли своей актуальности в силу их большого разнообразия. Принятие управленческих решений предполагает наличие информации о теку-

щем состоянии объекта управления и некоторой модели, дающей представление о поведении объекта при меняющихся условиях эксплуатации и изменяющихся внешних условиях. Созданию моделей, учитывающих все особенности объекта моделирования, посвящено в настоящее время достаточно много исследований [3–5]. Благодаря бурному развитию информационных технологий появилась возможность создавать новые виды моделей, использующие существующие возможности вычислительных систем.

Пользуясь классификацией, предложенной американским профессором Лотфи Заде [6], наиболее изученные математические модели реализуют жесткие вычисления, основанные на строгих алгоритмах проведения вычислений. Особенностью современного этапа использования таких моделей является возможность работы с большими данными, требующими специальных алгоритмов обработки и значительных вычислительных мощностей. Наиболее известные в этом классе регрессионные модели используют для построения статистические данные и основаны на выборе структуры модели, расчете параметров и оценки статистических свойств.

Чаще всего точное математическое описание сложных объектов не может быть получено ввиду большой размерности задачи, неполноты информации о нем, отсутствия априорных сведений о функциональной связи входных параметров и выходной величины. В таких случаях используются различные методы построения модели объекта на основе данных о его поведении при различных входных воздействиях. Профессором Лотфи Заде был предложен новый подход, основанный на понятии нечеткой логики [7]. Методология, основанная на нечеткой логике, получила название мягких вычислений. Каждый человек чаще всего принимает решения на основе неполной информации и приблизительных сведений, что не мешает ему достигать поставленных задач. В этой связи можно сделать вывод, что нечеткая логика в принятии решений приближается к естественному процессу, свойственному человеку, и является более гибким подходом к построению модели [8].

Основное отличие нечеткой логики от булевой состоит в том, что переменные принимают значения в интервале от 0 до 1, в то время как в булевой логике возможны только два значения. Значения нечеткой переменной при этом могут быть заданы различными способами: нечеткого числа, лингвистической переменной или совокупности правил. В настоящее время разработаны и находят практическое применение различные алгоритмы нечеткого вывода. Одной из возникающих вычислительных проблем является усложнение алгоритмов нечеткого вывода при большом числе рассматриваемых переменных. В связи с этим стоит задача выбора наиболее эффективного подхода к выбору алгоритмов нечеткого логического вывода, позволяющего сократить размерность вычислительного алгоритма.

Цель исследования – анализ и разработка алгоритмов нечеткого логического вывода в условиях большого числа входных факторов.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования в данной работе использованы статьи, монографии, электронные интернет-ресурсы, посвященные тематике разработки и использования алгоритмов нечеткого логического вывода. В качестве методов проведения исследований применялись методы дискретной математики, теории множеств, алгоритмы и методы численного моделирования. Моделирование алгоритмов нечеткой логики выполнено в среде Python с использованием библиотеки FuzzyWuzzy.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ публикаций по вопросам практического применения методов нечеткого логического вывода позволяет выделить среди известных подходов алгоритм Мамдани. В качестве основного элемента алгоритма Мамдани используется нечеткая переменная, которая может быть представлена кортежем $(\beta, T, X, A, \mu_A(x))$, где

β – имя нечеткой переменной (лингвистическое);

T – возможные значения переменной β ;

X – возможные значения входной переменной;

A – нечеткое множество, привязанное к лингвистической переменной;

$\mu_A(x)$ – функция принадлежности множеству A .

Функции принадлежности, задающие нечеткое множество, могут быть заданы различными зависимостями. Чаще всего для этих целей используются кусочно-линейные функции, что связано с простотой их вычисления. Примеры наиболее распространенных вариантов функций принадлежности приведены в таблице.

Разработка функции принадлежности для заданного множества является наименее формализованным элементом алгоритмов нечеткой логики. Существует много различных подходов, но все они в той или иной степени связаны с экспертным оцениванием. С другой стороны, точное задание функций принадлежности для рассматриваемых задач не требуется, достаточно определить наиболее характерные значения и вид функции. Для построения функций принадлежности в ряде задач используются нейросетевые методы.

Функции принадлежности в системах нечеткого вывода

Графики функций принадлежности	Аналитические выражения
	$f_{\Delta}(x; , a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq c \leq x \\ 0, & c \leq x \end{cases}$
	$f_T(x; , a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases}$
	$f_{z1}(x; , a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-a}{b-a}\pi\right), & a \leq x \leq b \\ 0, & b < x \end{cases}$



Рис. 1. Основные этапы процедуры нечеткого логического вывода

Алгоритм Мамдани основан на использовании базы правил, с помощью которой осуществляется формирование нечеткого множества.

- если x есть A_1 И y есть B_1 , то z есть C_1 ; (1)
- если x есть A_2 И y есть B_2 , то z есть C_2 ; (2)

где x, y – входные переменные; z – выходная переменная; A_1, A_2, B_1, B_2 – нечеткие множества для входных переменных; C_1, C_2 – нечеткие множества выходной переменной.

Построение модели заключается в определении оптимальных параметров правил и функций принадлежности системы нечеткого вывода. Алгоритм состоит из нескольких

последовательных этапов. Укрупненно он может быть представлен в виде схемы на рис. 1.

На этапе фаззификации происходит определение степени принадлежности входных факторов нечетким множествам путем использование выбранных функций принадлежности.

Популярность подхода Мамдани обусловлена простотой использования опыта оператора, формирующего базовые правила фаззификации. Большинство предлагаемых алгоритмов нечеткого логического вывода используют базовые элементы алгоритма Мамдани, хотя и имеют свои особенности.

Одним из таких алгоритмов является подход, предложенный Такаги Сугено. Осо-

бенность этого подхода в формировании набора правил базы знаний. Сугено использует конструкцию логического вывода на основе линейной свертки. Правило в подходе Сугено выглядит следующим образом:

если x есть A_1 И y есть B_1 , то $z = a_1x + b_1y$, (3)

если x есть A_2 И y есть B_2 , то $z = a_2x + b_2y$, (4)

где A_1, A_2, B_1, B_2 – нечеткие множества для входных переменных x и y ; z – выходная переменная; a_1, a_2, b_1, b_2 – коэффициенты линейной свертки.

Системы, основанные на алгоритмах Сугено, в большей степени проявляют свою эффективность при моделировании нелинейных зависимостей. Последнее обстоятельство объясняет широкое применение этих алгоритмов в управлении техническими системами. Проведенные эксперименты по моделированию линейных зависимостей для алгоритмов Мамдани и Сугено не выявили большой разницы в точности и быстроте действия.

Общую структуру систем нечеткого логического вывода можно представить в виде типовой структуры (рис. 2). Фаззификатор преобразует входные факторы в нечеткие значения β , поступающие на вход машины логического вывода. В результате выполнения процедуры логического вывода на выходе значения γ также являются нечеткими значениями. Дефаззификатор преобразует значения γ в четкие значения, выполняя функцию приведения к четкости.

Различие подходов и алгоритмов нечеткого логического вывода чаще всего проявляется в выборе метода реализации дефаззификатора. Наиболее простым методом можно считать метод максимума, в котором

выход системы (y) определяется как максимум функции принадлежности для треугольной и как среднее значение верхней части для трапециевидальной функции. Кроме того, используется метод центра площади и метод центра тяжести под кривой функции принадлежности.

Преимуществами рассмотренного подхода являются универсальность, простота интерпретации полученной модели вследствие использования языка, близкого к естественному, возможность использования априорной информации об объекте. Однако представление модели в качестве системы нечеткого логического вывода обладает и определенными недостатками, основным из которых является субъективность получаемого результата, поскольку набор нечетких правил формируется экспертом. Вследствие этого предлагается использовать адаптивные системы нечеткого вывода, для которых набор правил и параметры, сформулированные экспертом, подвергаются дальнейшему уточнению на основании выборки данных о поведении входных и выходных переменных объекта.

Другая сложность при реализации указанных алгоритмов связана с решением задач в многомерном пространстве входных переменных. Это связано с тем, что точность получаемой модели значительным образом определяется количеством функций принадлежности каждой переменной. Увеличение количества переменных и их функций принадлежности, в свою очередь, приводит к возрастанию числа нечетких правил и значительному увеличению количества вычислений, а следовательно, времени и вычислительных ресурсов, требуемых для определения параметров модели и ее дальнейшего использования.



Рис. 2. Общая структура системы нечеткого логического вывода

Также следует учитывать, что при исследовании и построении моделей реальных объектов имеющаяся информация об объекте может быть и избыточной – часть входных параметров, отраженных в выборке данных, может вообще не влиять или оказывать очень слабое влияние на поведение объекта. Однако при создании нечеткой модели с использованием таких алгоритмов данный фактор никак не уменьшает размерность решаемой задачи и количество вычислений. Таким образом, алгоритмы построения нечетких моделей, построенные по классическому принципу, часто не обладают желаемой гибкостью, требуемой для эффективного решения разнообразных задач такого рода.

В качестве решения указанных задач предлагается использование адаптивных многоэтапных алгоритмов, аналогичных методу группового учета аргументов (МГУА) [8]. Данный подход позволяет широко использовать возможности структурной идентификации создаваемой модели, а также учитывать неоднородность влияния входных переменных на исследуемый отклик объекта.

В классическом МГУА в качестве частных моделей используются многочлены различного вида. Однако использование систем нечеткого вывода с двумя входными переменными позволяет существенно повысить скорость сходимости алгоритма, особенно при построении моделей сложных зависимостей, так как такие системы обладают лучшими аппроксимирующими свойствами. Определение параметров таких частных моделей может производиться раз-

личными известными методами настройки параметров систем нечеткого вывода, например, при помощи метода наращивания или гибридного алгоритма. Пример структуры модели, получаемой в результате применения такого подхода, показан на рис. 3.

С целью проверки эффективности данного алгоритма было проведено моделирование ряда сложных аналитических зависимостей. В процессе моделирования проведено сравнение результатов применения вышеописанного подхода и классических подходов Мамдани и Сугено. Подход с применением систем нечеткого вывода позволил выявить значимые входные воздействия, эти результаты совпали с результатами, полученными другими методами. Однако разработанный метод позволил также, с использованием полученной модели объекта, точнее определить характер зависимости отклика от каждого из входов, а также осуществлять прогнозирование выходной величины по набору входных параметров.

Разработанный подход позволяет использовать достоинства систем нечеткого логического вывода и, кроме того, преимущества различных методов структурной и параметрической идентификации систем. При этом он значительным образом расширяет возможности структурной оптимизации и позволяет адаптировать структуру разрабатываемой модели в зависимости от характера исследуемой зависимости. Предлагаемый алгоритм позволяет разбить процесс построения модели на несколько этапов – рядов селекции.

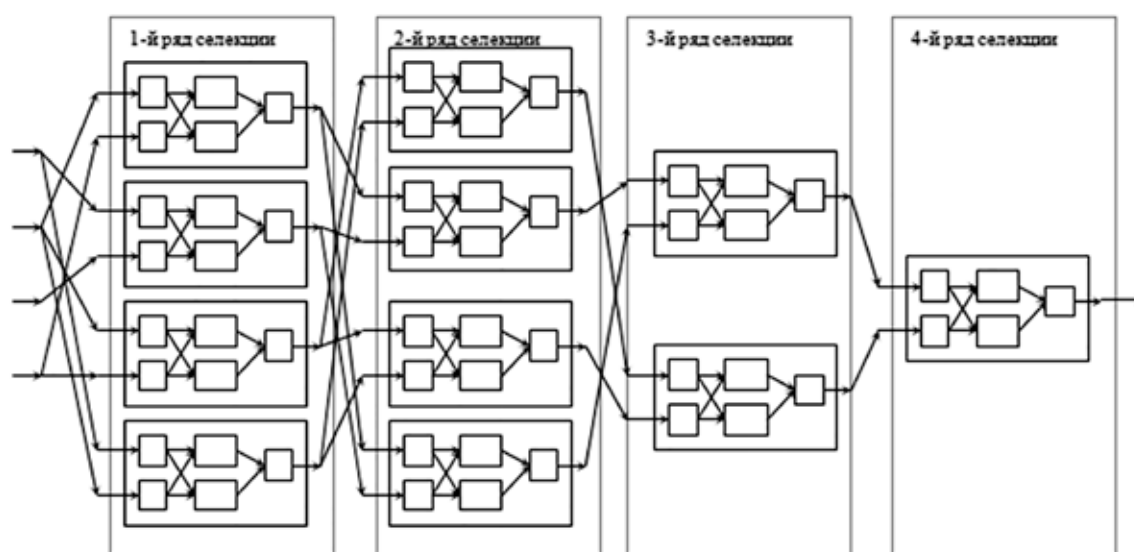


Рис. 3. Структура системы, созданной при помощи алгоритма МГУА
Источник: составлено авторами

В ходе выполнения каждого этапа могут быть оценены полученные результаты, внесены соответствующие корректировки в параметры, определяющие ход процесса оптимизации. При применении описанного выше метода входными переменными для частных моделей являются выходные значения, полученные системами предыдущего ряда. Такой подход соответствует классическому подходу МГУА.

Выводы

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Для задач прогнозирования в системах нечеткого логического вывода наиболее универсальной является процедура вывода на основе алгоритма Сугено.

2. Недостатком существующих подходов формирования структуры системы нечеткого логического вывода является большая размерность структуры системы при числе входных параметров более 4–5 и, как следствие, большие вычислительные затраты на обработку данных и настройку системы.

3. Точность прогноза системы НЛВ при одном и том же объеме обучающей выборки существенно зависит от расположения экспериментальных точек в области изменения вектора входных переменных. Поэтому имеет смысл говорить по крайней мере о целенаправленном выборе обучающей выборки.

4. При настройке параметров нечетких правил системы НЛВ влияние параметров функций принадлежности в алгоритме Сугено несущественно, и настройку правил можно свести к настройке коэффициентов правой части этих правил.

5. Использование принципов формирования структуры регрессионной модели алгоритма МГУА для синтеза структуры системы НЛВ позволяет существенно упростить задачу, уменьшить вычислительные

затраты, использовать аналитические методы для настройки параметров системы.

6. Результаты моделирования разработанного алгоритма позволяют утверждать, что при сравнительно небольших вычислительных затратах предлагаемый алгоритм не уступает в точности прогнозирования как классическим методам, так и процедурам на основе нейронной сети Ванга-Менделя, использующей подход Мамдани.

7. Наиболее предпочтительная область использования данного алгоритма – это задачи прогнозирования при большом числе входных переменных. Именно с увеличением числа входных параметров системы наилучшим образом проявляются положительные свойства данного алгоритма.

Список литературы

1. Орлов А.И. Устойчивые экономико-математические методы и модели: монография. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. 337 с.
2. Прохоренков П.А., Ререр Т.В. Инновации как главный фактор конкурентоспособности // *Фундаментальные исследования*. 2020. № 7. С. 96–101. DOI: 10.17513/ft.43400.
3. Кобрунов А.И., Дорогобед А.Н., Кожевникова П.В. Математическое моделирование нечетких петрофизических зависимостей // *Современные наукоемкие технологии*. 2018. № 10. С. 50–55.
4. Звягин Л.С. Математическое моделирование глобальных систем и прогнозирования ее основных объектов // *Мягкие измерения и вычисления*. 2022. Т. 60, № 11–1. С. 41–52.
5. Кизлик Т.А. Особенности использования математического моделирования в анализе инвестиционной деятельности // *Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками*. 2022. № 7. С. 188–191.
6. Zade L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning // *Information Sciences*. 1975. Vol. 8. P. 43–80.
7. Zade L.A. Fuzzy sets // *Information and Control*. 1965. Vol. 8. P. 338–353.
8. Степашко В.С., Булгакова А.С. Обобщенный итерационный алгоритм метода группового учета аргументов // *Управляющие системы и машины: Международный журнал*. 2013. № 2. С. 5–17.

УДК 51:007.2
DOI 10.17513/snt.39864

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ

¹Угрюмова Н.В., ²Бердникова Ю.А., ³Угрюмов В.А.

¹ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
Уральский филиал, Челябинск, e-mail: unv_1965@mail.ru;

²Управление Федеральной налоговой службы по Челябинской области, Челябинск,
e-mail: berdnikova_ns74@mail.ru;

³ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», Челябинск,
e-mail: jakebullgod2016@gmail.com

В статье изложены проблемы исследования процесса эффективного механизма организационных изменений. На сегодняшний день очевиден рост влияния факторов внешней среды на необходимость реализации организационных изменений в современной бизнес-среде. Это обстоятельство становится уже закономерностью, и в условиях рынка связано с множеством причин возникновения проблемных ситуаций, которые испытывает современный российский бизнес. Но, в первую очередь, ключевой причиной этого является недостаточность эффективности системы управления. Очевидно, что современные предприятия сталкиваются с проблемами конкурентоспособности. Вышеизложенное подводит к необходимости решения вопроса, связанного с разработкой эффективного адаптационного механизма управления предприятиями. Современные предприятия функционируют в условиях рынка, что, несомненно, является условием построения системы управления предприятием по принципу опережающего развития механизма преобразований. В условиях плановой экономики практически отсутствовала значительная динамика условий хозяйственной деятельности, а значит, отсутствовала и необходимость в адаптации к изменению внешней среды. Современные реалии положения дел вызывают необходимость в построении системы управления организацией с учетом динамики развития окружающей и внутренней среды, что возможно осуществить в условиях научно обоснованного подхода при формировании механизма управления организационными изменениями. Безусловное наличие опыта, научности и креативного подхода к управлению современной организацией сказывается на характере развития предприятия. Механизм совершенствования организационных преобразований, который описан в данной статье, дает возможность повысить экономическую и социальную составляющие результатов системы управления бизнесом, минимизировать риски, связанные с развитием управленческих процессов, и направить усилия на достижение тактических и долгосрочных целей организационного развития. Практика управления организационными изменениями нуждается в адекватном организационном инструментарии, механизме управления организационными изменениями, позволяющем более эффективно использовать сложившийся научный потенциал. Статья предназначена для представителей бизнеса, а также для преподавателей дисциплин управленческого и экономического профиля для использования в учебном процессе.

Ключевые слова: адаптационный механизм, стратегическое управление, организационные преобразования, конкуренция, бизнес-среда

AN EFFECTIVE MECHANISM FOR MANAGING ORGANIZATIONAL CHANGE

¹Ugryumova N.V., ²Berdnikova Yu.A., ³Ugryumov V.A.

¹Financial University under the Government of the Russian Federation, Ural branch,
Chelyabinsk, e-mail: unv_1965@mail.ru;

²Department of the Federal Tax Service for the Chelyabinsk Region, Chelyabinsk,
e-mail: berdnikova_ns74@mail.ru;

³South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: jakebullgod2016@gmail.com

The article outlines the problems of studying the process of an effective mechanism of organizational change. Today, the growing influence of external environmental factors on the need to implement organizational changes in the modern business environment is obvious. This circumstance is already becoming a pattern, and in market conditions is associated with many reasons for the emergence of problematic situations that modern Russian business is experiencing. But first of all, the key reason for this is the lack of effectiveness of the management system. It is obvious that modern enterprises are faced with competitiveness problems. The above leads to the need to resolve the issue related to the development of an effective adaptation mechanism for enterprise management. Modern enterprises operate in market conditions, which, undoubtedly, is a condition for building an enterprise management system based on the principle of advanced development of the mechanism of transformation. In a planned economy, there was practically no significant dynamics in the conditions of economic activity, which means there was no need to adapt to changes in the external environment. The modern realities of the state of affairs necessitate the construction of an organization's management system, taking into account the dynamics of development of the surrounding and internal environment, which can be accomplished under the conditions of a scientifically based approach in the formation of a mechanism for managing organizational changes. The unconditional presence of experience, scientific knowledge and a creative approach to managing a modern organization affects the nature of the development of the enterprise. The mechanism for improving organizational transformations, which is described

in this article, makes it possible to increase the economic and social components of the results of the business management system, minimize the risks associated with the development of management processes and direct efforts to achieve tactical and long-term goals of organizational development. The practice of managing organizational change requires adequate organizational tools, a mechanism for managing organizational change, which allows for more effective use of the existing scientific potential. The article is intended for business representatives, as well as for teachers of management and economic disciplines for use in the educational process.

Keywords: adaptation mechanism, strategic management, organizational transformations, competition, business environment

Увеличение рыночной стоимости, возрастание экономических показателей бизнеса обеспечивают стратегическое развитие и конкурентную устойчивость предприятий, что обуславливает необходимость разработки эффективного адаптационного механизма предприятий. Это связано, в первую очередь, со стремлением к конкурентоустойчивости хозяйствующих субъектов, развитием научно-технического прогресса, учетом потребностей потребительского рынка, конъюнктуры рынка.

Как правило, процесс управления процессами организационных изменений направлен на реализацию стратегии с учетом использования эффективных механизмов в планировании, системе мотивации, процессов производственного и финансового менеджмента (рис. 1). В этом заключается актуальность проблемы формирования

и развития механизма управления эффективностью организационных преобразований.

Цель исследования – разработка механизма управления эффективностью организационных преобразований в бизнесе с обоснованием выбора оценочных инструментов, необходимых в обосновании целесообразности перемен в организации.

Для достижения цели представляется необходимо выделить следующие задачи исследования:

- анализ характеристик и эффективных технологий организационных преобразований;
- обоснование модели комплексного механизма управления организационными изменениями;
- применение практико-ориентированной модели механизма управления эффективностью организационных преобразований.



Рис. 1. Комплексный механизм управления процессами организационных изменений

Теоретическое значение исследования заключается в анализе теоретического обоснования модели комплексного механизма управления организационными изменениями.

Практическое значение исследования определяется формированием и обоснованием практико-ориентированной модели механизма управления эффективностью организационных преобразований.

Материалы и методы исследования

Теоретические методы исследования включают в себя анализ важных характеристик организационных преобразований, отбор и систематизацию ключевых особенностей, значимых для построения методической модели, а также синтез для выстраивания практически ориентированных моделей.

Практические методы исследования включают в себя наблюдение для контроля эффективности применения инструментов организационных преобразований, анализ деятельности предприятий, являющихся объектами эксперимента; опрос и анкетирование для подтверждения эффективности используемых экспериментальных методов.

Экспериментальная часть данного исследования проводилась на базе АО «Кыштымский радиозавод».

В части применения основных положений исследования в учебном процессе экспериментальная часть данного исследования проводилась на базе Уральского филиала Финансового университета при Правительстве Российской Федерации. В эксперименте принимали участие преподаватели и студенты, обучающиеся по направлениям «Экономика», «Менеджмент» и «Государственное и муниципальное управление».

Результаты исследования и их обсуждение

В условиях постоянно меняющихся факторов среды бизнеса возрастает необходимость в адекватных организационных преобразованиях. Что является важнейшим условием развития современной организации? Ответ на этот вопрос становится очевидным в динамично меняющейся окружающей бизнес-среде: гибкость и адаптация к потребностям рынка. Кроме того, помимо умения приспособиться к постоянно меняющимся факторам прямого и косвенного воздействия внешней среды, конкурентоспособная организация обладает ещё одним важным свойством – прогнозированием. Только умение предвидеть, предугадать, просчитать, и в конечном счёте опередить,

даст возможность организации получить устойчивую конкурентоспособность и уверенность в завтрашнем дне.

С точки зрения адаптации бизнеса к потребностям внешней среды, организационные преобразования ориентируют компании на адекватную оценку имеющегося у них потенциала, формирование видения стратегических направлений своего развития. Это позволяет современному бизнесу объединить все имеющиеся ресурсы в решении приоритетных задач для сохранения жизнеспособности в условиях нарастающей конкуренции.

Процессы управления изменениями в организациях направлены на сопровождение инноваций, проектной деятельности, организационного развития, и это определяет, в первую очередь, отдельную, приоритетную сферу деятельности в системе управления организацией. Определение сущности организационных преобразований позволяет получить ответы на следующие ключевые вопросы (рис. 2):

– Что ожидает компанию в результате реализации организационных изменений?

– Каково содержание предстоящих перемен?

– Как будет выстроен процесс изменений по этапам?

Помимо прочих показателей эффективности деятельности организации, немаловажное значение имеют показатели эффективности проводимых перемен, таких как своевременность, адекватность и качество. Значительную долю в успехе проведения организационных перемен занимает степень риска. Как показывает статистика, не все результаты проведенных изменений являются удачными [1].

Учитывая степень риска в исходе организационных изменений, последние могут принести как позитивную, так и негативную составляющие в развитие бизнеса. Таким образом, сложно переоценить значимость процесса организационных преобразований, что позволяет выделять их в числе приоритетных. Среди наиболее актуальных направлений организационных преобразований можно выделить следующие [2, с. 47]:

– преобразования организационных структур управления, что может быть вызвано изменениями рыночных условий, появлением новых механизмов стратегического управления, развитием современных технологий управления и производства, изменениями в части экономических показателей хозяйствующего субъекта и т.д.;

– формирование эффективного механизма принятия стратегических решений.

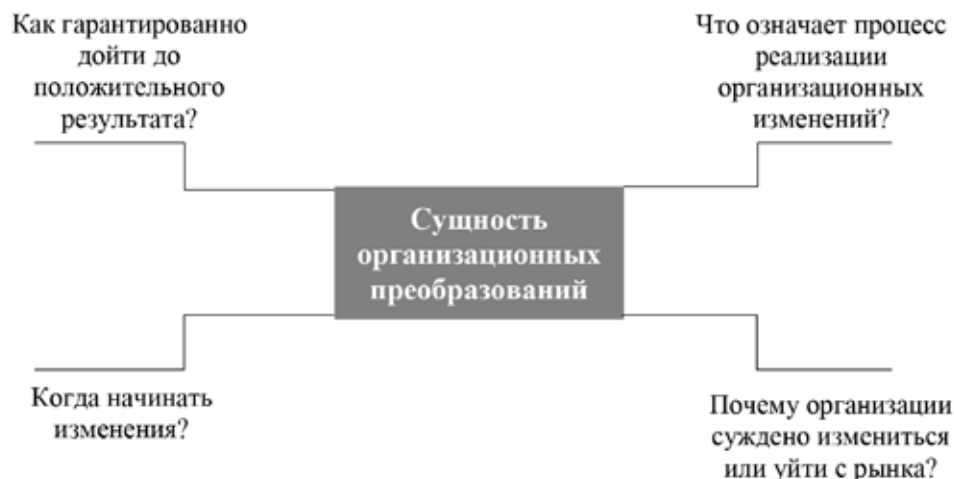


Рис. 2. Сущность организационных преобразований



Рис. 3. Основные взгляды на содержание перемен предприятия

Среди самых ответственных задач управления изменениями, безусловно, можно выделить такие, как стратегическое управление и управление структурными изменениями.

Существуют изменения, которые отличаются непредсказуемостью, повышают масштабность и сложность своей реализации [3]:

– реинжиниринг бизнес-процессов;

– реструктуризация организационных структур управления;

– проекты интеграции компаний (поглощение и слияние);

– реализация инновационных стратегий.

Исследования, проводимые в части содержания организационных перемен, по-

зволяют выделить следующие концепции и взгляды (рис. 3):

– эффект в количественном и качественном эквиваленте является итогом проведения организационных перемен;

– в общем виде объектом организационных перемен является предприятие и его структурные элементы, такие как организационная культура, организационно-правовая форма, концепция менеджмента организации, человеческие ресурсы, технологии производства и управления, продукт или услуга;

– основная цель проведения организационных перемен заключается в получении или увеличении экономических и социальных показателей деятельности предприятия;

– организационные изменения осуществляются с учетом процессного подхода и имеют содержательную сторону изменений.

Существует несколько подходов к реализации организационных преобразований, но в качестве наиболее эффективного практики выделяют системный подход, учитывая комплексность и динамику внешней и внутренней среды. Особенность системного подхода к реализации организационных изменений в бизнесе заключается в целевом развитии организационных структур управления, человеческих ресурсов и корпоративной культуры. В этом случае предполагается внедрение процессного подхода к управлению с выделением и оптимизацией бизнес-процессов, оптимизация технологических процессов и аутсорсинг [4].

Выделение причин проведения организационных изменений позволит получить более детальное представление о сущности процесса организационных преобразований.

Причины внедрения процессов организационных изменений:

– воздействие факторов внешней среды на деятельность организации;

– внесение корректив в целевые ориентации организации;

– задачи инновационного развития организации.

В системе управления цели преобразований в бизнесе тесно взаимосвязаны и взаимозависимы, в частности, это [5]:

– адаптация к переменам основных факторов прямого и косвенного воздействия внешней среды (приспособление к внешней среде стратегии и концепции бизнеса, организационной структуры управления, производственной технологии, ресурсной базы и т.д.);

– изменения во внутренней среде компаний (проекты, связанные с реорганиза-

цией и реструктуризацией организаций, формирование ключевых компетенций бизнеса, внедрение процессного подхода к управлению).

К осознанию необходимости и внедрению организационных перемен бизнес-компании реагируют по-разному. В большей степени это зависит от ряда факторов, связанных с HR-менеджментом. Так, если подбор персонала осуществляется в организацию с ориентацией преимущественно на исполнительность по узкому кругу должностных функций, сдержанность инициативы, креативного подхода в принятии управленческих решений, то это препятствует динамичности и гибкости организации, снижает скорость реагирования на необходимость организационных перемен [6]. Здесь следует сделать акцент на необходимости формирования корпоративной культуры, способной поощрять инициативу и творчество сотрудников, развитие инновационной деятельности. Успех реализации организационных преобразований зависит также от стадии жизненного цикла организации. На этапе становления, как правило, организация подчинена общей закономерности. Вновь образованная компания, которая нашла свою рыночную нишу, сталкивается с подражанием подобному себе бизнесу. Здесь важно исходить из своих сильных сторон – это лучший путь снизить риски и добиться успеха. А значит, нужны перемены, которые позволят организации соответствовать сложившейся рыночной ситуации. И ещё важный момент: своевременность проведения организационных перемен. Важно не пропустить тот момент, когда перемены в организации назрели. Как показывает практика, зачастую эта ошибка имеет место быть, своевременное начало перемен в организации запаздывает. И это приводит к снижению показателей эффективности и активности компаний [7].

Таким образом, внедрение представленного в статье механизма управления эффективностью организационных преобразований раскрывает резервные возможности предприятия для организационного развития.

Заключение

В статье предложена схема разработки эффективного адаптационного механизма бизнеса, результат которой направлен на увеличение рыночной стоимости, возрастание экономических показателей бизнеса, что обеспечивает стратегическое развитие и конкурентную устойчивость предприятий.

Применение основных положений исследования в учебном процессе направлено

на развитие профессиональных компетенций студентов управленческого и экономического профиля.

Список литературы

1. Коваленко Б.Б., Гусарова Т.И. Геймификация как инструмент принятия управленческих решений // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. 2020. № 1. С. 103-111.
2. Резник С.Д., Анискин Ю.П., Кондратьев Э.В. Управление изменениями в современных компаниях: монография. М.: Инфра-М, 2019. 64 с.
3. Архипова Л.И., Медведева Л.Ф. Современные инструменты бизнес-анализа как фактор повышения эффективности управления изменениями // Научные труды Республиканского института высшей школы. Философско-гуманитарные науки. 2022. № 21. С. 83-89.
4. Блинов А.О., Угрюмова Н.В. Управление изменениями: учебник для бакалавров. М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2020. 304 с.
5. Харьковский Р.Г., Воробьева Н.В., Конопелько Е.Р. Принятие решений в процессе реализации стратегии управления изменениями // Вестник Луганского государственного университета имени Владимира Даля. 2021. № 1 (43). С. 139-146.
6. Шермет М.А. Управление изменениями. М.: Дело АНХ, 2020. 128 с.
7. Фламгольц Э., Рэндл И. Управление стратегическими изменениями: от теории к практике. М.: Эксмо, 2021. 320 с.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 004.93'12
DOI 10.17513/snt.39865

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ С ИНТРОСКОПА

Михалев А.С., Кулаков Е.Д., Меньшенин А.Н., Кузнецов А.С.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: asmikhalev@yandex.ru,
eg.2015j@yandex.ru, menshenin-2001@mail.ru, askuznetsov@sfu-kras.ru

Статья содержит обзор существующих методов и технологий детектирования и реконструкции потенциально опасных объектов в видеопотоке рентгеновских изображений с интроскопа. Для решения задачи детектирования объектов на изображениях на сегодняшний день наиболее эффективной технологией является аппарат нейронных сетей. В результате проведенного литературного обзора было найдено большое количество исследований, в которых для задачи обнаружения опасных предметов используются различные модели детектирования объектов. В большинстве случаев в статьях для задачи обнаружения объектов применяются «классические» нейросетевые модели: Faster R-CNN, SSD и YOLO. Представленные в статье модели показывают достаточно высокие значения по указанным метрикам. Для класса «Взрывные устройства» был найден только один набор данных, которого нет в открытом доступе. Данный набор включает в себя только три компонента для сбора взрывного устройства, при условии, что на сегодняшний момент существует большое число как взрывчатых веществ, так и различных подручных материалов для их сбора. Что касается проблемы 3D-реконструкции, на данный момент существует множество решений для реконструкции единичных объектов, восстановление множества объектов встречается заметно реже. Существующие подходы различаются форматом представления результатов реконструкции: воксели, полигоны и облака точек. Для задачи реконструкции опасных предметов на кадрах, получаемых с интроскопа, наиболее подходящим является воксельное представление из-за его способности точно передавать внутреннюю структуру объекта, а также из-за относительной простоты при обработке и анализе данных. Облака точек также могут быть полезными для детального анализа отдельных объектов, но для быстрой реконструкции на основе данных с интроскопа может оказаться менее эффективным, чем воксельное представление. Перевод изображений с интроскопа в полигональные модели является более сложной задачей, особенно при нечеткости и перекрытии объектов в багаже и ручной клади.

Ключевые слова: интроскоп, опасные предметы, обнаружение опасных предметов, 3D-представление опасных предметов, интеллектуальная система поддержки принятия решений, искусственный интеллект

Данное исследование выполнено за счет гранта Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках конкурса научно-технических и инновационных проектов, направленных на развитие сферы железнодорожного транспорта на территории Красноярского края, № 2023032509756.

METHODS AND TECHNOLOGIES FOR DETECTING POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS IN A VIDEO STREAM FROM INTROSCOPE

Mikhalev A.S., Kulakov E.D., Menshenin A.N., Kuznetsov A.S.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: asmikhalev@yandex.ru,
eg.2015j@yandex.ru, menshenin-2001@mail.ru, askuznetsov@sfu-kras.ru

The article contains a survey of existing methods and technologies of detection and reconstruction of potentially dangerous objects in the video stream of x-ray images from the introscope. To solve the problem of detecting objects in images, the most effective technology today is the neural network apparatus. As a result of the literature review, a large number of studies were found in which different object detection models are used for the problem of detecting dangerous objects. In most cases, the articles use “classical” neural network models for the task of object detection: Faster R-CNN, SSD, and YOLO. The models presented in the articles show quite high values for the mentioned metrics. For the Explosive Devices class, only one dataset was found that is not in the public domain. This dataset contains only three components to assemble an explosive device, as there are currently a large number of both explosives and various improvised materials to assemble them. Regarding the 3D reconstruction problem, there are currently many solutions for single object reconstruction, but reconstruction of multiple objects is much less common. Existing approaches differ in the representation format of the reconstruction results: voxels, polygons, and point clouds. For the task of reconstructing dangerous objects on the images received by the Introscope, the voxel representation is the most suitable.

Keywords: introscope, dangerous objects, detection of dangerous objects, 3D representation of dangerous objects, intelligent decision support system, artificial intelligence

This research was carried out at the expense of a grant from the Krasnoyarsk Regional Fund for the Support of Scientific and Scientific-Technical Activities within the framework of a competition of scientific, technical and innovative projects aimed at developing the sphere of railway transport in the Krasnoyarsk Territory, No. 2023032509756.

Досмотр багажа – одна из основных мер обеспечения таможенной безопасности. Основным инструментом досмотра багажа является интроскоп, который с помощью рентгеновских лучей делает снимок содержимого сумки. В дальнейшем этот снимок проверяется сотрудником отдела безопасности на наличие запрещенных предметов. Данная мера предосторожности используется практически на всех крупных КПП Российской Федерации, так как это один из самых быстрых и эффективных способов досмотра.

На данный момент можно выделить две основные проблемы, которые могут возникнуть при досмотре багажа. Во-первых, при анализе видеопотока с интроскопа возможны человеческие ошибки. Операторы интроскопа, хоть и являются профессионалами и справляются с работой, но никто не застрахован от ошибок. Нагромождение сумок также отрицательно влияет на время принятия решения и эффективность обнаружения. В вопросах безопасности цена совершения ошибок чрезвычайно высока. Кроме того, подготовка специалиста может стоить много времени и денег. Второй проблемой при досмотрах является время: чем качественнее досмотр, тем больше на него уходит времени. При большом потоке пассажиров просто невозможно совершить качественный и быстрый досмотр.

В рамках стратегии транспорта Российской Федерации до 2030 г. [1] были утверждены принципы обеспечения безопасности на транспорте и транспортной безопасности, которые направлены на решение широкого спектра задач транспортного комплекса. Они включают в себя развитие систем автоматизации процедур досмотра пассажиров, используя новейшие технологии, технические средства, цифровизацию и системы искусственного интеллекта, для ускорения процессов досмотра, повышения удобства для пассажиров, а также с целью повышения вероятности обнаружения запрещенных предметов и веществ.

На сегодняшний день подавляющее большинство функционирующих на вокзалах интроскопов не имеют интеллектуальных функций обнаружения запрещенных предметов. Лишь только часть производителей начинают внедрять данный функционал в свое оборудование. Однако их решение может работать только с определенным типом интроскопов. В связи с этим возникает необходимость разработки универсального решения, которое позволит работать с любым типом оборудования.

В рамках данной статьи будут рассмотрены существующие достижения в об-

ласти автоматизации процесса обнаружения опасных предметов на видеопотоке с интроскопа.

Обзор существующих подходов к обнаружению опасных предметов

Для решения задачи детектирования объектов на изображениях на сегодняшний день наиболее эффективной технологией является аппарат нейронных сетей. В результате проведенного литературного обзора было найдено много разных статей, в которых для задачи обнаружения опасных предметов используются различные модели детектирования объектов.

В статье [2] авторы сравнивали модели SSD-InceptionV2, Faster R-CNN-ResNet101, Faster R-CNN-ResNet152, Faster R-CNN-InceptionResNetV2. Для исследования был собран собственный набор данных, состоящий из следующих категорий объектов (жидкости/аэрозоли/гели, острые предметы, тупые предметы, огнестрельное оружие). Наилучший результат показала модель Faster-RCNN-InceptionResNetV2 со значением метрики mAP 0,941. Для холодного оружия значение метрики AP равно 0,818, для огнестрельного оружия – 0,962).

В статье [3] используется модифицированная версия архитектуры Faster R-CNN с целью улучшения детекции объектов на изображениях путем учета и адаптации к сложному фону. Эта модификация призвана бороться с проблемой, когда объекты могут затеряться на сложном фоне, что может привести к неверным детекциям или потере объектов. Для исследования был использован набор данных с категориями: жидкости/аэрозоли/гели, острые предметы, тупые предметы, огнестрельное оружие. Для холодного оружия значение метрики AP равно 0,914, для огнестрельного оружия – 0,986.

Еще одно исследование [4] посвящено сравнению моделей Faster R-CNN, R-FCN и SSD с разными сверточными моделями (backbone network). Для исследования был выбран набор данных SiXray [5], содержащий 1,059,231 изображений для следующих классов: пистолет, нож, гаечный ключ, плоскогубцы, ножницы, молоток. Для класса оружие лучший результат показала модель R-FCN-ResNet101 (значение метрики AP равно 0.973), для класса нож – SSD-InceptionV2 (AP 0,891).

Результаты распознавания взрывных устройств приведены в статье [6]. В данной работе авторами был собран свой набор данных изображения копий элементов для изготовления самодельных взрывных устройств (датасет IEDXray), который включал 1300 рентгеновских изображений (источни-

ки питания, провода, взрыватель). Для детектирования объектов сравнивались модели Faster R-CNN, SSD и R-FCN с разными классификаторами. Для увеличения точности детектирования применялась техника переноса обучения (transfer learning) и аугментация. Наибольшую точность показала модель Faster R-CNN ResNet-101 со значением метрики mAP 0,7729.

В статье [7] для распознавания опасных объектов была использована модель YOLO v3. В данной статье авторы использовали набор данных датасет IEDXray. В результате обучения была достигнута средняя точность mAP равная 0,524.

В статье [8] авторы исследовали разные версии алгоритма YOLO: YOLOv2, YOLOv3, YOLOv4 и YOLO-T. Для исследования авторы использовали открытый расширенный набор данных GDXray [9], включающий в себя следующие классы: нож, ножницы, пистолет и разные виды гранат (4 типа). Наилучший результат по метрике mAP показала модель YOLO-T (0,9773).

В статье [10] авторы сравнивали модели YOLOv5, SSD и FCOS. Одна из проблем обнаружения объектов в сумках связана с тем, что, если в багаже много предметов, они могут перекрывать друг друга на рентгеновском изображении, что, соответственно, затрудняет их идентификацию. Для борьбы с данной проблемой авторы используют модуль латерального подавления (LIM), который устраняет влияние шумных соседних областей на области интереса объектов и активизирует границы объектов, усиливая их контрастность. Исследование проводилось на двух наборах данных NiXray (портативное зарядное устройство, мобильный телефон, ноутбук, планшет, косметика, вода, зажигалка), включающий порядка 100 000 снимков и OPIXray (складной нож, нож, ножницы, канцелярский нож, швейцарский нож) [11]. Наилучшая средняя точность была получена для модели YOLOv5+LIM: mAP 0,832 для набора данных NiXray и mAP 0,906 для набора данных OPIXray (для холодного оружия значение метрики AP равно 0,776).

В статье [12] авторы сравнивают две архитектуры сверточных нейронных сетей для задачи детектирования объектов: Cascade R-CNN и FreeAnchor. Для апробации были использованы наборы данных SIXray и OPIXray. Результаты апробации показали превосходство архитектуры FreeAnchor как по уровню точности (mAP 0,877 и 0,858), так и по скорости обработки данных. Для набора данных SIXray получено значение метрики AP равное 0,81 для холодного оружия и AP 0,898 для огнестрель-

ного оружия, для набора данных OPIXray значение метрики AP 0,746 для холодного оружия.

В статье [13] авторы предложили новую улучшенную версию алгоритма Mask R-CNN. Mask R-CNN – улучшенная версия алгоритма Faster R-CNN, разработанная для решения задачи сегментации. В Mask R-CNN к традиционным для алгоритмов семейства R-CNN метке класса и координатам ограничивающей рамки добавляется также маска объекта – прямоугольная матрица принадлежности пикселя текущему объекту. Ключевым элементом Mask R-CNN является использование RoIAlign. В качестве основной сети, служащей для извлечения признаков из поступающего на вход изображения, используется FPN (Feature Pyramid Networks). FPN представляет собой структуру, которая генерирует пирамиду признаков на разных масштабах, позволяя нейронной сети работать с объектами разного размера. Это достигается путем создания серии сверточных слоев, каждый из которых работает на разных уровнях разрешения, и затем объединяет их вместе посредством нисходящего пути. Оптимизация процесса извлечения признаков выполняется путем добавления дополнительного пути «снизу вверх», который преобразует низкоуровневые признаки обратно в высокоуровневые признаки для избежания потери информации. Среди других улучшений для данной задачи является поиск отрицательных примеров в реальном времени. Для этого полученные области интереса (ROI) подаются в OHEM-модуль, который отбирает для дальнейшего обучения только области с наибольшими потерями. Для устранения погрешности разметки дополнительно используется оператор Собеля для обнаружения краев. Предложенная модель сравнивалась с моделями Faster R-CNN, SSD и YOLOv3. Предложенная модель позволяет решать ряд возможных проблем, связанных с неправильным размещением, окклюзиями и перекрытиями, а также маленьким размером. В качестве исходных данных использовалась выборка из набора данных SIXray, которая состояла из порядка 7000 рентгеновских снимков. Средняя точность mAP разработанного решения составляет 0,924. Для холодного оружия значение метрики AP равно 0,836, для огнестрельного оружия – 0,967.

В результате проведенного литературного обзора можно следующие выводы. Для классов «Холодное оружие» и «Огнестрельное оружие» найдено большое количество статей, представляющих собой результаты исследования нейронных сетей на различных открытых наборах данных.

В большинстве случаев в статьях для задачи обнаружения объектов применяются «классические» нейросетевые модели: Faster R-CNN, SSD и YOLO. Представленные в статьях модели показывают достаточно высокие значения по указанным метрикам. Для класса «Взрывные устройства» был найден только один набор данных, которого нет в открытом доступе. Данный набор включает в себя только три компонента для сбора взрывного устройства, при условии, что на сегодняшний момент существует большое число как взрывчатых веществ, так и различных подручных материалов для их сбора.

Обзор существующих подходов к решению задачи 3D-реконструкции объектов

На данный момент существует множество разных подходов к решению задачи реконструкции трехмерной структуры объектов. Однако фактически нет работ, посвященных решению задачи генерации 3D-изображений содержимого багажа на основе 2D-изображений с разных проекций. В связи с этим далее будут рассмотрены подходы, которые можно адаптировать под текущую задачу.

Существующие подходы в основном используют похожие принципы работы и полагаются либо на аппаратные и математические инструменты, либо на применение искусственных нейронных сетей. Способ представления результатов при этом может быть разным. Наиболее распространенными форматами представления 3D-объектов являются облака точек, полигональные сетки и воксели (рисунок).

Представление объектов в виде облака точек

Облако точек – это совокупность большого числа точек поверхности объектов в трехмерной системе координат. Классический способ реконструкции 3D-изображений объектов основан на применении сверточных нейронных сетей к одному RGB изображению. В статье [14] предложена глубокая нейронная сеть Point Set Prediction Network.

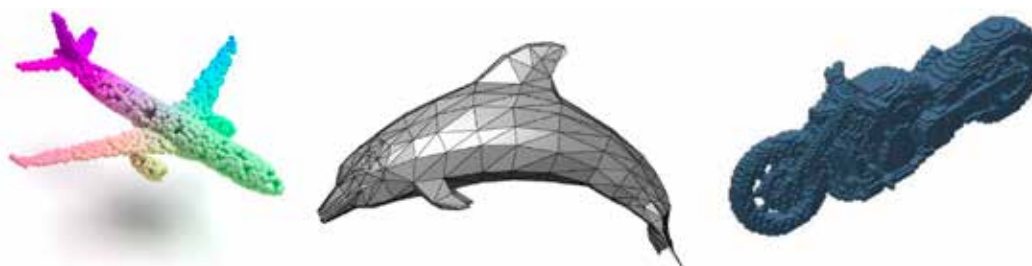
Данная модель включает в себя модули «encoder», «decoder» и «prediction». Операции «кодирования» и «декодирования» выполняются рекурсивно, что позволяет лучше сочетать глобальную и локальную информацию. «Predictor» использует две параллельные ветви: полносвязную нейронную сеть и «decoder». Полносвязная часть предсказывает сами точки, а «decoder» – 3-канальное изображение, где каждый пиксель представляет собой координаты точек. Их объединение представляет собой представление объекта в виде облака точек. Для обучения использовалась выборка из набора данных ShapeNet [15], которая состояла из 220 000 моделей и 2000 категорий объектов.

В работе [16] для реконструкции 3D-изображений был предложен подход на основе сверточной нейронной сети и метода свободной деформации. Данный метод позволяет выполнять деформацию точек, полученных из высококачественной сетки, для представления объекта в виде облака точек. Для настройки метода авторами использовалось подмножество набора данных ShapeNet Core. Оценка предлагаемой структуры проводилась как на синтетических, так и на реальных данных. В рамках апробации алгоритм доказал свою конкурентоспособность.

В работе [17] для задачи реконструкции предлагается использовать модель вариационного автокодировщика, которая позволяет получать 3D-представление как с одной, так и по нескольким изображениям. 3D-изображение объекта получается на основе многоточечных силуэтов и карт глубины. Для обучения в работе был использован набор данных NYU-D [18].

Представление объектов в виде вокселей

Результат реконструкции объектов также можно представить в виде пространственной сетки, которая разбивает объем сцены на небольшие прямоугольные ячейки – воксели. Воксел – это аналог пикселя в трехмерном пространстве.



Примеры форматов представления 3D-объектов

Пример решения задачи преобразования 2D-изображения в воксельное представление представлен в статье [19]. В данной работе была предложена рекуррентная нейронная сеть 3D-R2N2. Данная модель состоит из 2D-кодировщика, 3D-сверточной сети долгой краткосрочной памяти и 3D-декодировщика. Данное решение способно выполнять реконструкцию объекта как по одному, так и по нескольким изображениям. Для обучения модели был собран набор данных 3D-моделей взятых из ShapeNet, PASCAL 3D [20] и Online Products [21].

В работе [22] для решения задачи 3D-реконструкции применяется проективная генеративная состязательная сеть PrGAN. Предложенная в статье генеративная модель позволяет создавать 3D-формы объектов, используя 2D-изображения этих объектов без каких-либо дополнительных аннотаций. Для этого в алгоритме используется генератор ракурса и модуль проекции. Модуль проекции позволяет получать информацию о базовом распределении трехмерных форм без использования какой-либо трехмерной информации. Для обучения были использованы 3D-модели, взятые из ModelNet [23] и ИКЕА [24].

В статье [25] был предложен метод Pix2Vox, основанный на концепции объединения кодировщика и декодировщика с использованием предварительного обучения сети VGG. Дальнейшим развитием данного решения стал Pix2Vox++ [26]. В данной версии метода была заменена нейронная сеть для извлечения признаков изображений, а также выполнена модификация контекстно-ориентированного слияния до мультиразмерного варианта, отличающегося наличием в оценочной сети остаточных связей для учета информации от слоев разной глубины.

Представление объектов в виде полигонов

Другая группа решений использует в качестве представления реконструированных объектов полигональную форму (меш). Как правило, такие методы полагаются на некий начальный примитив, вершины которого деформируются так, чтобы наиболее точно соответствовать форме объекта на изображении, что несколько ограничивает круг восстанавливаемых объектов.

В статье [27] предложено решение SurfNet на основе глубокой остаточной нейронной сети. Основной идеей подхода является генерация поверхности 3D-объекта за счет объединения различных представлений объекта в одно геометрическое изо-

бражение с учетом их формы и геометрии. Авторами для обучения была использована выборка из наборов данных ShapeNet и PASCAL 3D+.

В работе [28] применяется сверточная нейронная сеть для реконструкции 3D-модели по цветным изображениям и изображениям глубины. Предложенный подход сначала выполняет поиск похожего изображения глубины из обучающего набора полигональных форм. Далее выполняется деформация выбранной формы. На последнем этапе выполняется предсказание полной формы целевого объекта на основе деформированной формы и значения глубины. Для обучения был собран свой набор данных 3D-моделей, взятых из SHREC'12 [29], ShapeNetCore и PASCAL 3D+.

В статье [30] предложена сверточная нейронная сеть AtlasNet. В данном подходе процесс реконструкции поверхности объекта реализован по принципу атласа: форма объекта выводится из множества мелких 2D-примитивов (карт), представляющих собой единичные квадраты. Данное решение способно получать на вход как единичное изображение, так и облако точек. Особенностью же архитектуры является использование набора многослойных перцептронов, где каждый перцептрон отвечает за поведение одной карты. В процессе обучения сеть запоминает способ трансформации точек 2D-карт, который позволит сложить из них объект.

Распознавание объектов через подмену готовыми моделями

Можно выделить еще один подход к восстановлению сцены, который опирается на использовании заранее подготовленной базы данных с трехмерными моделями, которые подставляются на сцену вместо обнаруженного объекта. В этом случае понимание пространственной структуры объекта не требуется, достаточно научиться хорошо определять форму и внешний вид объекта, т.е. определить, к какому классу относится данный объект. Примером такого решения служит статья [31], в которой производится распознавание множества объектов по одному изображению. В основе архитектуры предлагаемой модели лежит детектор центральных точек объектов. Ключевая идея состоит в том, чтобы найти все объекты на изображении и предсказать для них форму и 9D ограничивающую рамку (3D-положение, 3D-вращение, 3D-масштаб). После чего для каждого объекта необходимо предсказать индекс трехмерной модели из базы данных, которая лучше всего подходит форме, и поместить ее на сцене, выровняв в со-

ответствии с предсказанной рамкой. Это позволяет получить наиболее качественный результат с визуальной точки зрения. Все работает хорошо до тех пор, пока объекты в кадре соответствуют моделям в базе данных. В противном случае на место объекта будет поставлена одна из моделей, даже если она на самом деле слабо на него похожа. Кроме того, базу объектов необходимо хранить и обслуживать, что вносит дополнительные расходы.

Заключение

В свете растущих требований к безопасности, особенно в транспортных узлах, таких как аэропорты и железнодорожные станции, возрастает необходимость в более детализированном анализе содержимого багажа и грузов. В связи с программой импортозамещения в России и отсутствием программных систем автоматического обнаружения потенциально опасных объектов, которые поставляются без соответствующего оборудования, возможным решением является разработка универсальной программной системы, которая позволит работать с различными моделями интроскопов, что обеспечит широкий охват потенциальных пользователей и сценариев применения. Данная система должна позволять обнаруживать опасные предметы и создавать трехмерное представление опасных предметов на основе двумерных проекций. 3D-моделирование на основе данных видеопотока с рентгеновской установки позволяет получить более детализированное представление о внутренней структуре объекта, что может способствовать лучшему выявлению запрещенных или опасных предметов.

В рамках данной статьи был проведен литературный обзор исследований в области автоматического обнаружения опасных предметов на изображениях, получаемых с интроскопа и 3D-реконструкции объектов. На основании этого обзора можно сделать несколько выводов относительно будущих направлений в области разработки системы поддержки принятия решений по обнаружению потенциально опасных объектов в видеопотоке с интроскопа. В открытом доступе отсутствуют большие, хорошо сбалансированные наборы данных, содержащие основные классы опасных предметов (оружие, взрывчатые вещества и взрывные устройства). Таким образом, во-первых, стоит задача сбора собственного набора данных для указанных классов опасных предметов. Во-вторых, в большинстве статей для решения данной задачи применяются «классические» подходы к решению задачи обнаружения объектов. В рамках создания

собственного алгоритма требуется провести исследование современных нейросетевых архитектур, таких как EfficientDet [32], M2Det [33], CornerNet [34], DetectoRS [35] и новые версии YOLO [36].

Что касается задачи 3D-реконструкции, на данный момент существует множество решений для реконструкции единичных объектов, восстановление множества объектов встречается заметно реже. Существующие подходы различаются форматом представления результатов реконструкции: воксели, полигоны и облака точек. Для задачи реконструкции опасных предметов на кадрах, получаемых с интроскопа, наиболее подходящим является воксельное представление из-за его способности точно передавать внутреннюю структуру объекта, а также из-за относительной простоты при обработке и анализе данных. Облака точек также могут быть полезными для детального анализа отдельных объектов, но для быстрой реконструкции на основе данных с интроскопа могут оказаться менее эффективными, чем воксельное представление. Перевод изображений с интроскопа в полигональные модели является более сложной задачей, особенно при нечеткости и перекрытии объектов в багаже и ручной клади.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23.05.2020 № 1388-р. 52 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://customs.gov.ru/activity/programmy-razvitiya/strategiya-razvitiya-fts-rossii-do-2030-goda> (дата обращения: 30.09.2023).
2. Liang K.J., Sigman J.B., Spell G.P. and others. Toward automatic threat recognition for airport X-ray baggage screening with deep convolutional object detection // arXiv preprint arXiv:1912.06329. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/1912.06329> (дата обращения: 30.09.2023).
3. Sigman J.B., Spell G.P., Liang K.J. and others. Background adaptive faster R-CNN for semi-supervised convolutional object detection of threats in x-ray images // Anomaly Detection and Imaging with X-Rays Vol. 2020. P. 5. DOI: 10.1117/12.2558542.
4. Wang R., Wu S., Lan Y. Object Detection in X-ray Images [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/sfucspmp/object-detection-in-x-ray-images-414a4fb06dff> (дата обращения: 30.09.2023).
5. Miao C., Xie L., Wan F., Su C., Liu H., Jiao J. & Ye Q. (2019). Sixray: A large-scale security inspection x-ray benchmark for prohibited item discovery in overlapping images // In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2019. C. 2119–2128. DOI: 10.48550/arXiv.1901.00303.
6. Galvez R.L., Dadios E.P., Bandala A., Vicerra R.R.P. Object Detection in X-ray Images Using Transfer Learning with Data Augmentation // International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology. 2019. P. 2147–2153. DOI: 10.18517/ijaseit.9.6.9960.
7. Galvez R.L., Dadios E.P., Bandala A., Vicerra R.R.P. YOLO-based Threat Object Detection in X-ray Images // International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, En-

- vironment, and Management. 2019. P. 1–5. DOI: 10.1109/HNICEM48295.2019.9073599.
8. Wang M., Yang B., Wang X., and others. YOLO-T: Multitarget Intelligent Recognition Method for X-ray Images Based on the YOLO and Transformer Models // *Applied Sciences*. 2022. № 12. P. 1–18. DOI: 10.3390/app122211848.
9. Mery D., Riffo V., Zscherpel U. and others. GDXray: The database of X-ray images for nondestructive testing // *Journal of Nondestructive Evaluation*. 2015. T. 34, № 4. P. 42.
10. Tao R., Wei Y., Jiang X. and others. Towards real-world X-ray security inspection: A high-quality benchmark and lateral inhibition module for prohibited items detection // *Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision*. 2021. P. 10923–10932.
11. Wei Y., Tao R., Wu Z., Ma Y., Zhang L., Liu X. Occluded prohibited items detection: An x-ray security inspection benchmark and de-occlusion attention module // *Proceedings of the 28th ACM international conference on multimedia*. 2020. P. 138–146.
12. Webb T.W., Bhowmik N., Gaus Y.F.A. & Breckon T.P. Operationalizing convolutional neural network architectures for prohibited object detection in x-ray imagery // *2021 20th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)*. IEEE, 2021. P. 610–615.
13. Zhang J., Song X., Feng J., Fei J. X-Ray Image Recognition Based on Improved Mask R-CNN Algorithm // *Mathematical Problems in Engineering*. 2021. № 2. P. 1–14. DOI: 10.1155/2021/6544325.
14. Fan H., Su H., Guibas L. A Point Set Generation Network for 3D Object Reconstruction from a Single Image // *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2017. P. 1–12. DOI: 10.1109/CVPR.2017.264.
15. Chang A.X., Funkhouser T., Guibas L. and other Shapenet: An information-rich 3d model repository // *arXiv preprint arXiv:1512.03012*. 2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/1512.03012v1> (дата обращения: 30.09.2023).
16. Jack D., Pontes J.K., Sridharan S., and others. Learning free-form deformations for 3D object reconstruction // *Asian Conference on Computer Vision*. 2018. P. 1–16. DOI: 10.1007/978-3-030-20890-5_21.
17. Soltani A.A., Huang H., Wu J. and others. Synthesizing 3D Shapes via Modeling Multi-view Depth Maps and Silhouettes with Deep Generative Networks // *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2017. P. 2511–2519. DOI: 10.1109/CVPR.2017.269.
18. Silberman N., Hoiem D., Kohli P. and Fergus R. Indoor Segmentation and Support Inference from RGBD Images // *European Conference on Computer Vision*. 2012. P. 746–760. DOI: 10.1007/978-3-642-33715-4_54.
19. Choy C.B., Xu D., Gwak J. and others. 3D-R2N2: A Unified Approach for Single and Multi-view 3D Object Reconstruction // *European Conference on Computer Vision*. 2016. P. 1–17. DOI: 10.1007/978-3-319-46484-8_38.
20. Xiang Y., Mottaghi R., Savarese S. Beyond PASCAL: A benchmark for 3D object detection in the wild // *Winter Conference on Applications of Computer Vision*. 2014. P. 75–82. DOI: 10.1109/WACV.2014.6836101.
21. Song H.O., Xiang Y., Jegelka S., Savarese S. Deep Metric Learning via Lifted Structured Feature Embedding // *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2015. P. 4004–4012. DOI: 10.1109/CVPR.2016.434.
22. Gadelha M., Maji S., Wang R. 3D Shape Induction from 2D Views of Multiple Objects // *International Conference on 3D Vision (3DV)*. 2017. P. 402–411. DOI: 10.1109/3DV.2017.00053.
23. Wu Z., Song S., Khosla A. and others. 3D ShapeNets: A Deep Representation for Volumetric Shape Modeling // *Computer Vision and Pattern Recognition*. 2015. P. 1912–1920. DOI: 10.48550/arXiv.1406.567.
24. Lim J.J., Pirsiavash H., Torralba A. Parsing IKEA Objects: Fine Pose Estimation // *International Conference on Computer Vision*. 2013. P. 1–8. DOI: 10.1109/ICCV.2013.372.
25. Haozhe X., Hongxun Y., Xiaoshuai S., Shangchen Z., Shengping Z. Pix2Vox: Context-aware 3D Reconstruction from Single and Multi-view Images // *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*. 2019. P. 2690–2698.
26. Xie H. and others. Pix2Vox++: Multi-scale context-aware 3D object reconstruction from single and multiple images // *International Journal of Computer Vision*. 2020. T. 128. № 12. C. 2919–2935.
27. Sinha A., Unmesh A., Huang Q., Ramani K. SurfNet: Generating 3D shape surfaces using deep residual networks // *Computer Vision and Pattern Recognition*. 2017. P. 1–10. DOI: 10.48550/arXiv.1703.04079.
28. Rock J., Gupta T., Thorsen J., Gwak J., Shin D., and Hoiem D. Completing 3d object shape from one depth image // *In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2015. P. 2484–2493.
29. Shin D., Fowlkes C.C., Hoiem D. Pixels, Voxels, and Views: A Study of Shape Representations for Single View 3D Object Shape Prediction // *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2018. P. 3061–3069. DOI: 10.1109/CVPR.2018.00323.
30. Groueix T., et al. A papier-mache approach to learning 3d surface generation // *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2018. C. 216–224.
31. Engelmann F., et al. From points to multi-object 3D reconstruction // *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2021. P. 4588–4597.
32. Tan M., Pang R., Le Q.V. Efficientdet: Scalable and efficient object detection // *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*. 2020. P. 10781–10790.
33. Zhao Q., Sheng T., Wang Y., Tang Z., Chen Y., Cai L., & Ling H. M2det: A single-shot object detector based on multi-level feature pyramid network // *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*. 2019. T. 33, № 01. P. 9259–9266.
34. Law H., Deng J. Cornernet: Detecting objects as paired keypoints // *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)*. 2018. P. 734–750.
35. Qiao S., Chen L.C., Yuille A. Detectors: Detecting objects with recursive feature pyramid and switchable atrous convolution // *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*. 2021. P. 10213–10224.
36. Terven J., Cordova-Esparza D. A comprehensive review of YOLO: From YOLOv1 and beyond. *arXiv 2023* // *arXiv preprint arXiv:2304.00501*. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/2304.00501> (дата обращения: 30.09.2023).

УДК 681.5.08

DOI 10.17513/snt.39866

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛЬНОСТИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Сентяй Р.Н., Капустин Д.А., Швыров В.В.

ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», Луганск,
e-mail: sentyayroman@yandex.ru.

Одним из привлекательных видов топлива ввиду его характеристик является водоугольное топливо, в том числе получаемое путем переработки отходов углеобогащения. На сегодняшний день существует ряд качественно не решенных задач, ограничивающих широкое применение водоугольных суспензий в сфере энергетики. Одной из таких задач является определение зольности водоугольного топлива. Решение данной задачи позволит обеспечить стабильную работу энергетических котлоагрегатов на водоугольном топливе, в том числе получаемом из отходов углеобогащения. В целом эффективная переработка угольных отходов также может снизить их негативное влияние на экологию. В ходе проведенных экспериментов по определению зольности водоугольного топлива была предложена конструкция вихретокового преобразователя и схема обработки сигнала. В результате обработки экспериментальных данных и основываясь на результатах анализа материалов по изучению электрических свойств водоугольного топлива, установлена возможность определения зольности водоугольного топлива методом вихревых токов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что предложенная конструкция вихретокового преобразователя и схема предварительной обработки сигнала может быть использована для определения качественного состава водоугольного топлива, что даст возможность проектировать автоматизированные системы управления энергетическими котлоагрегатами.

Ключевые слова: водоугольное топливо, вихретоковый метод, проходной вихретоковый преобразователь, отходы угольного обогащения, измерительная обмотка, компенсационная обмотка

USING THE EDDY CURRENT METHOD TO DETERMINE THE ASH CONTENT OF COAL-WATER FUEL

Sentyay R.N., Kapustin D.A., Shvyrov V.V.

Luhansk State Pedagogical University, Luhansk, e-mail: sentyayroman@yandex.ru

One of the attractive types of fuel, due to its characteristics, is coal-water fuel, including those obtained by processing coal processing waste. Today, there are a number of qualitatively unsolved problems that limit the widespread use of coal-water suspensions in the energy sector. One of these tasks is to determine the ash content of coal-water fuel. Solving this problem will ensure stable operation of power boilers using water-coal fuel, including that obtained from coal preparation waste. In general, efficient recycling of coal waste can also reduce its negative impact on the environment. As a result of the processing of experimental data and based on the results of the analysis of the data on the study of the electrical properties of the coal-water fuel, the possibility of determining the ash content of coal-water fuel by the method of eddy currents has been established. The results obtained indicate that the proposed eddy current converter design and the signal preprocessing scheme can be used to determine the qualitative composition of coal-water fuel, which will make it possible to design automated control systems for power boilers.

Keywords: coal-water fuel, eddy current method, through-pass eddy current converter, coal enrichment waste, measuring winding, compensation winding

Развитие современных методов обработки данных позволяет проводить измерения электронными измерительными системами с высокой разрешающей способностью за короткий промежуток времени, что позволяет повышать скорость реагирования автоматизированных систем управления. Изучение методов использования электромагнитных воздействий на различные виды топлива позволяет проводить исследования их электрических свойств и представляет как научный, так и практический интерес ввиду возможности разработки автоматизированных комплексов и систем в сфере энергетики. Одним из привлекательных на сегодня видов топлива, ввиду ряда его характеристик, является водоугольное топливо (ВУТ) [1, 2]. Однако по сей день ка-

чественно не решена задача низкой реакционной способности водоугольного топлива на начальном участке горения.

Актуальность тематики работы обусловлена возможностями использования отходов обогащения угля в энергетических котлоагрегатах ввиду выгоды как с экономической точки зрения, так и за счет возможности решения задач, связанных с утилизацией отходов угольного обогащения [3, 4]. При использовании в качестве топлива отходов углеобогащения в виде водоугольной суспензии возникает ряд проблем, связанных с ее неоднородной структурой, из-за присутствия негорючих примесей, а следовательно, и процесс горения такого топлива будет нестабилен. Повысить стабильность горения возможно за счет исполь-

зования электронных измерительных систем, на основании полученных с датчиков данных о его составе и последующем учете их в системе автоматизированного управления энергетическими котлоагрегатами.

Одним из перспективных методов для определения зольности водоугольного топлива является вихретоковый метод контроля.

Известно, что в зависимости от стадии метаморфизма угли обладают диэлектрическими, полупроводниковыми свойствами, антрациты являются проводниками [5]. Удельное электрическое сопротивление, измеренное для порошка, при нормальных условиях, составляет для каменных углей средней стадии метаморфизма 10^{10} – $2 \cdot 10^{10}$ Ом·см, для антрацитов – $5 \cdot 10^5$ – $2 \cdot 10^6$ Ом·см. Относительно магнитных свойств угли являются диамагнетиками, в то время как примеси обладают парамагнитными свойствами [5].

В зависимости от стадии метаморфизма, электропроводимость углей может варьироваться в широких пределах. Следует отметить, что значительное влияние на электропроводимость углей также оказывает влажность, содержание минеральных примесей, петрографического состава. Влияние этих факторов для углей различных стадий метаморфизма различно. Так, для бурых углей электропроводимость в значительной степени зависит от влажности, а для каменных углей и антрацитов большее влияние на электропроводимость оказывает содержание минеральных компонентов.

Анализ публикаций и литературы показал, что сведения об измерении зольности углей вихретоковым методом отсутствуют. Известны лишь немногочисленные данные о прямых измерениях электрических свойств водоугольных суспензий [6], способы измерения зольности угля в потоке, основанные на их диэлектрических свойствах [7], а также способы измерения, основанные на других физических принципах [8]. Все описанные способы определения зольности ВУТ обладают рядом недостатков, таких как необходимость учета сложного механизма формирования результирующего значения от большого количества параметров при методе прямого измерения [6], значительное влияние воды при определении зольности, основываясь на зависимости между диэлектрической проницаемостью и зольностью пробы [7], из-за влияния ряда факторов транспортируемой среды (водоугольного топлива), влияющих на точность показаний измерительных устройств [9].

Общеизвестно, что в электромагнитном поле происходят изменения, если в нем расположить электропроводный материал.

Такие изменения происходят благодаря возникновению в электропроводящем материале вихревых токов из-за его магнитной проницаемости, которая для углей приблизительно равна единице ($\mu \approx 1$ для всех углей независимо от их влажности и стадии метаморфизма) [10]. Следовательно, внесение угля в проходной вихретоковый преобразователь повлечет изменения электромагнитного поля внутри соленоидальной катушки, что неминуемо приведет к изменению электрических параметров во вторичной обмотке, в частности, наводимого напряжения. Такие изменения во вторичной обмотке вихретокового преобразователя будут возникать только при попадании в него угольной массы, а при попадании породы или минеральных примесей таких изменений не будет. Это позволяет, подавая сигнал с измерительной и компенсационной обмоток на дифференциальный усилитель, получать сигнал для дальнейшей его обработки. Уровень данного сигнала будет пропорционален зольности угля, находящегося в вихретоковом преобразователе, и после его обработки может быть использован в системе автоматизированного управления энергетическими котлоагрегатами.

Представленные данные свидетельствуют о возможности определения зольности ВУТ вихретоковым методом. Для подтверждения предположения необходимо провести экспериментальные исследования с целью выявления закономерностей протекания электромагнитных процессов в водоугольной суспензии и установить зависимость между уровнем сигнала с вихретокового преобразователя и зольностью угля.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования проводились для водоугольных суспензий, с содержанием твердой фазы 70%, полученных из антрацитов, так как данный класс углей по своему составу близок к графиту, изделия из которого, как известно, контролируются вихретоковым методом контроля.

В качестве датчика был выбран проходной вихретоковый преобразователь, фотография которого представлена на рис. 1. Вихретоковый датчик содержит два каркаса, на которых намотаны катушки возбуждения, измерительная и компенсационная обмотки. Как видно на рис. 1, располагаются каркасы под углом 90° относительно друг друга, для уменьшения влияния взаимной индукции измерительных контуров. Каждая обмотка возбуждения, измерительная и компенсационная, содержит по 20 витков провода. Все выводы обмоток выведены на контактную площадку.

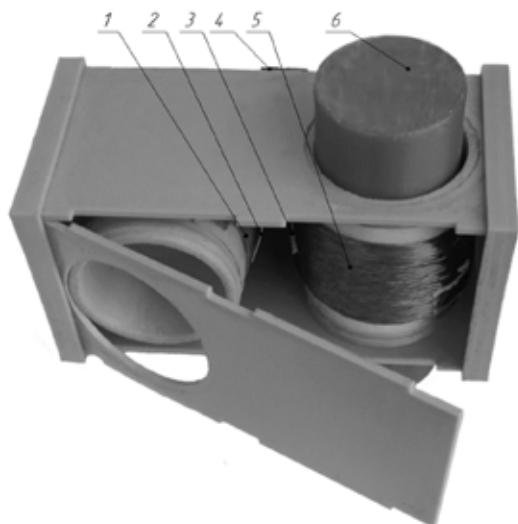


Рис. 1. Фотография экспериментального вихретокового преобразователя:

- 1, 5 – обмотки возбуждения;
- 2 – измерительная обмотка;
- 3 – компенсационная обмотка;
- 4 – контактная площадка;
- 6 – контрольный образец

В качестве контрольного образца использовались полые цилиндры (рис. 1), внутри которых были помещены образцы водоугольной суспензии, или сухая угольная пыль с добавлением 30% порошка мела, для сохранения количественного состава угольной массы в образцах и выявления влияния воды на результирующий сигнал.

Обмотки возбуждения вихретокового датчика подсоединялись последовательно (рис. 2), а измерительная и компенсационная обмотки подключались к дифференциальному усилителю с коэффициентом усиления $K_u = 10$. В ходе проведения экспериментов синусоидальный ток в обмотках возбуждения, вне зависимости от частоты задающего генератора, устанавливался равным 0,5 А.

В качестве задающего генератора был использован сигнальный генератор JDS-2900 с возможностью изменять амплитуду сигнала с шагом 1 мВ и частоту сигнала

с шагом 0,01 Гц в диапазоне от 0,01 мГц до 30 МГц. В качестве усилителя мощности использовался прибор LPA01 с возможностью усиливать входной сигнал в диапазоне частот до 1 МГц с максимальным выходным током до 1 А. Дифференциальный усилитель выполнен на операционных усилителях AD8065A, с коэффициентом усиления 20 dB на частоте до 2 МГц. Сигнал с выхода дифференциального усилителя подается на цифровой осциллограф VDS1022I и отображается на компьютере при помощи программного обеспечения, поставляемого с осциллографом.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальные исследования проводились в широком диапазоне частот от 50 кГц до 1 МГц. На рис. 3 представлена информация относительно уровня напряжения, вносимого водоугольным топливом, его формы и частотной характеристики. Программное обеспечение, поставляемое с цифровым осциллографом, позволяет производить быстрое преобразование Фурье над измерительным сигналом, что позволяет оценить его частотный спектр и выявить частоты, на которых вносятся сторонние сигналы. Так, на рис. 3, а, можно наблюдать пиковое значение измерительного сигнала на частоте 1 МГц и увеличение шума в диапазоне частот от 1 МГц до 1,3 МГц, что затрудняет обработку данных при оцифровывании сигнала. При сопоставлении уровня сигнала / шум можно сделать вывод, что наиболее целесообразно выполнять измерения на частотах близких к 500 кГц.

В ходе проведения экспериментов производилось сравнение уровня вносимого напряжения водоугольной суспензией и мелкодисперсной угольной пылью, смешанной с мелом, с приблизительным сохранением пропорций угля в сечении измерительного преобразователя. На рис. 4 представлена полученная зависимость уровня вносимого сигнала от частоты.

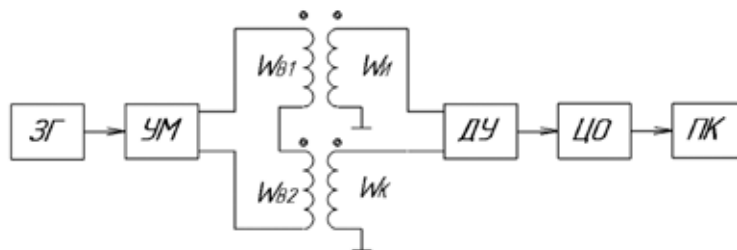


Рис. 2. Структурная схема экспериментальной установки по определению зольности ВУТ: ЗГ – задающий генератор; УМ – усилитель мощности; WB1 и WB2 – обмотки возбуждения; WI – измерительная обмотка; WK – компенсационная обмотка; ДУ – дифференциальный усилитель; ЦО – цифровой осциллограф; ПК – персональный компьютер

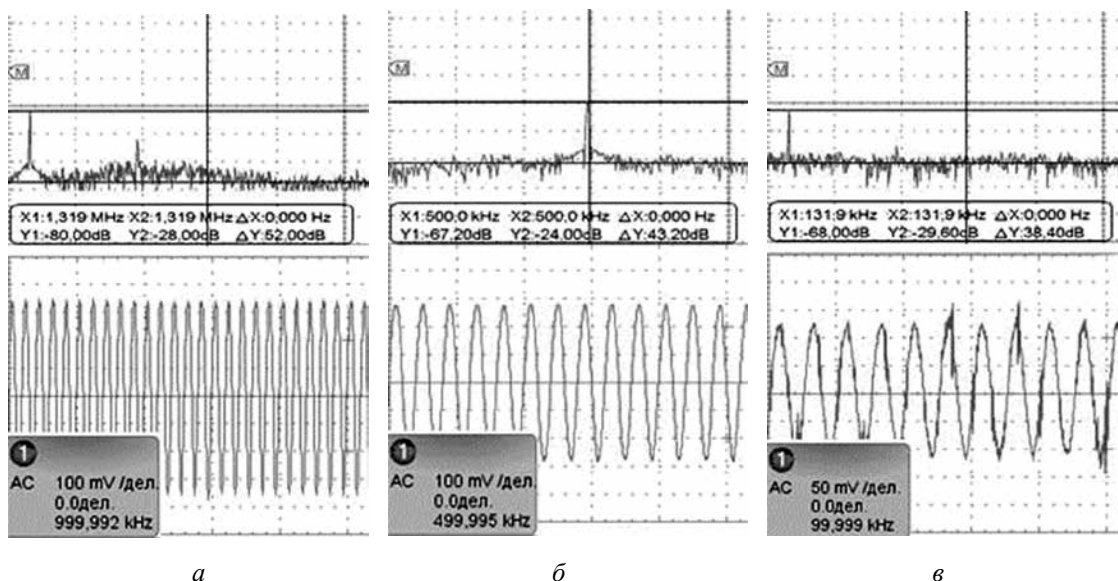


Рис. 3. Уровень вносимого напряжения водоугольным топливом и коэффициент усиления сигнала относительно шума (ΔY) на частотах: а – 1 МГц; б – 500 кГц; в – 100 кГц

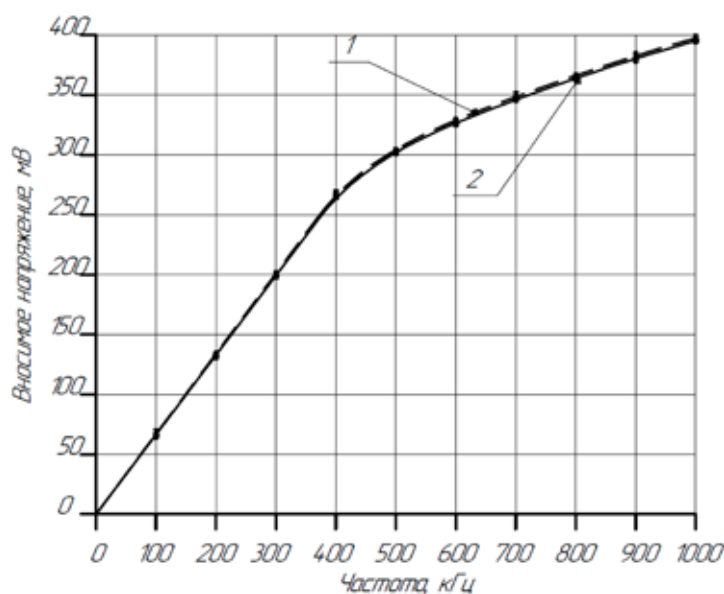


Рис. 4. Зависимость уровня вносимого напряжения от частоты сигнала: 1 – угольная пыль; 2 – водоугольное топливо

Полученные значения свидетельствуют о том, что существенного влияния воды на изменение уровня выходного сигнала в ходе экспериментов не выявлено. Незначительное отклонение линий 1 и 2, представленных на рис. 4, находится в пределах погрешности средств измерения. Для повышения достоверности полученных результатов необходима дополнительная фильтрация измерительного сигнала и увеличение сквозного коэффициента усиления схемы обработки.

Полученные результаты исследования электромагнитных свойств водоугольных суспензий могут быть использованы при разработке автоматизированных систем управления энергетическими котлоагрегатами.

Заключение

На сегодняшний день существует ряд качественно не решенных задач, ограничивающих широкое применение водоугольных суспензий в сфере энергетики. Одной из таких задач является определение золь-

ности ВУТ, решение которой позволит обеспечить стабильную работу энергетических котлоагрегатов на водоугольном топливе, в том числе получаемом из отходов углеобогащения.

В ходе проведенных экспериментов по определению зольности водоугольного топлива была предложена конструкция вихретокового преобразователя и схема обработки сигнала. В результате обработки экспериментальных данных и основываясь на результатах анализа данных по изучению электрических свойств ВУТ, установлена возможность определения зольности водоугольного топлива методом вихревых токов.

Также была экспериментально определена зависимость вносимого ВУТ напряжения в вихретоковый преобразователь от частоты подаваемого на обмотку возбуждения. Из приведенной ранее зависимости (рис. 4) видно, что до частоты 350 кГц можно наблюдать линейную зависимость приращения входного сигнала от частоты в обмотке возбуждения. На частотах выше 350 кГц можно наблюдать нелинейную зависимость изменения измерительного сигнала. Учитывая соотношение уровня вносимого напряжения сигнал / шум и стремление максимально увеличить его уровень за счет повышения частоты, целесообразно производить измерения на частоте 500 кГц.

При проведении экспериментов в частотном диапазоне до 1 МГц не выявлено существенного влияния воды, находящейся в водоугольной суспензии, на изменение уровня выходного сигнала, относительно сигнала вносимого угольной пылью, то есть при равных концентрациях проводящего материала, помещенного в вихретоковый преобразователь, наличие воды не оказывает существенного влияния на выходной сигнал.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что предложенная конструкция вихретокового преобразователя и схема предварительной обработки сигнала может быть использована для определения качественного состава водоугольного топлива, однако для повышения достоверности измерений необходимо увеличить сквозной коэффициент усиления экспериментальной установки, увеличить ток обмотки возбуждения и обеспечить фильтрацию измери-

тельного сигнала до его обработки на компьютере. Также необходимо установить зависимость уровня вносимого напряжения водоугольными суспензиями для углей различной стадии метаморфизма.

Практическое применение полученных результатов исследования электромагнитных свойств водоугольных суспензий может быть непосредственно связано с разработкой автоматизированных систем управления энергетическими котлоагрегатами.

Список литературы

1. Багрянцев В.И., Казимиров С.А., Куценко А.И., Подольский А.П., Рыбушкин А.А., Темлянец М.В. Практика и перспективы использования твердых углеродсодержащих отходов в качестве топлива для теплоэнергетических агрегатов // Вестник СибГИУ. 2013. № 3 (5). С. 33–37.
2. Мурко В.И., Таилаков О.В., Хмяляинен В.А., Шеховцова В.О. Развитие экологически чистых технологий по использованию отходов обогащения и сжигания угля // ГИАБ. 2016. № 10. С. 249–258.
3. Дмитриенко М.А., Няшина Г.С., Шлегель Н.Е., Шевырев С.А. Снижение антропогенных выбросов при сжигании углей и отходов их переработки в качестве компонентов органоводоугольных суспензий // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. № 3–4. С. 41–52.
4. Злобина Е.С., Папин А.В., Игнатова А.Ю. Экологические и технологические аспекты утилизации твердых углеводородных отходов // Вестник КузГТУ. 2015. № 3 (109). С. 92–102.
5. Бондаренко В.И. и др. Энергетика: история, настоящее и будущее. Т. I: От огня и воды к электричеству: в 4 т. Киев, 2005. 304 с.
6. Пинчук В.А., Должанский А.М. Исследование электрических свойств водоугольных суспензий // Техническая теплофизика и промышленная теплоэнергетика. 2013. № 5. С. 171–180.
7. А.с. 436274 СССР, МПК G01N 27/22. Устройство для измерения зольности угля в потоке / Синепольский В.С., Сердюк Н.С. (СССР). 1709020/26-25; заявлено 26.10.71; опубл. 15.07.74, Бюл. 26. С. 3.
8. Сентяй Р.Н., Капустин Д.А., Короп Г.В., Швыров В.В. Исследование и сравнительный анализ систем и способов поточного определения зольности угля на предприятиях // Вестник Луганского государственного педагогического университета. Серия 5. Гуманитарные науки. Технические науки. 2022. № 1 (79). С. 99–107.
9. Капустин Д.А., Куценко А.В., Швыров В.В., Сентяй Р.Н. Определение факторов транспортируемой среды (водоугольного топлива), влияющих на точность показаний измерительных устройств // Актуальные вопросы механики текучих сред: материалы II Международной научно-технической интернет-конференции. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <http://gdynamic.dahluniver.ru/node/60> (дата обращения: 05.07.2023).
10. Комаров Н.В., Сентяй Р.Н. Способ сухого обогащения угля // Патент UA № 57294. 2011. Бюл. № 4.

СТАТЬИ

УДК 371.13
DOI 10.17513/snt.39867

СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ПРОФИОРИЕНТАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ПЕДАГОГА

Баканова А.А.

*ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И. Канта», Калининград,
e-mail: nastyabakanova2304@gmail.com*

В данной статье анализируется понятие «профориентационная компетенция педагога» и описываются современные требования к уровню подготовки педагогических кадров в этой области. Обобщаются различные аспекты профориентационной компетенции, включая знания, навыки и умения, необходимые педагогу для работы с учащимися в процессе выбора профессии или направления деятельности. В статье подробно рассматриваются основные компоненты профориентационной компетенции педагогов. Обращается внимание на важность умения анализировать и понимать индивидуальные потребности учащихся, помогать им осознать свои интересы, таланты и возможности при выборе профессии. Также обсуждаются вопросы подбора и использования специальных методик и инструментов для оценки и развития профориентационной компетенции. Основной акцент делается на необходимости активного участия педагога в профориентационном процессе и его способности вдохновить и поддержать учеников в их профессиональном самоопределении. В целом статья подчеркивает важность развития профориентационной компетенции педагога в контексте современных требований и потребностей учащихся. Ключевой акцент делается на постоянное обновление знаний и навыков, чтобы эффективно помогать учащимся в выборе профессии и достижении успеха в своей будущей карьере.

Ключевые слова: компетенции, профориентация, профориентационная компетентность педагога

THE ESSENCE AND CONTENT OF THE TEACHER'S VOCATIONAL COMPETENCE

Bakanova A.A.

I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, e-mail: nastyabakanova2304@gmail.com

This article analyzes the concept of "career guidance competence of a teacher" and describes modern requirements for the level of training of teaching staff in this area. Various aspects of career guidance competence are summarized, including the knowledge, skills and abilities necessary for a teacher to work with students in the process of choosing a profession or field of activity. The article examines in detail the main components of the career guidance competence of teachers. Attention is drawn to the importance of the ability to analyze and understand the individual needs of students, to help them understand their interests, talents and opportunities when choosing a profession. The issues of selection and use of special methods and tools for assessing and developing career guidance competence are also discussed. The main emphasis is on the need for the active participation of the teacher in the career guidance process and his ability to inspire and support students in their professional self-determination. In general, the article emphasizes the importance of developing the career guidance competence of a teacher in the context of modern requirements and needs of students. The key emphasis is on continuous updating of knowledge and skills to effectively assist students in making career choices and achieving success in their future careers.

Keywords: competencies, vocational guidance, professional orientation competence of a teacher

На данный момент система образования в России уделяет огромное внимание процессу подготовки будущих педагогов и повышению уровня компетентности уже активно включенных в данный вид деятельности специалистов.

Основным нормативным документом, регламентирующим требования к педагогическому работнику, остается Профессиональный стандарт, который предельно ясно определяет критерии оценки необходимого уровня образования специалиста, минимальный базис предметных знаний, однако, отводит лишь малую часть вопросам сопровождения педагогом развития обучающегося [1].

При этом Федеральный образовательный стандарт среднего общего образования в качестве результата работы учителя с обу-

чающимся видит понимание многообразия рынка труда и профессиональных направлений [2]. На уровне понимания глобальных процессов ученик должен осознавать взаимосвязь современных видов профессиональной детальности с уровнем развития общества и природы.

Данные требования к педагогу напрямую связаны с таким известным для всех направлением, как профориентационная работа с обучающимися. На данный момент на школьном уровне в данный процесс вовлечены учителя, школьные психологи, родители, классные руководители. Однако стоит отметить, что в отечественном образовании до недавнего времени не уделялось должного внимания в отношении формирования профориентационной компетенции

педагога, поэтому можно смело говорить о том, что эта компетенция – нечто новое в современной педагогике [3]. Поскольку ранее чаще всего профориентационные функции возлагались на социального педагога, школьного психолога или классных руководителей.

Целью настоящей статьи является описание педагогом организации профессиональной ориентации школьников и поддержке педагогических кадров в процессе планирования и проведение работы по сопровождению выбора профессионального пути школьниками, в контексте рассмотрения данного процесса сквозь призму компетентностного подхода. Другими словами, рассмотреть ранее описанную деятельность педагога как одну из базовых профессиональных компетенций.

Материалы и методы исследования

В научной работе исследователя Н.В. Козыревой был обозначен термин, подходящий под описание комплексной работы педагога в профориентационном направлении и включающий идеи компетентностного подхода. Данным термином выступает формулировка «профориентационная компетенция педагога» [4]. Однако данным автором в полной мере не было представлено определение и механизмы формирования и оценки указанной компетенции. В исследовании данный термин становится базовым и получает четкую структуру, а также подробное описание и механизмы формирования.

Говоря о компетенции, автор опирается на определение, данное А.В. Хуторским и включающее заранее заданную норму требования к образовательной подготовке, необходимой для его эффективной продуктивной деятельности в определенной сфере [5].

На начальном этапе понимания «профориентационной компетенции педагога» можно определить ее как знания о требованиях, предъявляемых человеку в различных профессиях и специальностях, показания и противопоказания при выборе той или иной специальности, содержания условия труда, возможностях и перспективах дальнейшего карьерного роста. Но здесь стоит отметить, что важны не только знания, но и практическая составляющая.

Главной задачей при практическом использовании профориентационной компетенции является реализация профориентационной деятельности. То есть то, что в нее входит:

– Профессиональная информация – это информация о различных профессиях, рынке труда, требованиях к квалификации,

возможностях карьерного роста и других аспектах, связанных с работой и трудоустройством.

– Профессиональная консультация – это процесс обсуждения и оценки потребностей и интересов человека в выборе профессии, анализ его навыков, интеллектуальных способностей, интересов и личностных качеств с целью помочь ему принять обоснованное решение о своем профессиональном пути.

– Профессиональный выбор – это процесс принятия решения о выборе будущей профессии или области деятельности, основанный на информации, консультациях, самооценке и анализе собственных возможностей и предпочтений.

– Профессиональная адаптация – это процесс освоения и адаптации к новой профессии, рабочей среде, коллективу и требованиям, связанным с выбранной профессией. Включает в себя усвоение новых знаний, навыков, адаптацию к новым ролям и обязанностям, а также развитие профессиональной и социальной компетенций.

Эти составляющие обеспечивают возможность эффективного выбора профессии учеником и последующее движение его личности в различных сферах, в том числе в образовательной.

Каким образом раскрывается эта компетенция? Педагогические работники должны иметь доступ к базе данных наиболее распространенных в их регионе профессий и иметь возможность знакомить с ними своих учеников на уроках и во внеурочной деятельности в рамках образовательного процесса. В настоящее время необходимая информация такого рода размещена на сайтах региональных центров профориентации и центров планирования карьеры.

Компетентность педагога для успешной реализации профориентационной деятельности должна включать как собственные представления о личности школьника, полученные самостоятельно на основе психолого-педагогической диагностики учащихся, так и его способность широко опираться на представления о данном школьнике его родителей, других педагогов школы и специалистов службы психолого-педагогического сопровождения.

Особое внимание в процессе формирования профориентационной компетентности педагога должно быть уделено содержанию и методам профконсультирования. Консультирование помогает учащимся осознать свою личность, интересы, склонности, мотивы выбора профессии, а также потребности и возможности общества.

К сожалению, на данный момент нет единого мнения по определению «профес-

сиональная компетентность педагога», которая является неотъемлемой составляющей профессионализма и педагогического мастерства. На авторский взгляд, данная компетенция – одна из важных, поскольку очень важно помочь учащимся самоопределиваться в образовательно-профессиональной деятельности. Для этого преподавателям необходимо не только использовать имеющиеся знания и навыки, но и адаптироваться к современным условиям, учиться новому, развивать свои профессиональные компетенции. Однако на практике многие педагоги не хотят об этом задумываться, ссылаясь на свою загруженность.

Исходя из вышеуказанного, важно отметить роль данной компетенции. Она помогает как самому педагогу, так и его подопечным решить проблемы профессионального выбора. Для этого педагог должен владеть не только знаниями в области педагогики, но и должен быть компетентен в информационных, психологических и организационных вопросах профессионального выбора учащихся.

Результаты исследования и их обсуждение

В исследовании автор опиралась на рассмотренные классификации компетенций в педагогической науке и пришла к выводу о том, что «профориентационную компетенцию педагога» в современных условиях цифровой образовательной среды не относят строго ни к одному из существующих видов, ее необходимо представлять как интеграционное понятие, включающее следующие компоненты:

1. *Функциональный компонент*, направленный на раскрытие практического потенциала профессиональной ориентации школьников. В рамках данного блока педагогом формируются первичные представления о специфике деятельности по конкретному профессиональному направлению. Здесь ребенок должен определить для себя, чем функционально различается работа одного специалиста от работы другого. Глубже ознакомиться с особенностями профессий, появляющихся в условиях активного развития технологических и социальных процессов в обществе. Также в указанном компоненте профориентационной компетенции педагога важно создать условия для развития первичных навыков профессиональной деятельности, основываясь на реальных требованиях к специалистам отдельных отраслей. Дать возможность школьникам хотя бы на начальном уровне попробовать себя в желаемой профессии.

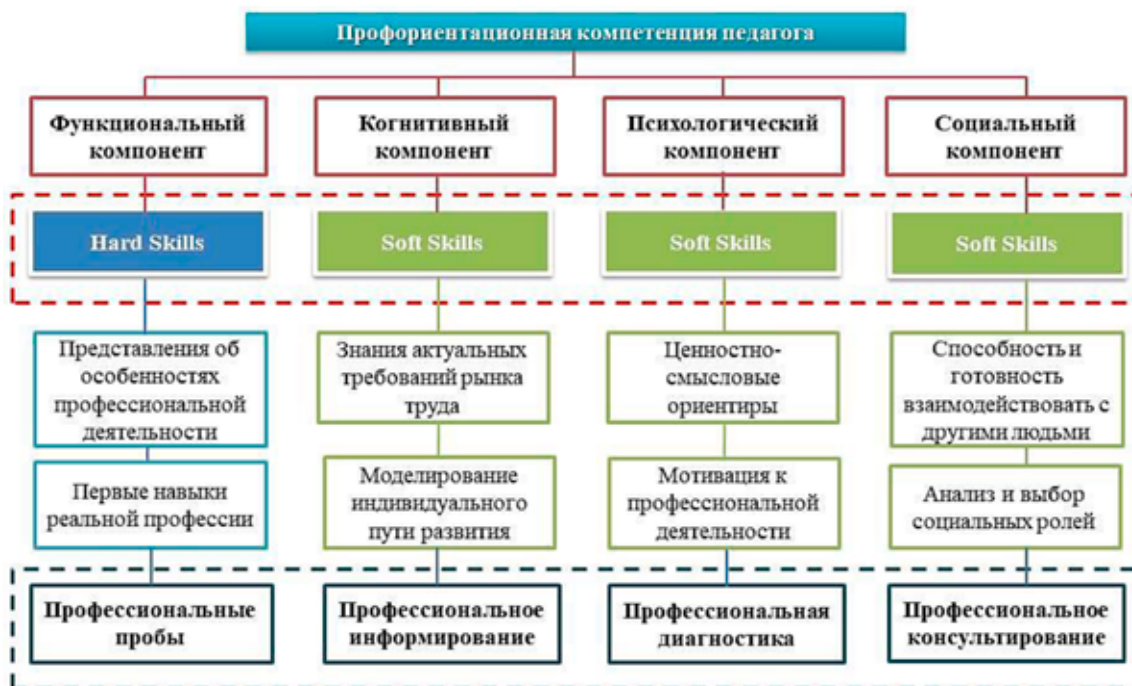
2. *Когнитивный компонент* относится к знаниевой области профориентационной компетенции школьника. Обучающемуся предлагается провести анализ существующих тенденций и требований рынка труда, относительно востребованных вакансий, оценить перспективы профессиональной реализации по различным отраслям. Особое место в данном блоке занимает возможность школьника смоделировать собственный путь профессионального развития от выбора необходимого учебного заведения для продолжения обучения на новой ступени образования по выбранной специальности до прогнозирования возможной трансформации отрасли или отдельной профессии в динамично меняющихся условиях труда.

3. *Психологический компонент* в полной мере раскрывает направленность профориентационной компетенции школьника на личностные особенности. Так, ключевое место отводится выявлению индивидуальных особенностей обучающегося (темперамент, мотивация, развитие критического мышления и т.д.). Основываясь на возрастных особенностях старших школьников, необходимо создать условия для формирования у них готовности к выбору профессионального пути на психологическом уровне. При этом важно помочь ребенку выстроить ценностно-смысловые ориентиры, опираясь на его личностные особенности, способности и интересы. Далее следует совместная работа педагога и ребенка по повышению мотивации к профессиональной деятельности по желаемому направлению.

4. *Социальный компонент* в профориентационной компетенции педагога акцентирует внимание на то, что работа напрямую связана с взаимодействием с другими людьми, поэтому необходимо помочь ребенку в развитии активной коммуникации, при этом направить на осознанность анализа и выбора социальных ролей в аспекте профессиональной деятельности.

Схожую характеристику относительно сфер влияния можно выделить и у профориентационной компетенции педагога. Она является своего рода «надкомпетенцией», не только позволяющей педагогу создавать условия для освоения школьниками материалов учебной программы, но способствующей индивидуальному развитию обучающегося на пути профессионального самоопределения, от школьной скамьи и на протяжении всей жизни.

С визуальным представлением структуры профориентационной компетенции педагога, зоны влияния на обучающихся в контексте профориентационной работы можно ознакомиться на рисунке.



Компонентная структура профориентационной компетенции педагога

В данной структуре автор постаралась адаптировать существующие направления профессиональной ориентации, зарекомендовавшие себя в практическом плане, такие как профессиональная диагностика, профессиональное информирование (просвещение), профессиональное консультирование и профессиональные пробы, так как данные направления педагогического взаимодействия продемонстрировали ранее высокую результативность. При этом интегрировали данные виды активности с получающими широкую большую популярность в современном образовании навыками – Soft skills, Hard skills, или же, при дословном переводе, «твердые» и «мягкие» навыки, играют важную роль в профориентационной деятельности.

Hard skills включают в себя специфические знания, навыки и умения, необходимые для успешной работы в определенной профессии, такие как владение определенными техническими навыками, знание определенной отрасли, умение работать с компьютерными программами и т.д.

Soft skills включают в себя мягкие навыки, которые не являются специфическими для определенной профессии, но не менее важны для успешной карьеры. К ним относятся коммуникационные навыки, решение проблем, адаптивность, креативность, умение работать в команде, планирование и управление временем и т.д.

При профориентации важно учитывать как hard skills, так и soft skills, поскольку для успешной карьеры необходим баланс между обоими типами навыков. В процессе профориентации должно быть уделено внимание развитию как технических навыков, так и личностных качеств, которые помогут человеку в будущей профессиональной деятельности.

Таким образом, в рамках исследования была описана структура ранее неиспользуемой в научных психолого-педагогических источниках компетенции. На уровне проводимого исследования было дано следующее определение профориентационной компетенции педагога – совокупность смысловых ориентаций, знаний, умений, навыков и опыта деятельности по организации условий необходимых для осуществления лично и социально значимой продуктивной деятельности обучающегося в рамках процесса выбора будущей профессии.

Заключение

Подводя итог, можно говорить о том, что на сегодняшний день профориентационная компетентность педагога – это действительно новое явление в современной педагогике. Поскольку нельзя не отметить важность этой компетентности как для самого педагога и его профессионального роста, так и для его учеников, которым необходимо ориентирование в большом потоке

информации о различных направлениях деятельности человека. Можно говорить о том, что необходимо уделять особое внимание качеству подготовки будущих учителей, успешная профессиональная деятельность которых будет зависеть от их способности совмещать профориентационную работу с предметным обучением, обусловленную развитием у них именно профориентационной компетентности.

Список литературы

1. Приказ Минтруда России от 18.10.2013 № 544н (ред. от 05.08.2016) «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)»» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_155553/ (дата обращения: 27.09.2023).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. № 413) [Электронный ресурс]. URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-soo/> (дата обращения: 27.09.2023).
3. Баканова А.А. Анализ моделей профориентационной работы со школьниками: зарубежный и отечественный опыт // Калининградский вестник образования. 2021. № 1 (9). С. 3–10.
4. Козырева Н.В. Методическое сопровождение педагогов в развитии профессиональной компетенции по профориентации обучающихся // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2020. № 4 (40). С. 148–154.
5. Хуторской А.В. Пять типологий компетенций в образовании // Вестник Института образования человека. 2022. № 1. С. 1–7.

УДК 378.14
DOI 10.17513/snt.39868

РАЗВИТИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ИТ-СФЕРЕ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫЙ ГОРОД»

Бужинская Н.В., Гребнева Д.М., Кокшарова Е.А.

*Нишнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»,
Нижний Тагил, e-mail: koksharova_elena@list.ru*

В статье актуализируется проблема организации практико-ориентированного обучения для студентов технической специальности, а также проблема формирования оптимальных условий для развития технического мышления у студентов, которые обучаются по направлению подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика в управлении ИТ-проектами». Решению обозначенной проблемы способствует не только непрерывная практика студентов, но и периодическое участие в конкурсах проектов и разработок «Умный город». Отличительной характеристикой проектов автоматизации в рамках концепции «Умный город» является наличие в них особых условных знаков и символов – схем, которые необходимо не только уметь правильно читать, понимать их смысл, но и самостоятельно создавать новые конфигурации проектов. Авторами рассматривается техническое мышление как многокомпонентное понятие, и тем самым для его развития необходимы комплексные учебные задания. В заключение отмечается, что применение практико-ориентированного обучения способствует приобретению будущими специалистами ИТ-сферы опыта профессиональной деятельности непосредственно во время обучения. Представленные в статье материалы могут быть использованы в деятельности методистов и преподавателей технических вузов, а также специалистами, которые занимаются подготовкой студентов технических специальностей.

Ключевые слова: техническое мышление, профессиональное самоопределение студентов, «умный город», ИТ-сфера, развитие технического мышления, разработка проектов

DEVELOPMENT OF TECHNICAL THINKING OF FUTURE SPECIALISTS IN THE IT FIELD IN THE PROCESS OF SOLVING TASKS IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATION PROJECTS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE “SMART CITY” CONCEPT

Buzhinskaya N.V., Grebneva D.M., Koksharova E.A.

*Nizhny Tagil State Social and Pedagogical Institute (branch) of Russian State Vocational
Pedagogical University, Nizhny Tagil, e-mail: koksharova_elena@list.ru*

The article actualizes the problem of organizing practice-oriented training for students of a technical specialty, as well as the problem of forming optimal conditions for the development of technical thinking among students who study in the field of training 09.03.03 “Applied informatics in IT project management”. The solution of this problem is facilitated not only by the continuous practice of students, but also by periodic participation in competitions of projects and developments “Smart City”. A distinctive characteristic of automation projects within the framework of the “Smart City” concept is the presence of special conditional signs and symbols – schemes in them, which must not only be able to read correctly, understand their meaning, but also independently create new project configurations. The authors consider technical thinking as a multicomponent concept and thus complex educational tasks are necessary for its development. In conclusion, it is noted that the use of practice-oriented training contributes to the acquisition of professional experience by future IT specialists directly during training. The materials presented in the article can be used in the activities of methodologists and teachers of technical universities, as well as specialists who train students of technical specialties.

Keywords: technical thinking, professional self-determination of students, “smart city”, IT sphere, development of technical thinking, project development

В настоящее время изменяются требования к качеству подготовки будущих специалистов ИТ-сферы. Такие специалисты должны не только выполнять необходимый объем работ в установленные сроки, но и делать это качественно, с минимальными потерями. Конечному потребителю должен быть предложен программный продукт, удовлетворяющий установленным требованиям функциональности, безопасности и удоб-

ства. Для решения поставленной задачи ИТ-специалисту необходимо уже на начальных этапах предпроектного анализа видеть особенности создаваемого продукта, прогнозировать возможные направления его применения, понимать ценность и риски проекта.

Рассматривая ФГОС ВО по направлению подготовки «Прикладная информатика в управлении проектами», будущие специалисты ИТ-сферы должны обладать

компетенцией ОПК-1: способностью применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности [1]. Наличие знаний студентов в области современной инженерной картины мира и умение применять эти знания на практике для решения задач, связанных с технологическими процессами, характеризуется понятием «техническое мышление».

Цель исследования заключается в организации развития технического мышления будущих специалистов в ИТ-сфере в процессе решения задач по разработке проектов автоматизации в рамках концепции «Умный город».

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе Нижнетагильского государственного социально-педагогического института, со студентами третьего курса направления подготовки 09.03.03. «Прикладная информатика» (48 чел.). Критериальной базой исследования стала методика оценки развития технического мышления О.В. Самохвалова и М.В. Мухиной.

Впервые термин «техническое мышление» был введен П.К. Энгельмейером, который рассматривал технику как часть культуры [2]. С методической точки зрения вопросы развития технического мышления были достаточно подробно рассмотрены Т.В. Кудрявцевым [3]. Автор считает, что техническое мышление включает в себя три важнейших компонента: понятийный, образный и практический. Понятийный компонент характеризует знания человеком технических терминов, образный – понимание структуры проекта, а практический – применение полученных знаний на практике. М.В. Мухина считает, что, кроме перечисленных выше компонентов мышления, для успешного развития технического мышления необходимо учитывать два новых компонента – владение языком техники (семиотический компонент) и эффективность принятия решений на основе имеющейся информации (оперативный компонент) [4, с. 17].

Таким образом, техническое мышление является многокомпонентным и, как следствие, для его развития необходимы комплексные учебные задания, к которым можно отнести создание проектов автоматизации в рамках концепции «Умный город». Решение таких заданий может быть связано с производственными процессами, применением современных ИТ-технологий для повышения качества жизни людей и др.

Отличительной характеристикой проектов автоматизации в рамках концепции «Умный город» является наличие в них особых условных знаков и символов – схем, которые необходимо не только уметь правильно читать, понимать их смысл, но и самостоятельно создавать [5].

Далее рассматриваются примеры проектов по теме «Автоматизация процессов в доме, городской среде и на производстве». Данные проекты выполнялись студентами третьего курса во время научно-технологической практики. В проводимом исследовании участвовали 48 чел.

Постановка задачи. В современном мире с каждым годом увеличивается количество автомобилей. В настоящее время даже в небольших городах в местах скопления людей (торговые центры, образовательные организации, офисные и др.) возникает проблема с наличием парковочных мест.

1. Изучить проблему автоматизированных парковок и проанализировать возможные решения эффективной организации автоматизированных парковок. Определить термин «Автоматизированная парковка».

2. Выбрать подходящее решение и разработать модель организации парковки с помощью подходящих программных средств.

3. Описать разработку модели, придерживаясь следующих этапов.

– Обосновать выбор подходящего варианта организации автоматизированной парковки.

– Разработать схему устройства выбранного варианта автоматизированной парковки.

– Описать принцип работы автоматизированной парковки.

4. Выбрать оборудование и составить смету для расчета стоимости материалов для создания модели парковки.

В контексте развития технического мышления студентов первый этап работы связан с совершенствованием понятийного и образного компонента технического мышления.

При анализе определения основного понятия целесообразно рассматривать несколько источников. Анализ разных определений позволит достаточно широко рассмотреть предмет разработки модели: с точки зрения структуры, основных функций, ресурсов. Также полезно использовать элементы контент-анализа – метода, который представляет собой анализ содержания текстов, включающих в себя материалы об исследуемом предмете [5]. Результатом работы на данном этапе может быть таблица с определениями понятий «Автоматизированная парковка» и формулировка рабочего определения (табл. 1).

Таблица 1

Фрагмент таблицы основных структурных элементов понятия
«автоматизированная парковка»

Определение	Источник	Ключевые слова
Автоматизированная парковка – это парковка, оснащенная системой автоматизации, которая контролирует въезд и выезд, рассчитывает стоимость стоянки по действующему тарифу и взимает оплату	Автоматические парковочные системы (parkomat.su)	Система автоматизации, контроль, расчет стоимости, оплата
Автоматизированная парковка – комплекс высокотехнологического оборудования, задача которого – автоматическая постановка автомобиля на свое новое место	https://cctv-security.ru/	Комплекс оборудования, автоматическая постановка
Автоматизированная парковка – отдельное помещение или встроенная в здание конструкция для компактного хранения и автоматизированного учета автомобилей	liftobzor.ru	Конструкция для компактного хранения, автоматизация учета

Важно, что формулировка рабочего определения должна быть в контексте основной задачи практики – создания модели автоматизированной парковки с помощью подходящих аппаратных и программных средств (например, на базе конструктора Ардуино и 3D-печати).

После формулировки рабочего определения и осмысления границ разработки студентам необходимо рассмотреть уже реализованные варианты организации автоматизированных парковок и определить критерии их анализа. В качестве источников целесообразно рассматривать как базы патентов, так и интернет-ресурсы. Полезным может оказаться обращение к зарубежному опыту решения подобных задач.

Например, в качестве вариантов организации автоматизированных парковок можно предложить следующие: интеллектуальная система парковки на основе бронирования, системы автоматизированной парковки с башенными барьерами, роботизированные парковочные башни, автоматизированные роторные парковки. К критериям анализа можно отнести возможность экономии места, возможность удаленного бронирования места, интеграцию с концепцией «Умный город» и др.

Работа с поиском аналогов проекта помогает развивать образный компонент технического мышления студентов. Знакомство с уже существующими проектами автоматизированных парковок, анализ их схем, функциональности, достоинств и недостатков способствует созданию некоторого мысленного образа будущей модели автоматизированной парковки, которая может совмещать в себе плюсы и минимизировать минусы рассмотренных вариантов. Развитие образного компонента технического мышления студентов также продолжается и на третьем этапе работы при создании

схемы парковки и описании принципа ее работы с помощью языка моделирования.

Второй этап работы в большей степени связан с развитием оперативного компонента технического мышления. Здесь студентам необходимо связать изученный теоретический материал с последующей практической реализацией модели парковки, предложить идею по улучшению проекта.

С учетом выделенных выше критериев анализа вариантов организации автоматизированных парковок, необходимо написать обоснование выбора конкретного варианта. Например, выбор роторных парковок может быть обусловлен несколькими факторами: оптимальное использование ограниченного городского пространства, значительная вместимость, экономическая эффективность, благодаря эффективному использованию пространства, возможность получения дохода от аренды мест, высокий уровень автоматизации.

Третий этап работы над проектом связан с развитием образного и семиотического компонента технического мышления студентов. Образный компонент развивается за счет работы студентов с графическими редакторами и средами моделирования для описания модели автоматизированной парковки.

Требуется создание 3D-модели выбранного варианта организации автоматизированной парковки. Модель может создаваться в одном из изученных студентами редакторов трехмерной графики. При создании модели необходимо учитывать ее предполагаемый размер и возможность печати на 3D-принтере. Пример модели роторной парковки представлен на рис. 1.

Описание принципа работы. При описании принципа работы выбранного студентами варианта организации автоматизированной парковки необходимо, кроме текстового

описания, использовать одну из изученных нотаций моделирования: UML, EPC, DFD. Так, в нотации UML необходимо построить диаграмму вариантов использования для определения функциональных возможностей проекта и диаграмму последовательностей и диаграмму взаимодействий для описания логики работы автоматизированной парковки. Далее на основе описанных в диаграммах бизнес-процессов строится макет пользовательского интерфейса (рис. 2).

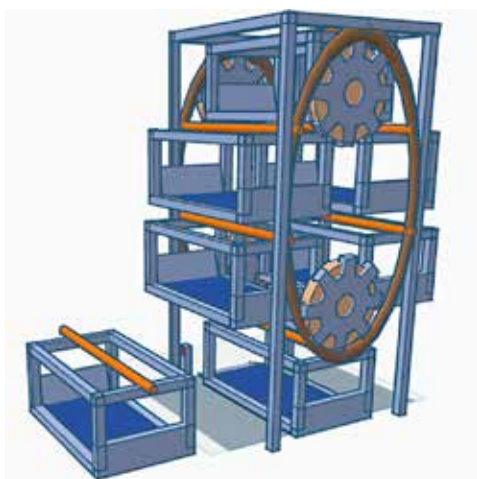


Рис. 1. 3D-модель роторной парковки

Четвертый этап работы связан с развитием практического компонента технического мышления, поскольку здесь идет расчет себестоимости проекта и в целом анализ возможности реализации.

Выбор оборудования и составление сметы стоимости материалов для создания модели парковки. На последнем этапе рассчитывается стоимость создания модели (табл. 2).

Таблица 2

Фрагмент сметы основных структурных элементов понятия «автоматизированная парковка»

Компоненты	Примерная стоимость, руб.
Микроэлектронные компоненты	
Плата Wemos D1	500
Индикаторы	100
Электродвигатели	400
Соединительные провода	100
Элементы питания	400
Макетная плата	200
Компоненты модели роторной парковки	
Расходные материалы для 3D-принтера	500
Итого	2200



Рис. 2. Пример пользовательского интерфейса для управления роторной парковкой

Таблица 3

Критерии оценивания уровня технического мышления

Компонент технического мышления	Уровень		
	Низкий	Средний	Высокий
Понятийный	Имеет представление об основных понятиях и терминах: «Интернет вещей», «Автоматизация процессов», «Умный дом», «Мобильные приложения», однако не может их связать в единую картину	Знает основные понятия в области «Интернет вещей», «Автоматизация процессов», «Умный дом», «Мобильные приложения», устанавливает между ними взаимосвязь	Устанавливает связь между такими направлениями работы, как «Интернет вещей», «Автоматизация процессов», «Умный дом», «Мобильные приложения», определяет содержание работ, в зависимости от выбранного направления и эффективно распределяет свое время на выполнение этих действий
Образный	Знает основные правила и нотации оформления схем и диаграмм, но затрудняется их построить согласно данным правилам	Разрабатывает необходимые схемы и диаграммы, но допускает ошибки в оформлении	Представляет схему установки, выделив ее основные компоненты, визуализирует работу пользователей с данной установкой соответственно выбранной нотации; создает пользовательский интерфейс для мобильного приложения
Практический	Плохо соотносит теоретический материал с практикой. Результатом работы являются разрозненные части модели, которые плохо взаимодействуют между собой	Соотносит теоретический материал с практикой. Результатом работы является работоспособная модель парковки, возможно с некоторыми недочетами	Соотносит теоретический материал с практикой, успешно описывает действия на всех этапах работы над проектом. Результатом работы является работоспособная модель парковки
Семиотический	Оформляет необходимую документацию с ошибками, не соблюдая необходимых требований	Оформляет необходимую документацию согласно установленным требованиям, но допускает ошибки	Оформляет необходимую документацию без ошибок с соблюдением всех требований
Оперативный	Отбирает нужную информацию по заданной теме, однако не предлагает свой путь решения задачи	Представляет свой путь решения задачи на основе имеющейся информации	Генерирует идею, осуществляет сравнительную характеристику аналогов, представляет свой проект и обозначает направления его совершенствования

Таблица 4

Формируемые компоненты технического мышления

Вид работы	Формируемый компонент				
	Понятийный	Образный	Практический	Семиотический	Оперативный
Работа с источниками информации	+				
Определение терминов	+				
Установление взаимосвязи между основными понятиями	+				+
Разработка модели	+	+	+		+
Описание модели				+	
Выбор варианта организации парковки			+		
Разработка схемы устройства		+	+	+	+
Описание принципов работы		+			
Выбор оборудования	+		+		+
Составление сметы					+

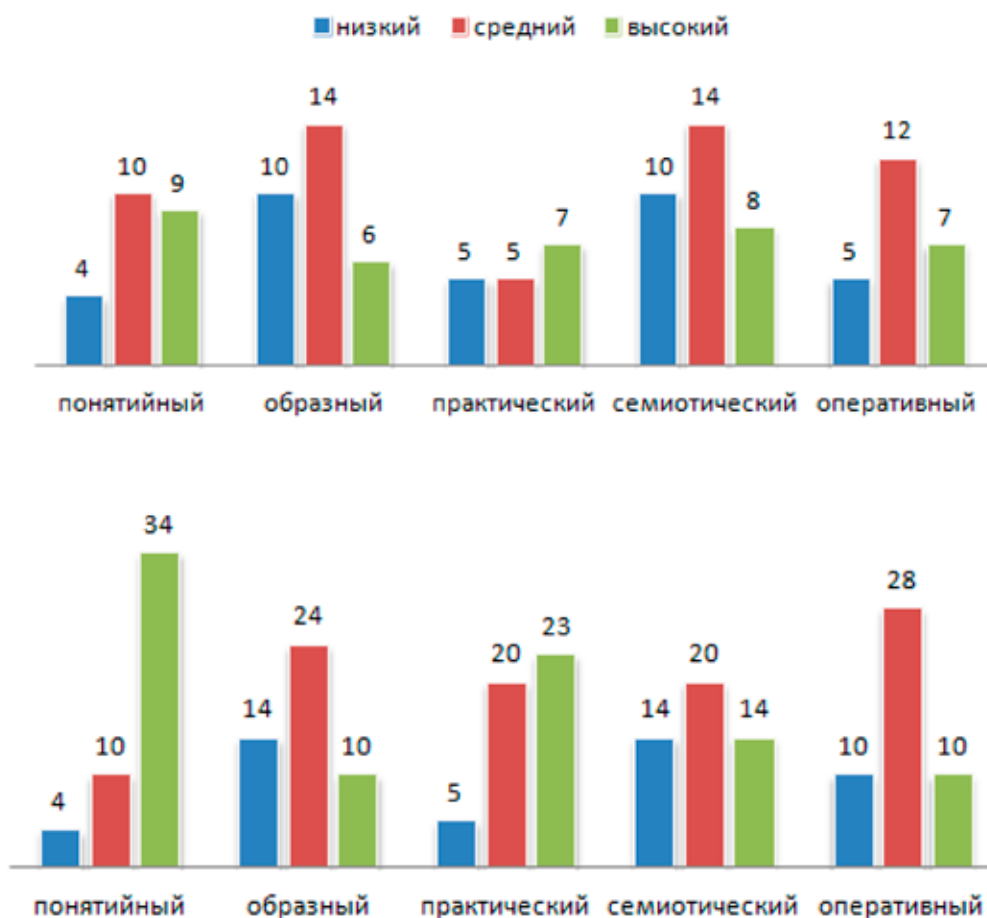


Рис. 3. Распределение студентов по уровню развития компонентов технического мышления до и после проведения работ

Результаты научно-технологической практики студентов традиционно оформляются в виде отчета и презентации созданной модели автоматизированной парковки.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки уровня технического мышления студентов целесообразно использовать критерии оценки результатов работы, согласно выделенным компонентам технического мышления (понятийный, образный, практический, семиотический, оперативный).

Соотношение между предложенными студентам заданиями и формируемыми компонентами технического мышления представлено в табл. 4.

Полученные результаты до и после работы студентов представлены на рис. 3.

Заключение

Таким образом, по результатам проведенного исследования практически все

студенты третьего курса обладают высоким уровнем понятийного компонента технического мышления: они умеют анализировать необходимые источники информации и отбирать нужную информацию. Высокий и средний уровень практического компонента также демонстрирует большинство студентов. Однако у многих возникли сложности с генерированием новых идей и нахождением путей для их реализации, на что указывает невысокий уровень развития семиотического компонента. Кроме того, некоторые студенты затруднялись с образным представлением новой установки и ее описанием.

Для преодоления перечисленных выше затруднений необходима целенаправленная работа студентов и преподавателей на отдельных дисциплинах (например, «Интеллектуальные информационные системы», «Интернет вещей», «3D-моделирование») по развитию в том числе отдельных компонентов технического мышления.

Как показал опыт, работа над проектами автоматизации в рамках концепции «Умный город» позволяет также значительно улучшить показатели технического мышления будущих специалистов ИТ-сферы за счет интеграции знаний из различных областей и задействовании разных видов деятельности.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. № 922 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.03. Прикладная информатика» [Электронный ресурс]. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/090_303_V_3_17102017.pdf (дата обращения: 24.10.2023).
2. Родионов Д.А., Демин И.В. Философия техники П.К. Энгельмейера // XVI королевские чтения: сб. междунар. науч. конф. Том 3. Самара: Самарский национальный исследовательский университет им. ак. С.П. Королева, 2021. С. 1191–1192.
3. Занфирова Л.В., Судник Ю.А. Генезис и содержание понятия «техническое мышление» // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. № 4. С. 13–17.
4. Мухина М.В. Развитие технического мышления у будущего учителя технологии и предпринимательства средствами системы познавательных заданий: дис. ... канд. пед. наук. Н. Новгород, 2003. 210 с.
5. Самохвалов О.В. Формирование технического мышления студентов средствами тестовых технологий // Механизация и автоматизация строительства. Самара: СГТУ, 2020. С. 402–411.

УДК 378.1
DOI 10.17513/snt.39869

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ АДАПТАЦИИ НАЧИНАЮЩЕГО УЧИТЕЛЯ НА ЭТАПЕ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ШКОЛЕ

Воскресенко О.А., Варникова О.В., Константинов В.В.,
Пашин А.А., Пашковская С.С.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза,
e-mail: voskr99@rambler.ru, wolga0106@gmail.com,
konstantinov_vse@mail.ru, pollylina@mail.ru, svetlpash@mail.ru

В статье обосновывается значимость успешной адаптации для личностно-профессионального становления начинающего учителя, а также сохранения в профессии молодежи как наиболее восприимчивой к нововведениям части общества. Показана необходимость организации педагогического сопровождения адаптации молодых педагогов на этапе освоения профессиональной деятельности в школе. Выдвигается положение о том, что успешность адаптации молодого педагога во многом определяется выбираемыми стратегиями адаптации, что актуализирует необходимость построения деятельности по педагогическому сопровождению адаптации начинающих учителей в общеобразовательных организациях на основе изучения предпочтительных молодых педагогами стратегий. Представлены данные диагностики, полученные на основе «Опросника для изучения стратегий адаптивного поведения (АСП-2)» Н.Н. Мельниковой. Определены и описаны предпочтения начинающих учителей в выборе стратегий адаптации к новой профессионально-педагогической деятельности в школе. Обоснована необходимость их учета в ходе педагогического сопровождения адаптации начинающих учителей посредством выбора оптимальных организационных форм взаимодействия. Представлены рекомендации по выбору форм работы с начинающими учителями на основе диагностических данных. Новизна исследования состоит в определении эффективных форм работы по сопровождению адаптации начинающих учителей с учетом выявленных предпочтений в выборе адаптационных стратегий.

Ключевые слова: начинающий учитель, адаптация, стратегии адаптации, педагогическое сопровождение, личностно-профессиональное развитие, освоение профессиональной деятельности, школа

PEDAGOGICAL SUPPORT OF ADAPTATION OF A BEGINNING TEACHER AT THE STAGE OF MASTERING PROFESSIONAL ACTIVITY AT SCHOOL

Voskresenko O.A., Varnikova O.V., Konstantinov V.V.,
Pashin A.A., Pashkovskaya S.S.

Penza State University, Penza, e-mail: voskr99@rambler.ru, wolga0106@gmail.com,
konstantinov_vse@mail.ru, pollylina@mail.ru, svetlpash@mail.ru

The article substantiates the importance of successful adaptation for the personal and professional development of a novice teacher, as well as the retention of young people in the profession as the most receptive to innovations part of society. The necessity of organizing pedagogical support for the adaptation of young teachers at the stage of mastering professional activities at school is shown. The position is put forward that the success of adaptation of a young teacher is largely determined by the chosen adaptation strategies, which actualizes the need to build activities for pedagogical support of adaptation of beginning teachers in general education organizations based on studying the strategies preferred by young teachers. Diagnostic data obtained on the basis of the «Questionnaire for studying strategies of adaptive behavior (ASP-2)» by N.N. is presented. Melnikova. The preferences of beginning teachers in choosing adaptation strategies to new professional and pedagogical activities at school are identified and described. The need to take them into account during pedagogical support for the adaptation of beginning teachers through the selection of optimal organizational forms of interaction is substantiated. Recommendations are presented for choosing forms of work with beginning teachers based on diagnostic data. The novelty of the study lies in the identification of effective forms of work to support the adaptation of beginning teachers, taking into account the identified preferences in the choice of adaptation strategies.

Keywords: novice teacher, adaptation, adaptation strategies, pedagogical support, personal and professional development, mastering professional activities, school

Перед современной системой отечественного образования стоит задача создания предпосылок для инновационного развития общества. Успешность ее решения во многом определяется готовностью учителей к инновационно-педагогической деятельности. Традиционно наиболее вос-

приимчивой для нововведений частью общества является молодежь. Однако выпускники педагогических вузов не спешат идти работать в школу, а начинающие учителя далеко не все остаются в профессии. Одна из причин ухода молодых педагогов из школы – трудности адаптационного периода.

В связи с этим в школах реализуется комплекс мер по обеспечению успешной адаптации начинающих учителей к условиям профессиональной деятельности [1, 2]. Проблема решается, главным образом, посредством использования разнообразных форм наставничества, нацеленного на скорейшее усвоение молодым педагогом опыта практической педагогической деятельности и норм корпоративной культуры [3, 4]. Однако, как показывают исследования (Н.Е. Водопьянова, А.Н. Капустина, Н.В. Сиврикова, Е.Г. Черникова и др.), успешность адаптации молодого педагога во многом определяется выбираемыми им приемами и способами, т.е. стратегиями адаптации [5, 6]. Это актуализирует необходимость построения деятельности по педагогическому сопровождению адаптации начинающих учителей в общеобразовательных организациях на основе изучения предпочитаемых молодыми педагогами стратегий.

В связи с этим цель исследования – выявление предпочтений начинающих учителей в выборе стратегий адаптации и определении соответствующих им форм работы по педагогическому сопровождению.

Материалы и методы исследования

В качестве методов исследования использовались анализ и обобщение научной литературы, а также эмпирических данных, полученных на основе «Опросника для изучения стратегий адаптивного поведения (АСП-2)» Н.Н. Мельниковой. В эмпирическом исследовании приняли участие 57 начинающих учителей (стаж педагогической деятельности 1–2 года) школ г. Пензы (№ 13, 25, 28, 30, 56, 65/23, 66, 68, 78) и Пензенской области.

Результаты исследования и их обсуждение

Как показали результаты проведенного эмпирического исследования, первое место в ряду предпочитаемых начинающими педагогами в процессе адаптации к условиям профессиональной деятельности адаптационных стратегий занимает стратегия активного изменения себя (общий балл – 791; средний балл – 13,8; станаины – 5). Она основывается на личностно-профессиональном самоизменении и самосовершенствовании в соответствии с особенностями новой среды, что способствует принятию молодыми педагогами ценностей и норм поведения в педагогическом коллективе без чувства внутреннего дискомфорта [6]. Оказавшись в новом коллективе, начинающие учителя изучают сложившиеся в нем правила и нормы профессионального взаимодействия,

интериоризируя ценностные ориентации и отношения, осваивая корпоративную культуру образовательной организации. Значимое место данной модели поведения в ситуации адаптации свидетельствует о том, что у данной категории молодых специалистов в ходе профессиональной подготовки в высшей школе были сформированы установка на личностно-профессиональное саморазвитие и самосовершенствование, а также рефлексивное мышление.

Высокие адаптивные возможности стратегии активного изменения себя раскрываются в условиях инновационной образовательной среды общеобразовательной организации, способствующей раскрытию творческого потенциала начинающего педагога, а также его дальнейшему личностно-профессиональному росту. Вместе с тем, использование данной стратегии в условиях общеобразовательной организации, характеризующейся высоким консерватизмом, нездоровым психологическим микроклиматом в педагогическом коллективе и авторитарным руководством, может стать тормозом для личностно-профессионального развития молодого педагога и привести его в дальнейшем к профессиональной деформации.

В отношении начинающих учителей, отдающих предпочтение стратегии активного изменения себя, целесообразно использование таких зарекомендовавших себя традиционных форм работы по педагогическому сопровождению адаптации, как наставничество, школа молодого педагога, повышение квалификации, недели педагогического мастерства и т.д. [3, 4]. Это связано с высокой готовностью данной категории начинающих учителей к постоянной работе над собой, освоению корпоративной культуры образовательной организации. Использование вышеназванных форм работы дает большой результат в условиях высокопрофессиональной инновационной образовательной среды, стимулируя личностно-профессиональный рост и профессиональное самосовершенствование начинающего педагога. Особое внимание следует уделить выбору наставника, его личностным и профессиональным качествам как транслятора корпоративной культуры.

Второе место занимает стратегия активного изменения среды или партнера (общий балл – 561; средний балл – 9,8; станаины – 5). Молодые педагоги, использующие данную стратегию адаптации, с первых дней работы в школе занимают активную позицию по отношению к новой среде, построению взаимодействия с коллегами и администрацией, обучающимися и их родителями. Их отличают стремление к позитивным преоб-

разованиям образовательной среды и субъектов взаимодействия, попытки реализации на практике инновационных образовательных технологий, с которыми они познакомились в ходе профессиональной подготовки в высшей школе. Однако их стремление внести коррективы в складывавшуюся годами систему, попытки изменить точку зрения своих более опытных коллег согласно своим взглядам и убеждениям, часто без понимания специфики образовательной организации, ее традиций и устоев, могут стать причиной межличностных конфликтов, а в ряде случаев – разочарования и ухода из профессии.

В ходе педагогического сопровождения адаптации молодых педагогов, выбирающих стратегию активного изменения среды или партнера, наиболее соответствующими их индивидуальным особенностям выступают такие формы работы, как стажировочные площадки, дискуссионные клубы, проблемные семинары, творческие микрогруппы, а также участие в различных педагогических конкурсах и проектах [1, 2]. Однако, принимая во внимание стремление данной группы молодых педагогов к преобразованию в соответствии со своими взглядами и убеждениями образовательной среды и партнеров по профессионально-педагогическому взаимодействию, важное значение приобретает одновременное использование наставничества и модерирования, позволяющих подвести начинающего учителя к принятию профессионально грамотного решения с учетом традиций образовательной организации и мнения своих более опытных коллег, а также побуждающих молодых педагогов к личностному и профессиональному самоизменению и самосовершенствованию.

На третьем месте в ряду используемых молодыми учителями стратегий адаптации к условиям профессиональной деятельности в общеобразовательной организации находится стратегия пассивного выживания внешних и внутренних изменений (общий балл – 362; средний балл – 6,3; стаяны – 5). В соответствии с данной стратегией, начинающие педагоги отказываются от каких-либо активных действий, занимая выжидательную позицию по отношению к происходящим с ними переменам [6]. Они «уходят в тень», наблюдая за сложившимися в школьном коллективе правилами и нормами профессионального взаимодействия, сопоставляя ценностные ориентации и отношения в нем со своими принципами и убеждениями, определяя степень реальной практической готовности к новой профессиональной деятельности. Данная стратегия

помогает молодым педагогам избежать непродуманных действий, профессиональных ошибок, импульсивных эмоциональных реакций во взаимодействии как с коллегами и представителями администрации, так и с обучающимися и их родителями. Однако длительное выжидание без должного анализа ситуации и дальнейших активных действий может стать привычной формой поведения молодого учителя, тормозящей его личностно-профессиональное развитие и дальнейший карьерный рост.

Это определяет необходимость организации деятельности по сопровождению адаптации молодых педагогов данной группы в двух направлениях: создание условий для обогащения их опыта профессиональной деятельности (наставничество, школа молодого учителя, недели педагогического мастерства, банк инновационных идей, «копилка» педагогического мастерства и др.); стимулирование позиции субъекта профессионально-педагогической деятельности через активные формы (стажировочные площадки, творческие микрогруппы, проблемные семинары, тренинги профессионального мастерства, дискуссионные клубы и др.). Их комплексное использование позволяет постепенно вывести начинающего учителя из пассивно-выжидательной позиции на уровень субъекта собственного личностно-профессионального развития.

Целая группа начинающих учителей выбирает в ситуации адаптации к условиям профессиональной деятельности в образовательной организации общего образования стратегию активного ухода из среды и поиска новой (общий балл – 240; средний балл – 4,2; стаяны – 6). Столкнувшись с объективными трудностями адаптационного периода (психолого-педагогическими, организационными, методическими и др.), а также отсутствием, по мнению молодого специалиста, возможностей для профессиональной самореализации и перспектив для карьерного роста, он выбирает избегающее поведение – смену места профессиональной деятельности [6]. В ситуации полного разочарования в педагогической профессии он выбирает кардинальную смену сферы деятельности. Данная стратегия может рассматриваться как эффективная в ограниченном количестве ситуаций (например, при ошибочности выбора профессии или при нездоровом психологическом микроклимате в педагогическом коллективе). Однако частая смена места работы в сочетании с неготовностью к самоизменению и самосовершенствованию, нежеланием (неумением) преодолеть объективные трудности существенно снижает шансы

молодого учителя на построение карьеры и личностно-профессиональную самореализацию в педагогической профессии.

Начинающие педагоги, предрасположенные к использованию описанной выше стратегии, нуждаются в помощи и поддержке в профессиональном самоопределении, в уточнении правильности их профессионально-педагогического выбора, а также формировании видения перспектив карьерного роста и возможности профессионально-личностной самореализации в педагогической деятельности. В качестве наиболее соответствующей решению поставленных задач формы работы с ними в адаптационный период может рассматриваться педагогический коучинг. Принятие молодым педагогом в ходе коучинг-сессий принципиального решения о продолжении профессиональной деятельности в данной образовательной организации должно быть усилено совокупностью традиционных и инновационных форм работы с начинающими педагогами в процессе педагогического сопровождения адаптации.

Ряд молодых педагогов выбирают в ситуации адаптации стратегию пассивного подчинения условиям среды (общий балл – 190; средний балл – 3,3; станаины – 6). Они меняются под среду образовательной организации, подчиняясь традициям, сложившимся в школе. Но эти изменения носят поверхностный характер, не затрагивая истинные взгляды и убеждения начинающего учителя. Часто такой учитель боится самостоятельно принимать решения, зависим от мнения более опытных педагогов и администрации, предпочитает не выделяться из коллектива. Стратегия пассивного подчинения условиям среды позволяет молодому педагогу достаточно быстро стать своим в педагогическом коллективе. Однако ее длительное использование может привести к внутреннему конфликту между требуемыми средой формами поведения и внутренними установками, стать одной из причин преждевременного эмоционального выгорания, чувства глубокой внутренней неудовлетворенности собой и профессиональной деятельностью, а также препятствием к творческой самореализации в педагогической профессии [6].

Учителя, прибегающие в первые годы своей профессиональной деятельности к стратегии пассивного подчинения условиям среды, достаточно быстро приспосабливаются к новым условиям. Однако ее длительное использование вступает в противоречие с творческой сущностью педагогической профессии, а также с современными требованиями к инновационному характеру

образовательного процесса. В связи с этим очень важно в ходе педагогического сопровождения адаптации данной группы молодых педагогов использовать формы работы, способствующие формированию у них собственной педагогической позиции, профессиональных убеждений, способности и готовности отстаивать их в процессе конструктивного диалога. Среди таких форм особое место занимает участие в творческих микрогруппах, проблемных семинарах, дискуссионных клубах, стажировочных площадках и ином, в совокупности создающих условия для творческой самореализации начинающего педагога, его личностного и профессионального развития.

Одним из способов адаптации к профессиональной деятельности в школе, к которым прибегают молодые педагоги, может стать активный уход от контакта со средой и погружение в свой внутренний мир (общий балл – 154; средний балл – 2,7; станаины – 6). Такой учитель, сталкиваясь с целым рядом проблем в адаптационный период, направляет свою активность не на поиск путей их преодоления, а на избегание объекта дискомфорта – новой среды профессиональной деятельности. У начинающего учителя существует множество способов ухода от контакта с травмирующей его средой без физического разрыва с ней: отрицание наличия проблем; погружение в виртуальную реальность; занимающее все свободное время и мысли хобби; освобождение от работы в связи с болезнью; прием лекарственных препаратов, алкоголя и др. Особое место в современных условиях занимает замена реального мира виртуальным, что не может не сказаться на качестве профессиональной деятельности. Молодой педагог становится безучастным к жизни школы, своих коллег и обучающихся, что является крайне неблагоприятным фактором для его дальнейшего личностно-профессионального развития.

Данная группа молодых педагогов составляет группу риска, требующую особого внимания и индивидуального подхода. В связи с этим особое значение приобретают такие формы сопровождения, как: индивидуальное психологическое консультирование, направленное на осознание молодым педагогом действия защитных механизмов как непродуктивной реакции на проблемы адаптационного периода; педагогическая супервизия, позволяющая выявить трудности личностно-профессионального самоопределения, испытываемые начинающим учителем, а также определить оптимальные персонализированные способы их разрешения; наставничество, способствующее совершенствованию имеющихся у молодого

педагога профессиональных компетенций и создающее предпосылки для продуктивной профессиональной деятельности.

Отдельные из начинающих учителей отдают устойчивое предпочтение стратегии пассивной репрезентации себя (общий балл – 10; средний балл – 0,2; станаины – 5). Ее сущность заключается в следовании своим внутренним принципам и убеждениям без проявления попыток изменения не устраивающих молодого педагога ситуаций профессионального взаимодействия, психологического микроклимата в коллективе, сложившихся в нем норм поведения и традиций. При этом он отказывается корректировать свою позицию, не совпадающую с общественным мнением и общепринятыми в коллективе нормами, проявляя упрямство и нежелание идти на компромисс. Это позволяет сохранить свое «Я» и индивидуальность от группового давления, но становится причиной отчужденности молодого учителя от педагогического коллектива и, в конечном итоге, социально-психологической дезадаптированности. Высокая личностная ригидность затрудняет межличностное взаимодействие молодого учителя с коллегами, администрацией образовательной организации, обучающимися и их родителями, а также препятствует его личностно-профессиональному развитию и самосовершенствованию.

Именно работа по педагогическому сопровождению адаптации начинающих учителей, выбирающих стратегию пассивной репрезентации себя, вызывает наибольшую сложность. В качестве отправной точки построения продуктивного взаимодействия с ними может рассматриваться включение данной категории молодых педагогов в творческие проектные микрогруппы, объединенные поиском решения профессионально-педагогических задач, характеризующихся высокой личностной значимостью для них. Принципиальными условиями эффективности работы начинающего учителя с высокой ригидностью в творческой микрогруппе являются доверие к коллегам и высокая заинтересованность в содержании и результатах совместной деятельности. В случае успеха могут быть подключены такие формы работы, как педагогический коучинг и супервизия, модерирование, тре-

нинги, в совокупности создающие предпосылки для позитивного самоизменения и личностно-профессионального роста.

Заключение

Таким образом, успешность протекания адаптационных процессов играет важную роль в дальнейшем личностно-профессиональном становлении начинающих учителей. В связи с этим на начальном этапе освоения новой профессиональной деятельности в школе они нуждаются в педагогическом сопровождении и поддержке. В современной школе используется многообразие традиционных и инновационных форм взаимодействия в процессе организации и осуществления педагогического сопровождения адаптации молодых учителей. Одним из условий эффективности использования в процессе сопровождения форм работы выступает учет предпочтений молодых педагогов в выборе адаптационных стратегий. Их учет не только способствует скорейшей адаптации начинающих учителей к новой профессиональной деятельности в школе, но и оказывает влияние на дальнейшее личностно-профессиональное развитие, самореализацию и самоутверждение.

Список литературы

1. Мартыненко О.О., Карев Б.А., Соболева Е.В., Ключников Д.А. Проблема привлечения и профессиональной адаптации молодых учителей: анализ факторов и опыт решения // Общество: социология, психология, педагогика. 2020. № 6 (74). С. 135–143.
2. Овчинникова Л.А., Декман И.Е. Психолого-педагогическое сопровождение процесса адаптации молодого педагога к условиям профессиональной деятельности // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2020. Т. 9, № 2 (31). С. 354–357.
3. Кудрявцева Н.В. Программа деятельности учителя-наставника по сопровождению профессиональной адаптации молодых специалистов «учитель – учителю» // Современное образование: актуальные вопросы и инновации. 2021. № 1. С. 79–83.
4. Чернявская А.П., Данилова Л.Н. Роль педагога-наставника в адаптации молодого учителя // Ярославский педагогический вестник. 2019. № 4 (109). С. 62–70.
5. Водопьянова Н.Е., Капустина А.Н. Копинг-стратегии как фактор профессиональной адаптации // Вестник Ленинградского государственного университета им. А. С. Пушкина. 2015. № 1. С. 73–82.
6. Сиврикова Н.В., Черникова Е.Г. Стратегии адаптации молодых учителей общеобразовательных школ // Здоровье, образование и безопасность. 2018. № 2 (14). С. 48–55.

УДК 376
DOI 10.17513/snt.39870

РАЗВИТИЕ МЫСЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Гамаюнова А.Н., Бобкова О.В., Кондаранцева И.В.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: office@mordgpi.ru

Данная статья посвящена актуальной проблеме изучения особенностей операционального компонента мышления детей младшего школьного возраста с задержкой психического развития. Исследования клиницистов, психологов, педагогов выявили наиболее существенные трудности и проблемы психического развития детей данной категории: замедленный темп и неравномерное качество становления высших психических функций, трудности произвольной саморегуляции, несформированность мыслительной деятельности как на мотивационном, так и на операциональном уровне, дефицит коммуникативных способностей и др. От сформированности основных компонентов мышления, в том числе и мыслительных операций (анализа, синтеза, сравнения, классификации, обобщения и др.), во многом зависит успеваемость ребенка в школе. Большинство детей с ЗПР обучаются в настоящее время в условиях инклюзии вместе со сверстниками, не имеющими ограничений по возможностям здоровья. Инклюзивное образование требует комплексного психолого-педагогического, а при необходимости – медицинского сопровождения детей с ЗПР. Накопленный за время инклюзивного образования детей младшего школьного возраста опыт свидетельствует о необходимости разработки специальной программы (или раздела коррекционной программы) по развитию мыслительных операций. На основе проведенной диагностики авторами спроектирована и апробирована программа, содержащая основные направления работы по коррекции нарушений мыслительных операций и их развитию у младших школьников с задержкой психического развития; описаны применяемые методы, приемы, средства, представлены результаты ее реализации. Исследование выполнено в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет и Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева) по теме: «Научно-методические аспекты коррекционно-развивающей работы с детьми с ограниченными возможностями здоровья в условиях инклюзивной практики».

Ключевые слова: мыслительные операции, младшие школьники, задержка психического развития, инклюзивное образование

DEVELOPMENT OF THOUGHT OPERATIONS IN JUNIOR SCHOOLCHILDREN WITH MENTAL DEVELOPMENT RETARDS IN CONDITIONS OF INCLUSIVE EDUCATION

Gamayunova A.N., Bobkova O.V., Kondarantseva I.V.

Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evsevyev, Saransk,
e-mail: office@mordgpi.ru

This article is devoted to the urgent problem of studying the characteristics of the operational component of thinking in children of primary school age with mental retardation. Research by clinicians, psychologists, and teachers has revealed the most significant difficulties and problems in the mental development of children in this category: a slow pace and uneven quality of development of higher mental functions, difficulties in voluntary self-regulation, immaturity of mental activity at both the motivational and operational levels, deficiency of communication abilities, etc. The child's performance at school largely depends on the formation of the main components of thinking, including mental operations (analysis, synthesis, comparison, classification, generalization, etc.). The majority of children with mental retardation are currently studying in an inclusive environment together with peers who do not have disabilities. Inclusive education requires comprehensive psychological, pedagogical, and, if necessary, medical support for children with mental retardation. The experience accumulated during the inclusive education of children of primary school age indicates the need to develop a special program (or section of a correctional program) for the development of mental operations. Based on the diagnostics carried out, the authors designed and tested a program containing the main directions of work to correct disorders of mental operations and their development in primary schoolchildren with mental retardation; the methods, techniques, and means used are described, and the results of its implementation are presented. The study was carried out within the framework of a grant for conducting research work in priority areas of scientific activity of partner universities in network interaction (South Ural State Humanitarian Pedagogical University and Mordovian State Pedagogical University named after M. E. Evsevyev) on the topic: "Scientific and methodological aspects of correctional and developmental work with children with disabilities in conditions of inclusive practice".

Keywords: mental operations, junior schoolchildren, mental retardation, inclusive education

Среди детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) наиболее многочисленную группу составляют дети с задержкой психического развития (ЗПР). Термин предложен Г.Е. Сухаревой.

Многолетние исследования отечественных клиницистов, психологов, педагогов (Г.Е. Сухарева, Т.А. Власова, К.С. Лебединская, В.И. Лубовский, М.С. Певзнер, Н.В. Бабкина, А.Д. Вильшанская, Е.Л. Инденбаум, И.А. Коробейников и др.) и обобщение зарубежного опыта выявили причины выраженной задержки психического развития детей: минимальное мозаичное органическое повреждение центральной нервной системы (в отличие от тотального недоразвития мозговых структур у умственно отсталого ребенка); ее функциональная недостаточность, конституциональные факторы, хронические соматические заболевания; психическая и социальная депривация. Они и обуславливают отставание во всех сферах деятельности школьника к началу обучения. Диагностируются: замедленный темп познавательной деятельности; дефицит внимания, восприятия, произвольности запоминания; отсутствие сформированности мотивации к учебной деятельности; недостаточный уровень сформированности операций мышления; отставание в речевом развитии и т.д.

Е.Л. Инденбаум, И.А. Коробейников и Н.В. Бабкина особо выделяют трудности произвольной саморегуляции деятельности и поведения присущие для всех детей данной категории [1, с. 5].

От сформированности основных компонентов мышления, в том числе и мыслительных операций, зависит успеваемость ребенка в школе. Мышление позволяет получать знание о таких объектах, свойствах и отношениях реального мира, которые не могут быть непосредственно восприняты на чувственной ступени познания. Мышление неразрывно связано с памятью и всеми другими психическими познавательными процессами. Ж. Пиаже отмечает, что именно в детском возрасте на стадии конкретных операций ребенок уже учится усваивать понятия, отношения и др. Вместе с дальнейшим развитием появляются способности мыслить в символических и абстрактных терминах и овладевать мыслительными операциями.

Высшим сложнейшим приобретением человеческого мозга Л.С. Выготский считает операцию обобщения [2, с. 325]. Исследования показали, что у детей с ЗПР к началу школьного обучения не сформированы в достаточной мере даже те мыслительные операции, которыми дети в норме овладевают уже в дошкольном возрасте.

Т.В. Егорова, проводя анализ разных мыслительных операций детей с ЗПР, обнаружила, что процесс анализа объекта протекает у детей данной категории на более низком уровне, чем у нормально развивающихся. Дети с ЗПР выделяют меньше признаков при изучении объекта, при отсутствии плана сравнения признаков и т.д. [3, с. 8].

С.Н. Каштановой и И.Н. Головановой проведена сравнительная характеристика особенностей операционального компонента мышления у детей старшего дошкольного возраста с ЗПР и умственной отсталостью [4].

Характеризуя особенности мыслительной деятельности детей с ЗПР, Н.В. Микляева находит значительные отличия внутри данной группы. При задержке церебрально-органического характера нарушения мыслительной деятельности выражены в более значительной степени (в понимании цели задания, способов его выполнения, обобщения и выводах и т.д.), чем других этиологических групп [5, с. 15–16].

Исследуя операции мышления, О.Е. Шаповалова выделяет нарушение операций обобщения одним из основных недостатков, затрудняющих понимание младшими школьниками с ЗПР смысла и подтекстов пословиц, метафорических выражений [6].

Изучая готовность к школе первоклассников с ЗПР, А.Д. Вильшанская [7, с. 32–33] отмечает функциональные недостатки мыслительных операций в их умственной деятельности, отсутствие многоаспектности в операции анализа, несформированность навыка соотносительного анализа; отсутствие умения делать заключения по аналогии; низкий объем памяти и ее продуктивности (запоминания, сохранения, воспроизведения).

Изученные особенности развития младших школьников с ЗПР позволили ученым сделать важный вывод о необходимости специального обучения в рамках общего образования. Введение в практику Федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (ФГОС НОО ОВЗ) позволяет выделить детей с ЗПР в отдельную образовательную группу с особыми образовательными потребностями и специальными условиями их удовлетворения в образовательных организациях, в том числе в условиях инклюзивного образования (обеспечения равного доступа к образованию для всех обучающихся с учетом их особых образовательных потребностей).

Специальные образовательные условия включают прежде всего комплексное психолого-педагогическое, а при необхо-

димости и медицинское сопровождение обучающихся. Однако полученные последние данные разносторонней оценки когнитивного и личностного развития младших школьников с ЗПР, окончивших начальную школу, говорят о недостаточной степени компенсации их отставания в развитии [8]. Предложены разные варианты коррекции недостатков психофизического развития: дифференциация образовательного маршрута обучающихся в соответствии с их возможностями и потребностями [9]; модели коррекции задержки психического развития у дошкольников [10, с. 144–166], программа коррекционных курсов на уровне основного общего образования [11, с. 45–117].

Цель исследования – изучение особенностей и недостатков операционального компонента мышления и разработка организационно-методического ресурса, направленного на формирование мыслительных операций младших школьников с ЗПР в условиях инклюзивного образования.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу проводимого исследования составили базовые положения специальной психологии и коррекционной педагогики, принципы системного и деятельностного подходов, принцип индивидуального подхода.

Были применены следующие методы исследования: теоретический обзор научно-методической литературы по проблеме исследования и документации педагогов образовательной организации; эмпирические методы исследования, включающие: наблюдение за участниками исследования во время уроков, а также педагогические эксперименты (констатирующий, формирующий и контрольный). Для исследования мыслительных операций у школьников с ЗПР были применены следующие методики: «Кубики Кооса», методика Э.Ф. Замбацьявичене [12, с. 166–170]; «Осмысление и толкование пословиц» [13, с. 18–20; 14, с. 108–118]. Результаты по данным методикам подвергались качественной и количественной обработке, позволившей определить особенности мышления у младших школьников с ЗПР.

Результаты исследования и их обсуждение

В исследовании принимали участие одиннадцать учащихся в возрасте 8–9 лет МБОУ «Шиморская средняя школа» Нижегородской области, обучающихся по адаптированной основной общеобразовательной программе начального общего образования (АООП НОО) обучающихся с ЗПР (вариант 7.1).

Исследование проводилось с сентября 2021 г. по май 2023 г. и состояло из нескольких этапов: 1) изучение и анализ литературы по проблеме исследования; 2) выбор диагностических методик с учетом особенностей участников исследования и проведение констатирующего эксперимента; 3) проектирование содержания коррекционно-педагогической деятельности по развитию мыслительных операций у данной категории детей, проведение экспериментального обучения (формирующий эксперимент); 4) анализ результатов исследования, выявление эффективности проделанной работы с младшими школьниками с ЗПР (контрольный эксперимент).

Диагностика мыслительных операций проводилась с каждым школьником в индивидуальной форме в соответствии с правилами и нормами психологического исследования. Кратко представим результаты констатирующего исследования. Первым диагностическим заданием выступила методика «Кубика Кооса», позволяющая изучить способность к конструированию и анализу у исследуемой группы школьников с ЗПР.

При выполнении данного задания (после знакомства обучающегося с набором кубиков, их окраской (красной и белой), карточкой, на которой нарисован определенный узор из кубиков, предупреждения о необходимости внимательного наблюдения за работой, так как затем ребенок будет строить фигуру сам), экспериментатор медленно составлял узор из кубиков. После самостоятельного анализа построенной фигуры обучающийся на другой карточке по данному образцу создавал такой же узор (время лимитировано). В итоге при выполнении задания по образцу 36,36% детей справились с заданием с первого раза. Остальные школьники выполнили задание после необходимой стимулирующей помощи экспериментатора. Вторая часть задания – самостоятельное конструирование фигуры без образца, только по рисунку. 18,18% участников эксперимента справились с заданием с первого раза, остальным потребовались разные виды помощи (стимулирующей, организующей, направляющей) и дополнительное время (в сравнении с указанным в инструкции). Одному обучающемуся (9,09%) потребовалось вновь повторить демонстрацию конструирования объекта, после чего задание выполнено. Анализ результатов данной методики позволил определить следующие особенности операций мышления у младших школьников с ЗПР: во-первых, часть детей данной категории могли успешно воспроизводить фигуры по наглядному образцу, во-вторых,

без предъявления образца значительная часть школьников испытывала трудности при анализе и конструировании, разбивке фигуры на составные элементы и понимании того, как эти элементы должны быть соединены, что можно оценить как недостаточность развития операций анализа и синтеза. Некоторым из них для анализа и конструирования требовалось дополнительное время или разные виды помощи со стороны экспериментатора. Следует отметить, что у некоторых участников эксперимента присутствовала неустойчивость внимания, из-за чего школьники не могли длительное время концентрироваться на выполнении диагностической пробы. Результаты диагностики явились доказательством необходимости специальных приемов в последующей коррекционной работе.

Вторая методика (включающая 4 субтеста) направлена на исследование осведомленности об окружающем мире, операций мышления (классификация, обобщение, сравнение, анализ, синтез).

Первый субтест выявлял степень осведомленности обучающихся об окружающем мире. Задача ребенка: закончить предложение одним из пяти приведенных слов, осуществляя логический выбор. Более успешно дети выполнили задания, смысл и содержание которых им было знакомо по бытовому опыту (времена года, зимние месяцы, пассажирский транспорт). Другие задания, требующие более сложного анализа, рассуждений, логических умозаключений, дифференциации признаков предметов окружающего мира, оказались во многом недоступны обучающимся, что говорит о сниженном уровне понятийного мышления. В итоге у 45,45% младших школьников с ЗПР отмечалось ограниченное представление об окружающем мире и недостаточность развития способности к анализу и дифференциации признаков окружающих их объектов.

Второй субтест направлен на выявление способности к классификации и обобщению на основе исключения «пятого лишнего». Участникам эксперимента предстояло на основе анализа вычленить признаки сходства и различия в ряду приведенных предметов, объединить сходные предметы обобщающим родовым понятием и исключить «пятый лишний». Результаты выполнения данного задания показали, что классификационные способности и способность к обобщению у школьников с ЗПР развиты недостаточно. Во время выполнения данного субтеста высокий уровень не показал ни один из обучающихся, 36,36% показали средний уровень, 63,64%

школьников – низкие результаты. Трудности заключались в определении главных признаков, по которым сходные предметы объединялись в одну группу, так, стол, кровать, кресло, табурет некоторые участники эксперимента объединили в одну группу, потому что они из дерева, а ковер исключили потому, что он из шерсти. Другой пример: из группы тополь, береза, орешник, липа, осина два учащих выделили орешник не потому, что это кустарник, а потому, что у орешника есть орехи, идущие в пищу, а у других нет. В ряде случаев проявленная невнимательность не позволила дать правильный ответ (в задании, состоящем из четырех имен и одной фамилии, являющейся лишним элементом, некоторые учащиеся заявили, что здесь нет лишнего, не посмотрев на знаки препинания). Авторы считают (как и многие другие исследователи), что недостаточное дифференцирование видовых и родовых понятий является одной из главных причин ошибок при операции обобщения. Во многом сложности у данной категории детей обусловлены не только ограниченной способностью к обобщению, но и ограниченным речевым запасом. Даже при условии правильного разделения предметов на группы, многие дети затруднялись пояснить свои действия словами. Требовались наводящие вопросы экспериментатора.

Третий субтест выявлял способность делать умозаключения по аналогии. Результаты выполнения данного задания показали, что многие младшие школьники с ЗПР испытывали затруднения в применении операции сравнения для нахождения аналогий. Они с трудом устанавливали логические связи и отношения между понятиями. Большинство обучающихся при выполнении третьего субтеста не смогли правильно установить аналогии между предложенной парой слов (хотя предлагались ответы для выбора), вследствие чего у 45,45% школьников был выявлен низкий уровень развития умозаключительных навыков и способности к ассоциации, а у остальных – 54,55% – средний.

Четвертый субтест был направлен на выявление сформированности обобщения. Здесь школьники должны были найти обобщающее понятие для пары слов (ответов для выбора не предлагалось). Для выполнения данного задания нужно владение и другими операциями: анализом, синтезом, классификацией, осведомленностью об окружающем мире. Результаты выполнения данного субтеста показали, что у школьников с ЗПР умения обобщать и оперировать обобщающими понятиями развиты в недостаточном объеме. Отметим,

что часть детей в своих ответах допускали ошибки из-за смешивания родовых и видовых понятий (например: деревья – растения, месяц – время года), попытки провести обобщение на основе несущественных признаков и др. В итоге было выявлено, что 63,64% школьников с ЗПР имели низкий уровень сформированности обобщения, а 36,36% – средний.

Результаты данной методики свидетельствовали, что 54,55% школьников с ЗПР имели низкий уровень развития словесно-логического мышления. У остальных (45,45%) обучающихся был выявлен средний уровень. Наиболее сложными для школьников оказались субтесты, направленные на нахождение аналогии, классификацию и обобщение понятий.

Преыдушие задания показали, что для младших школьников с ЗПР характерны трудности при взаимодействии с абстрактными фигурами, поэтому дополнительно авторами были исследованы особенности операции абстрагирования у школьников. Для чего школьникам предлагалось объяснить переносный смысл пословиц и фразеологических оборотов (как аукнется, так и откликнется; не зная броду, не суйся в воду; бить баклуши; без году неделя; мало каши ел и др.). Для оценки ответа использовалась методика оценки уровня абстрактного мышления на материале пословиц и поговорок, разработанная Л.Н. Блиновой [13, с. 18–20] А.А. Алексеевым и Г.Е. Рупчевым [14, с. 108–118]. Анализ выполнения заданий показал, что полного ответа не представил ни один из участников эксперимента, младшие школьники с ЗПР давали неполные или упрощенные ответы (36,36%), также прослеживались ответы с элементами конкретного содержания либо буквального понимания пословиц и фразеологических оборотов. Все эти характеристики говорят о недостаточной сформированности абстрагирования как операции мышления у детей с ЗПР.

Результаты констатирующего эксперимента свидетельствовали о наличии специфических особенностей и недостатков операциональных компонентов мышления у младших школьников с ЗПР. Данная категория детей испытывала трудности при выполнении заданий, связанных с операциями анализа, синтеза, сравнения, классификации, обобщения, проявляющихся при выборе существенных признаков в ходе объединения предметов в группы. У исследуемых обучающихся нет четкого разграничения родовых и видовых понятий. Сравнение предметов часто происходило по случайным признакам, без учета главных. Непонима-

ние переносного смысла слов при изучении пословиц и поговорок указывало на несформированность абстрактного компонента мышления. Существенный недостаток – затруднения в вербализации своих действий и др. Вышеназванные особенности мыслительных операций в будущем негативно скажутся на успеваемости младших школьников с ЗПР. Основываясь на данных констатирующего эксперимента, авторы спроектировали программу коррекционно-развивающей работы, *целевым ориентиром* которой являлось развитие мыслительных операций младших школьников с ЗПР.

Она рассчитана на 36 ч факультативных занятий, групповых и индивидуальных. Продолжительность группового занятия составляла 40 мин 3 раза в неделю. С обучающимися, обладающими низким уровнем сформированности операций мышления, проводились дополнительные развивающие занятия длительностью 20 мин в свободное от реализации программы время. Структура занятий включала этапы: мотивационный, во время которого у учащихся активизировались имеющиеся знания, пробуждался интерес к освоению новых; содержательный, в ходе которого происходило обучение и освоение приемов мышления детьми младшего школьного возраста. В этот этап включалась и минута «отдыха», чаще всего в виде активных физических упражнений; заключительный этап – релаксация, позволяющая оценить личностное отношение ученика к изучаемому предмету, формировать правильную оценку, если она отличалась от объективной или вообще отсутствовала.

При проектировании и реализации организационно-методического компонента программы авторы опирались на рекомендации Н.В. Бабкиной, А.Д. Вильшанской, А.В. Махетовой. Кратко представим содержание программы.

Как отмечалось выше, основной акцент при организации коррекционно-развивающей работы был сделан на разработку методов и упражнений, способствующих развитию операций анализа, синтеза, классификации, обобщения, абстрагирования, главным образом словесно-логического мышления у школьников с ЗПР. Для чего в структуру коррекционно-развивающих занятий были включены дополнительные специальные дидактические приемы. Каждое из занятий было посвящено развитию одного из выделенных компонентов мышления, в то же время не исключая и другие. В рамках данной статьи кратко приведем использованные методы и приемы, направленные на развитие мыслительных операций у млад-

ших школьников с ЗПР. Использовались разнообразные дидактические методы (словесные, наглядные, практические (упражнения и действия с реальными предметами, игра)) в их различном сочетании. Применялись специфические приемы и средства обучения, включая артпедагогические и информационно-коммуникационные [15].

Для формирования и развития операций анализа важно понимание признаков сходства и различия исследуемых объектов, выделение из них существенных, необходимых для сравнения объектов между собой. Например, школьникам предлагалось рассмотреть изображения, фотографии или натуральные окружающие предметы, выделяя в них конкретные детали и элементы: обучающимся предлагали найти все желтые предметы, указать объекты круглой формы и определенного размера и т.д. Активно использовалась игра «Найди разницу», в которой школьникам предъявляли две похожие картинки для выявления различия между ними. Данная игра стимулировала внимание к деталям и развивала навыки сравнения и анализа у школьников с ЗПР. Постепенно задания усложнялись и перекликались с учебными предметами. Например, отрабатывались навыки языкового и звукового анализа на речевом материале интернет-ресурса (практикум для педагогов «Развитие фонематического восприятия и звукового анализа и синтеза слов» на сайте «Образовательная социальная сеть nsportal»). Процесс совершенствования какого-либо навыка у младших школьников на начальном этапе легче производить на неучебном материале, более интересном и понятном для них. Например, при формировании навыка соотносительного анализа вначале используется неучебный материал типа: нахождения части картинки на целом рисунке или отличия в двух рисунках и т.д., а затем продолжается на учебном предметном материале русского языка или математики (идея А.Д. Вильшанской).

Операции синтеза у школьников с ЗПР стимулировались через конструирование и создание сюжетов, также с переходом на учебный материал. Первоначально вырабатывались навыки конструирования сложных фигур из простых элементов, моделей – из готовых деталей, с переходом к более сложному заданию – к конструированию путем наложения объектов друг на друга с помощью игры «Цветовой код». Поскольку процессы развития мышления и речи меж собой неразрывно связаны, применялись задания, требующие речевой активности, например дидактический прием «Создай историю»: здесь школьникам

предлагалось составить историю, объединив ее отдельные элементы. Вначале детям давались готовые шаблоны с наглядностью (предметные картинки и условные обозначения), затем ученики придумывали свои элементы истории, которые вплетались в общий сюжет. Данный прием позволил развивать у школьников словесно-логическое мышление, а также связную речь. Активно использовалась работа с деформированными текстами. Например, школьники с ЗПР воссоздавали текст математической задачи по ее составным элементам (условие, вопрос, решение).

Способность к классификации и обобщению развивалась с помощью сортировки объектов и их группировки по сходству. Принцип построения заданий – «от простого к сложному». Первоначально данный навык закреплялся на хорошо знакомых школьникам объектах (окружающие предметы, животные). Например, отобрать сюжетные картинки с животными жарких стран или с изображением насекомых. Активно велась работа по закреплению обобщающих понятий у обучающихся, предпочтительнее – в форме игры. Например, предлагалась игра «Повтори и продолжи» (составление рядов слов одной родовой группы (овощи: морковь, ...; грибы: ...; ягоды: ...) и наоборот – объединение слов родовым понятием (яблоко, груша, апельсин – это ...)). Постепенно задания усложнялись и переходили в абстрактную форму. Школьники подчеркивали в тексте слова определенной части речи или решали упражнения, а затем и задачи, предполагающие выполнение действий «сложение», «вычитание».

Как было отмечено выше, у младших школьников с ЗПР было выявлено недостаточное развитие словесно-логического мышления. Для устранения данного недостатка использовались такие дидактические приемы как разбор проблемного сюжета, картины с нелепицами, чтение логических задач. Разбор проблемного сюжета сначала происходил с опорой на наглядность, а затем предполагал чтение текстов, в частности басен и небольших художественных текстов. Во время выполнения данного вида деятельности школьники учились логически мыслить, развернуто и аргументированно отвечать на вопросы.

На занятиях школьники выполняли все предложенные задания, сопровождая их рассуждением о своих действиях и аргументированием своих ответов. Поначалу школьникам было сложно связно и уверенно отвечать на вопросы: «Почему ты это сделал(а)?» или «Почему ты так решил(а)?»: они терялись и пытались изменить дей-

ствие или ответ (даже если он был верным). Но со временем младшие школьники стали более уверенными и готовыми отстаивать свою точку зрения.

Еще одним направлением работы стало развитие абстрактного мышления. Для этого авторами были разработаны приемы и упражнения, включающие в себя задания на ассоциации и обсуждение абстрактных понятий. Например, использовалась хорошо знакомая педагогам игра «Ассоциации» и ее модификация. Педагог называет слово, а дети придумывают к нему ассоциации. Например, «море» (жара, лето, отдых, каникулы и т.д.). В модифицированном варианте школьниками называлось обобщенное понятие например, «транспорт», а дети должны были назвать одно из транспортных средств и рассказать о нем, и т. д. Еще одним приемом развития абстрактного мышления выступило обсуждение со школьниками нравственных понятий, таких как «счастье», «дружба», «взаимопомощь» и т.д. Каждый ребенок объяснял, что оно значит для него. Ответы учеников дополнялись просмотром фрагментов из мультфильмов, прослушиванием отрывков из рассказов детских писателей, русских народных сказок, представленных в интернет-источниках. Например, после просмотра и обсуждения сказки «Лиса и Журавль» учащимся предлагалась аналитическая задача: сообща придумать конец сказки, который бы помирил героев. Это помогло развивать у школьников с ЗПР способность абстрагироваться от конкретных объектов и работать с абстрактными идеями. В рамках данного направления детям предлагалось обсуждение пословиц и фразеологизмов. Учитывая недостаточность развития абстрактного мышления младших школьников с ЗПР, анализ переносного смысла пословиц, поговорок проводили, разбивая пословицу на части. С помощью наводящих вопросов (от общих – к специальным), исходя из анализа высказанных суждений, школьники делали правильный вывод. Например, на предыдущих занятиях, обсуждая тему дружбы и взаимопомощи, в качестве примера приводилась русская народная сказка «Лиса и Журавль». В данном случае ее связали с анализом переносного смысла пословицы «Как аукнется, так и откликнется». (При проведении диагностики дети давали ее буквальное толкование: чем громче крикнешь (аукнешь) в лесу, тем громче откликнется). Разделив пословицу на две части, начали анализ со второй. Как поступил Журавль? Почему он так поступил? Как поступила Лиса? К кому из них относится вторая часть пословицы (так и откликнется). Какая часть относится к Лисе? Почему?

А вы не совершали таких поступков, чтобы и к вам относилась эта пословица? Хорошо подумайте – и, может быть, расскажете о своем поступке?

Подобный анализ малых фольклорных форм способствует развитию мыслительной деятельности, критичности мышления. Кроме того, работа над пониманием пословиц, метафор и др. способствует развитию связной речи учащихся, обогащению пассивной и активной лексики, воспитанию уважения к культурным ценностям своего народа.

Следует отметить, что работа в малой группе, преимущественно игровые методы проведения занятий, позитивная стимуляция деятельности и поведения, своевременное оказание необходимой помощи детям также способствовали получению положительного результата.

По окончании коррекционно-развивающей работы была проведена диагностика особенностей мыслительных операций у младших школьников с ЗПР по аналогии с констатирующим этапом исследования, но с измененными заданиями.

Количественный анализ полученных данных выявил уменьшение контингента детей с низким уровнем развития мыслительных операций на 27,27%. Качественный анализ показал положительные изменения у участников эксперимента в развитии операций словесно-логического мышления: таких как анализ, синтез, классификация, обобщения.

Заключение

Проведенная опытно-экспериментальная работа показала недостаточно высокий уровень сформированности операционального компонента мышления (особенно словесно-логического) у младших школьников с ЗПР, что подтвердило данные других исследователей. В операциональных характеристиках мышления отмечаются трудности при выполнении логических действий анализа и синтеза, классификации, сравнения и обобщения, формулировании выводов на основе анализа полученной информации, вербализации своих действий.

Разработанная и апробированная авторами программа коррекционной работы, целевым компонентом которой являлось развитие мыслительных операций обучающихся исследуемой группы, показала положительные результаты: в определении существенных признаков предмета, объединении предметов одной категориальной группы и названии ее обобщающим словом, понимании принципов классификации, вер-

бализации своих действий и др. Полагаем, что итоги исследования, предложенный авторами организационно-методический ресурс, направленный на развитие операционального компонента мышления младших школьников с ЗПР, могут быть полезными специалистам, работающим в сфере инклюзивного образования.

Список литературы

1. Инденбаум Е.Л., Коробейников И.А., Бабкина Н.В. Дети с задержкой психического развития. М.: Просвещение, 2022. 48 с.
2. Выготский Л.С. История развития высших психических функций. М.: Юрайт, 2023. 336 с.
3. Егорова Т.В. Особенности памяти и мышления младших школьников, отстающих в развитии. М.: Педагогика, 1973. 150 с.
4. Каштанова С.Н., Голованова И.Н. Сравнительная оценка особенностей и недостатков операционального компонента мышления у старших дошкольников с задержкой психического развития и умственной отсталостью // Карельский научный журнал. 2021. Т. 10, № 1 (34). С. 16–19.
5. Микляева Н.В. Основы коррекционной педагогики и коррекционной психологии: воспитание и обучение детей с задержкой психического развития: учебное пособие для среднего профессионального образования. М.: Юрайт, 2023. 328 с.
6. Шаповалова О.Е., Рысбек кызы Айжан Изучение мыслительной деятельности младших школьников с задержкой психического развития // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2022. № 4 (49). С. 72–77.
7. Вильшанская А.Д. Содержание и методы работы учителя-дефектолога в общеобразовательной школе. М.: Школьная Пресса, 2008. 112 с.
8. Инденбаум Е.Л., Гостар А.А. К проблеме компенсации задержки психического развития в период начального образования // Дефектология. 2019. № 3. С. 9–12.
9. Бабкина Н.В. Особые образовательные потребности детей с задержкой психического развития в период начального школьного обучения // Педагогика и психология образования. 2017. № 3. С. 44–58.
10. Ульяновская У.В. Шестилетние дети с задержкой психического развития. М.: Педагогика, 1990. 184 с.
11. Вильшанская А.Д., Бабкина Н.В., Пономарева Л.М., Скобликова О.А. Проектирование и реализация коррекционных курсов для обучающихся с задержкой психического развития на уровне основного общего образования: учебно-методическое пособие для педагогов общеобразовательных организаций, реализующих ФГОС ООО (АООП ООО обучающихся с ЗПР). М.: Владос, 2022. 204 с.
12. Детская психодиагностика и профориентация: сборник популярных тестов / Ред.-сост. Л.Д. Столяренко. Ростов-на-Дону: Феникс, 1999. 384 с.
13. Блинова Л.Н. Диагностика и коррекция в образовании детей с задержкой психического развития. М.: НЦ ЭНАС, 2004. 136 с.
14. Диагностика в медицинской (клинической) психологии: современное состояние и перспективы: коллективная монография. М.: ООО «Сам Полиграфист», 2016. 254 с.
15. Архипова С.В., Чаприна А.С. Информационная компетентность педагога-дефектолога // Гуманитарные науки и образование. 2019. № 2. С. 7–14.

УДК 378.37.03

DOI 10.17513/snt.39871

ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ КАК ВАЖНЕЙШЕЕ УСЛОВИЕ УСПЕШНОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

Ильмушкин Г.М., Байгуллов Р.Н.

*Поволжский казачий институт управления и пищевых технологий (ПКИУПТ) – филиал
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления
им. К.Г. Разумовского», Димитровград, e-mail: gera1946@yandex.ru*

Настоящая работа посвящена раскрытию сущностной характеристики формирования естественно-научных знаний в процессе профессиональной подготовки инженерных кадров в условиях технического вуза. В исследовании выявляются роль и место математических компетенций в профессионально-личностном становлении будущих специалистов технического профиля. Раскрываются теоретико-методологические подходы, реализованные в данном исследовании. Выполненное исследование направлено на эффективное профессионально-личностное становление выпускников технического вуза посредством формирования естественно-научных знаний на начальном этапе образования. Для теоретического обоснования результатов исследования использованы ведущие теоретико-методологические подходы: системный, междисциплинарный и интегративный. Раскрыта и теоретически обоснована системно-функциональная модель естественно-научной подготовки студентов технического вуза в процессе их математического образования с опорой на следующие основополагающие принципы: системности, непрерывности, интегративности, профессиональной направленности и развивающего обучения. При этом принцип развивающего обучения является системообразующим. Раскрывается сущностная характеристика естественно-научных знаний в профессиональном становлении студентов технического вуза на различных его этапах. Представленную модель следует рассматривать как открытую самостоятельно образовательную систему с присущими ей взаимосвязанными и взаимообусловленными структурно-функциональными составляющими, что требует широкого применения системного, междисциплинарного и интегративного подходов в изучении проблемы данного исследования.

Ключевые слова: естественно-научные дисциплины, компетенции, профессиональная подготовка, принципы, подходы, профессиональная направленность

FORMATION OF NATURAL SCIENTIFIC KNOWLEDGE AS IMPORTANT CONDITIONS FOR SUCCESSFUL TRAINING OF ENGINEERING PERSONNEL IN THE CONDITIONS OF A TECHNICAL UNIVERSITY

Ilmushkin G.M., Baigullov R.N.

*Volga Cossack Institute of Management and Food Technologies – branch of Moscow
State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky,
Dimitrovgrad, e-mail: gera1946@yandex.ru*

This work is devoted to revealing the essential characteristics of the formation of natural science knowledge in the process of professional training of engineering personnel in a technical university. The study identifies the role and place of mathematical competencies in the professional and personal development of future technical specialists. Theoretical and methodological approaches implemented in this study are revealed. The completed research is aimed at the effective professional and personal development of graduates of a technical university through the formation of natural science knowledge at the initial stage of education. To theoretically substantiate the research results, leading theoretical and methodological approaches were used, such as systemic, interdisciplinary and integrative. A system-functional model of interaction between technical university students in the process of studying natural science disciplines is revealed and theoretically substantiated, based on the following fundamental principles: consistency, continuity, integrativeness, professional orientation and developmental education. At the same time, the principle of developmental education is system-forming. The essential characteristics of natural science knowledge in the professional development of technical university students at its various stages are revealed. The presented model should be considered as an open independent educational system with its inherent interconnected and interdependent structural and functional components, which requires the widespread use of systemic, interdisciplinary and integrative approaches in studying the problem of this research.

Keywords: natural science disciplines, competencies, professional training, principles, approaches, professional orientation

Безусловно, естественно-научные дисциплины занимают ведущее место среди общенаучных дисциплин в процессе инженерной подготовки специалистов в техническом вузе, особенно на начальном этапе обучения. На данном этапе ключевую роль в профессиональном становлении студен-

тов призваны сыграть такие дисциплины, как математика, физика, вычислительная техника и программирование, теория алгоритмов, химия.

Именно успешность обучения этим дисциплинам в дальнейшем определяет формирование общепрофессиональных и специ-

альных профессиональных компетенций. Тем самым обозначенные дисциплины на начальном этапе профессионального становления студентов являются приоритетными, ключевыми. Это требует, прежде всего, высокой школьной подготовки по математическим дисциплинам, математика на младших курсах становится системообразующей дисциплиной, именно на основании математических знаний происходят изучение основ физических явлений, обоснование их природы закономерностей, различных количественных и качественных оценок и т.д. Неслучайно выдающийся немецкий математик Карл Фридрих Гаусс назвал математику царицей всех наук, представляя ее общепринятым инструментарием для успешной работы в других отраслях наук.

Безусловно, в сложившихся условиях актуализируется проблема естественно-научной подготовки студентов технического вуза, направленной на осознание мотивов личностного развития для достижения необходимого уровня профессиональной подготовки в соответствии с государственными образовательными стандартами и полноценного выполнения социальной деятельности.

Цель исследования: определить теоретико-методологические подходы изучения и обоснования естественно-научной подготовки студентов в процессе их инженерной подготовки в условиях технического вуза.

Предметом исследования является процесс естественно-научной подготовки студентов технического вуза в ходе инженерного образования.

Процесс формирования у студентов естественно-научных компетенций берет свое начало с основополагающих разделов математики, таких как «Основы линейной алгебры и аналитической геометрии», «Теоретические основы математического анализа», «Кратные интегралы», «Дифференциальные уравнения», «Теория рядов», «Гармонический анализ», «Численные методы». Познание математических объектов, их системных связей во многом происходит параллельно в ходе активного изучения таких дисциплин, как «Основы алгоритмического программирования», «Дискретная математика», «Информатика и основы информационных технологий», «Вычислительная математика», «Основы математической логики». Такой подход оптимизирует познавательный процесс студентов младших курсов как по временному параметру, так и по содержанию. Так исключается дублирование содержания образования, осуществляется познавательный процесс с единых научных позиций и терминологий,

при этом образовательный процесс, обогащаясь, наполняется новым смыслом и содержанием, более того, выявляются новые междисциплинарные связи между изучаемыми дисциплинами посредством реализации междисциплинарного подхода в математическом образовании студентов. В то время такой подход продуктивно отражается на проявлении интереса и потребности студентов к познавательной деятельности, способствуя эффективному формированию у студентов мотивационно-ценностной составляющей, и нацеливает их на успешное формирование всего комплекса профессиональных компетенций по избранной специальности в соответствии с образовательными стандартами.

Итак, в представленном исследовании реализован *междисциплинарный подход* к раскрытию сущности математической подготовки студентов технического вуза. Данный подход предусматривает выявление междисциплинарных знаний из многих областей знаний: физики, математики, вычислительной техники и программирования и т.д.

Междисциплинарный подход в математическом образовании студентов рассматривался многопланово многими исследователями [1–3], он предполагает установление междисциплинарных связей между различными знаниями и объектами из различных сфер знаний и многоплановое их использование. Следовательно, рассматриваемый подход, прежде всего, ориентирован на установление *межпредметных связей* при изучении конкретной дисциплины, что приводит к рассмотрению одних и тех же объектов изучения с новых познавательных позиций и нередко способствует в научно-исследовательской деятельности определению новшеств, выявлению новых свойств и закономерностей объектов познания. Тем самым научные исследования, в свою очередь, приобретают новый толчок в прорывных направлениях современной науки, рождаются новые научные идеи, направления и наукоемкие технологии.

Рассматриваемый подход обладает невиданными познавательными ресурсами, и следует уметь ими грамотно и эффективно воспользоваться на благо профессионального образования, при этом учитывая специфические особенности подготовки инженерных кадров в соответствии с государственными образовательными стандартами. В этом и кроется самоценность данного подхода.

Как показывает педагогический опыт работы, сам по себе *междисциплинарный подход* не обеспечивает того ожидаемого

результата в подготовке будущих специалистов технического профиля. Эффект данного подхода резко проявляется только в сочетании с *системным подходом*. Как показывают экспериментальные исследования, обозначенные методологические подходы взаимно обогащаются и наполняются новым смыслом в результате их в совместной реализации в образовательной деятельности. Тем самым должно происходить *интегративное взаимодействие* выявленных двух подходов.

В свою очередь, системный подход авторами понимается в том смысле, что процесс изучения студентами естественно-научных знаний представляет собой системное образование, состоящее из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, ориентированных на обеспечение эффективной познавательной деятельности. Также он обуславливает мотивы деятельности студентов и приводит к движению многих, на первый взгляд, скрытых, сложно обнаруживаемых студентами фактов и явлений, отношений и связей между составляющими процесса познавательной деятельности. Следует рассматривать данный процесс как открытую самостоятельную систему с присущими ей взаимосвязанными и взаимообусловленными структурно-функциональными составляющими, что, несомненно, требует полноценного применения *системного подхода* в изучении проблемы данного исследования. Следовательно, вне системного подхода подобное исследование выглядит обедненным и незавершенным.

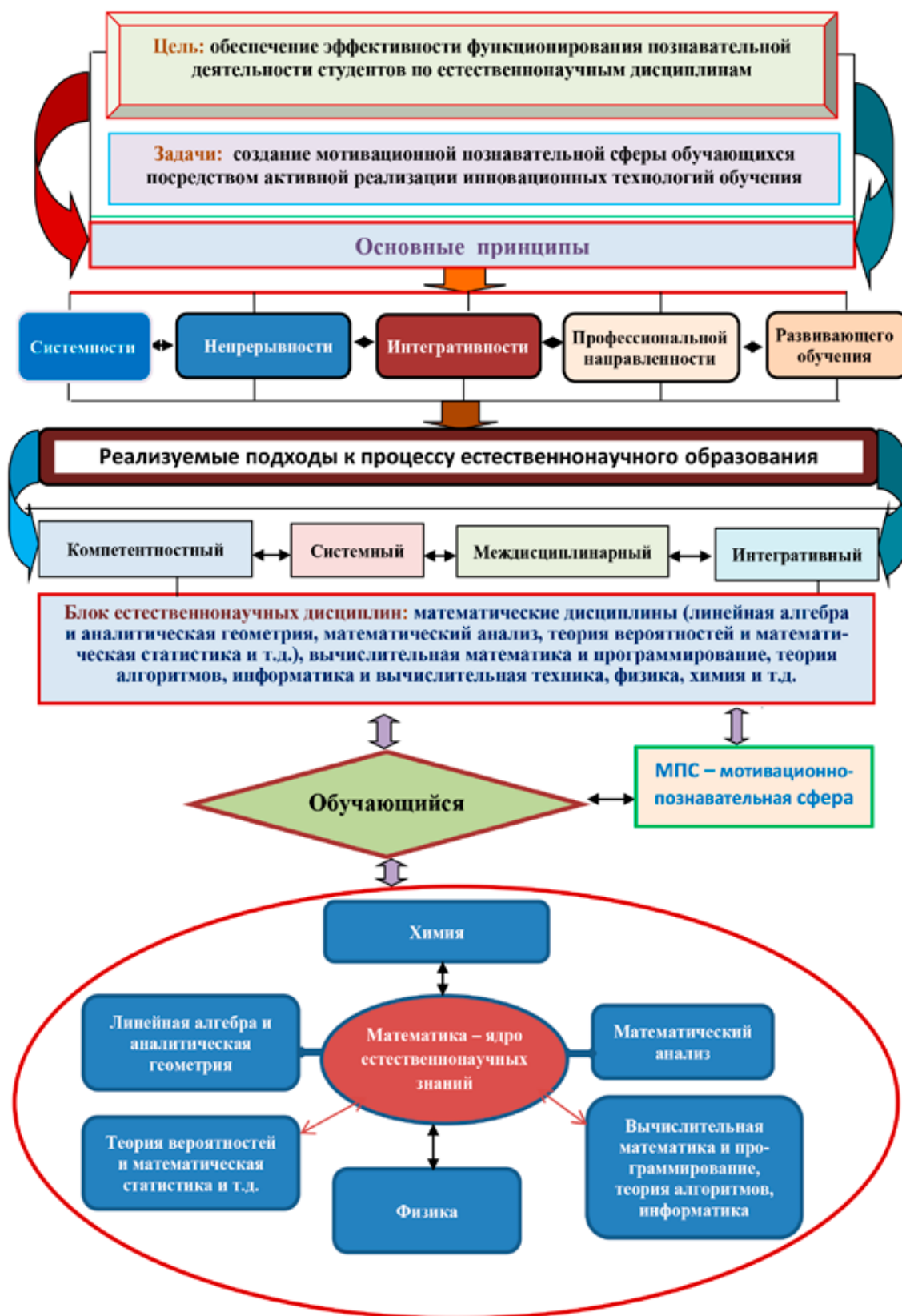
Исследования по проблемам системного подхода к анализу педагогических систем рассматривались такими исследователями, как С.И. Архангельский, В.Г. Афанасьев, В.П. Беспалько, И.В. Блауберг, В.И. Загвязинский, Ф.Ф. Королев, Н.В. Кузьмина и др. Впервые системный подход применил Ф.Ф. Королев [4]. Однако следует осознавать, что любое системное образование есть часть более сложной структурированной системы, что позволяет изучать исследуемую систему с учетом новых системных образований, при этом процесс познания наполняется новым смыслом и содержанием на новом витке познания объективного мира. Следовательно, системный подход представляет собой надежный теоретико-методологический аппарат исследования роли естественно-научных знаний на начальном этапе профессионального становления студентов. Впервые научные истоки *системного подхода* появились в исследованиях Л. Бергаланфи [5].

Итак, на начальном этапе профессионально-личностного развития студентов

технического вуза математические знания в системе естественно-научных дисциплин представляют собой системообразующий фактор, поскольку они являются ведущими, ключевыми и цементирующими в данной системе знаний. Тем самым они обеспечивают эффективное функционирование всей системы познавательной деятельности студентов в сфере естественно-научных знаний путем междисциплинарного и интегративного подходов, что представляет собой специфическую особенность в формировании естественно-научных знаний в условиях технического вуза.

Естественно-научная подготовка студентов технического вуза должна осуществляться с опорой на *принцип* профессиональной направленности с той целью, чтобы на раннем этапе обучения студенты осознавали ценность и необходимость такой подготовки для успешной дальнейшей профессиональной деятельности и социализации. В то же время приобретенные естественно-научные компетенции обеспечивают успешное выполнение студентами поисково-исследовательской деятельности. Как показывает действительность, современное производство не может эффективно развиваться вне использования инновационных технологий на основе новых научных достижений, позволяющих организовать высокотехнологичное производство. Для этого требуются инженерные кадры, обладающие научным потенциалом, то есть научно-исследовательской компетентностью, которая берет свое начало со студенческой скамьи и формируется у студентов при понимании и осознании необходимости сочетания познавательной деятельности с научно-исследовательской работой. Прежде всего, НИР студентов представляет собой новый виток познавательного процесса, который базируется, прежде всего, на естественно-научных знаниях. Этим обусловлена приоритетность естественно-научных знаний на начальном этапе инженерной подготовки студентов.

Естественно-научная подготовка реализуется на следующих основополагающих принципах: *системности, непрерывности, интегративности, профессиональной направленности, развивающего обучения*. Принцип – это руководящее требование, предписание, как действовать для достижения цели, норма деятельности. При этом принцип *развивающего обучения* в выделенной совокупности принципов является системообразующим [6, с. 38], поскольку развитие обучающегося в процессе познания имеет ведущую, приоритетную значимость.



Системно-функциональная модель естественно-научной подготовки студентов

Использование выявленных принципов в естественно-научной подготовке студентов обеспечивает успешное достижение целей профессиональной подготовки студентов технического вуза. Основное предназначение образования в высшей школе направлено на развитие будущего специалиста во многих сферах его многоплановой деятельности, в частности профессиональной, духовно-нравственной, социальной, культурологической и т.д.

Итак, авторами на основании ведущих теоретико-методологических основ и принципов теоретически обоснованы и раскрыты предметные, системные и взаимообусловленные функциональные связи и отношения в процессе изучения естественно-научных дисциплин студентами технического вуза. При этом системно-функциональная модель естественно-научной подготовки студентов технического вуза в процессе их математического образования представлена на рисунке.

На старших курсах особую значимость и ценность представляют компетенции, приобретенные в процессе изучения основ теории вероятностей и статистического анализа, в частности статистические оценки параметров распределения, корреляционный анализ, статистическая проверка гипотез, многофакторный анализ и т.д.

Различные аспекты по реализации научно-исследовательской работы студентов в контексте математического образования исследуются авторами в работах [2, 7]. В частности, проблемы формирования творческих компетенций и создания мотивационно-познавательной сферы обучения математическим дисциплинам исследованы авторами [8–10].

Однако успешная естественно-научная подготовка студентов на младших курсах обучения студентов технического вуза возможна только при умелой организации педагогами познавательной деятельности по математическим дисциплинам. Прежде всего, особое внимание следует уделять продуктивной организации самостоятельной работы студентов, поскольку первокурсники совершенно не умеют организовывать свою учебную деятельность в условиях вуза, более того, еще не адаптировались к условиям учебы в вузе. Однако следует особо выделить, что в процессе адаптации с серьезными трудностями сталкиваются студенты со слабой школьной математической подготовкой. Обычно качественный состав студентов представляет собой гомогенный контингент обучающихся по уровню математической подготовки к обучению в вузе. В этих условиях нами предлагается

использование инновационных технологий обучения, в частности технологии уровневой дифференциации обучения. Как свидетельствуют результаты экспериментальных исследований, применение данной технологии обучения способствует успешному формированию математических компетенций.

В сложившихся условиях пристальное внимание обращается авторами на создание позитивной мотивационно-познавательной сферы обучения математическим дисциплинам, что представляет собой важнейшее педагогическое условие для успешной познавательной деятельности студентов первого курса.

В работе реализованы системный, междисциплинарный и интегративный теоретико-методологические подходы, которые позволили на основе ведущих принципов теоретически обосновать и раскрыть предметные, системные и взаимообусловленные функциональные связи и отношения в процессе изучения естественно-научных дисциплин студентами технического вуза. Предложена эффективная системно-функциональная модель естественно-научной подготовки студентов в процессе их познавательной деятельности в сфере математических знаний. При этом междисциплинарное взаимодействие математических знаний с естественно-научными знаниями способствует успешной естественно-научной подготовке студентов, а также усвоению ими математических знаний, отношений, закономерностей, в конечном итоге – формированию полноценных естественно-научных знаний, на основе которых в дальнейшем осуществляются их научно-исследовательская деятельность, выполнение курсовых, а также выпускных квалификационных работ. Математические знания образуют целостность, единство путем интеграции знаний из различных областей знаний. В этом процессе существенное значение имеют применение междисциплинарного и системного подходов, посредством которого каждая из изучаемых дисциплин обогащается новым предметным смыслом, а также интеграция технологий обучения.

Итак, взаимодействуя, междисциплинарный и системный подходы в процессе математической подготовки студентов технического вуза создают благоприятные условия для успешного формирования у них познавательной *мотивационно-ценностной* составляющей.

Список литературы

1. Букушева А.В. Учебно-исследовательские задачи в продуктивном обучении будущих бакалавров-математиков // Образовательные технологии. 2016. № 2. С. 16-26.

2. Ильмушкин Г.М. Особенности математического образования студентов вуза в современных условиях подготовки конкурентоспособного специалиста технического профиля // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21, № 67. С. 16-21.
3. Ильмушкин Г.М., Миншин М.М. Специфика математического образования будущих инженеров атомной промышленности // Вестник Самарского технического университета. 2015. № 3 (27). С. 95-103.
4. Королев Ф.Ф. Системный подход и возможности применения в педагогических исследованиях // Советская педагогика. 1970. № 9. С. 103-116.
5. Бертуланфи Л. История и статус общей теории систем. М.: Наука, 1973. 124 с.
6. Загвязинский В.И. Теория обучения: современная интерпретация: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений 5-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 192 с.
7. Ильмушкин Г.М., Миншин М.М. Научно-исследовательская деятельность студентов технического вуза как фактор становления конкурентоспособного специалиста атомной отрасли // Известия самарского научного центра российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2019. Т. 21, № 66. С. 30-36.
8. Задорожная О.В. Учебно-научный проект как способ углубления и расширения знаний по математическому анализу // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2017. №1(45). С. 160-166.
9. Зайкова В. Д. Основные виды дивергентных задач по геометрии и методы их решения // Математика – основа компетенций цифровой эры: материалы XXXIX Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов (01-02 октября 2020 года). М.: Московский городской педагогический университет, 2020. С. 117-123.
10. Клунникова М.М., Пушкарева Т.П. Методы и средства развития вычислительного мышления при обучении дисциплине «Численные методы» // Современное образование. 2017. № 2. С. 95-101.

УДК 378:372.851

DOI 10.17513/snt.39872

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭВРИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

¹Капкаева Л.С., ¹Спиридонова К.М., ²Зинина С.Х.

¹ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет
имени М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: lskapkaeva@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва»,
Саранск, e-mail: zininaskh@math.mrsu.ru

Подготовке специалистов среднего звена сегодня уделяется особое внимание, так как они востребованы в различных сферах деятельности общества, их высоко ценят работодатели как специалистов-практиков. Обучение математике студентов среднего профессионального образования (СПО) носит общеобразовательный характер и направлено, прежде всего, на формирование логического, алгоритмического и математического мышления. В процессе решения этих задач возникает целый ряд проблем, среди которых: низкое качество математической подготовки поступающих абитуриентов; отсутствие у большинства первокурсников сформированных общеучебных умений, навыков организации самостоятельной работы, мыслительной деятельности; большой объем учебного материала, который должен быть освоен за один год вместо двух лет в школе и т.д. В статье обоснована необходимость вовлечения студентов в активный процесс получения знаний и формирования у них приемов эвристической деятельности, направленных на создание новой системы действий по поиску решения задач. Рассмотрены трактовки понятий «эвристика», «эвристическая деятельность», «приемы эвристической деятельности» в обучении математике. Под приемами эвристической деятельности понимаются приемы, основанные на специальных эвристиках, которые помогают формировать не только знания, но также умения и потребности применять эти знания для анализа, оценки ситуации и принятия правильного решения. Выделение и формирование эвристик, входящих в прием, осуществляется посредством задач разных типов. Авторами выявлен состав приемов эвристической деятельности, организованной при поиске решения задач на применение производной и интеграла.

Ключевые слова: среднее профессиональное образование, обучение математике, эвристика, эвристическая деятельность, методические приемы

Исследование выполнено в рамках гранта на проведение НИР по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет и Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева) по теме «Формирование приемов эвристической деятельности у студентов среднего профессионального образования в процессе обучения математике».

METHODOLOGICAL METHODS OF ORGANIZING HEURISTIC ACTIVITY AMONG STUDENTS OF SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION IN THE PROCESS OF TEACHING MATHEMATICS

¹Капкаева L.S., ¹Spiridonova K.M., ²Zinina S.Kh.

¹Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseiev, Saransk, e-mail: lskapkaeva@mail.ru;

²National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, e-mail: zininaskh@math.mrsu.ru

Special attention is paid to the training of middle-level specialists today, as they are in demand in various spheres of the company's activities, they are highly valued by employers as practitioners. Teaching mathematics to students of secondary vocational education (SPE) is of a general educational nature and is aimed primarily at the formation of logical, algorithmic and mathematical thinking. In the process of solving these problems, a number of problems arise, including: poor quality of mathematical training of incoming applicants; the absence of the majority of first-year students of formed general academic skills, skills of organizing independent work, mental activity; a large amount of educational material that should be mastered in one year instead of two years at school, etc. The article substantiates the need to involve students in the active process of acquiring knowledge and forming their heuristic activity techniques aimed at creating a new system of actions to find solutions to problems. The interpretations of the concepts of "heuristics", "heuristic activity", "techniques of heuristic activity" in teaching mathematics are considered. Techniques of heuristic activity are understood as techniques based on special heuristics that help to form not only knowledge, but also the skills and needs to apply this knowledge to analyze, assess the situation and make the right decision. The selection and formation of heuristics included in the technique is carried out through tasks of different types. The authors have identified the composition of the methods of heuristic activity organized when searching for solutions to problems involving the use of derivatives and integrals.

Keywords: secondary vocational education, teaching mathematics, heuristics, heuristic activities, methodical techniques

The study was carried out within the framework of a grant for conducting research work in priority areas of scientific activity of partner universities in network interaction (South Ural State Humanitarian Pedagogical University and Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseiev) on the topic "Formation of techniques for heuristic activity students of secondary vocational education in the process of learning mathematics".

Подготовке студентов среднего профессионального образования (СПО) в настоящее время уделяется особое внимание, так как специалисты среднего звена востребованы в разных отраслях экономики: промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, торговле, транспорте и связи, сфере слуг и др. Неслучайно в 2023 г. дан старт федеральному проекту «Профессионалитет», который призван усилить взаимодействие колледжа и отрасли, дать максимальную подготовку с максимальным трудоустройством.

В ссузах России (колледжах, техникумах, училищах), а также на факультетах среднего профессионального образования в вузах реализуется сегодня большое количество специальностей, которые готовят специалистов среднего звена для работы в различных сферах деятельности общества. Все специальности среднего профессионального образования объединены в группы. Для каждой группы специальностей разработаны федеральные государственные образовательные стандарты среднего профессионального образования (ФГОС СПО). Согласно этим стандартам, образовательная программа, реализуемая на базе основного общего образования, разрабатывается на основе требований федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (ФГОС СОО) и федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования (ФГОС СПО) с учетом получаемой специальности.

Обучение математике в системе среднего профессионального образования реализуется на базовом и профильном уровнях (в зависимости от специальности), носит общеобразовательный характер и направлено на развитие логического, алгоритмического и математического мышления, формирование представлений о математике как части общечеловеческой культуры, универсальном языке науки, позволяющем описывать и изучать реальные процессы и явления. На профильном уровне математика, кроме этого, необходима для применения ее в специальных дисциплинах и для последующего обучения в вузе [1, с. 49].

Как показывает практика, в обучении математике студентов СПО возникает целый ряд проблем, основные из них следующие:

- низкое качество математической подготовки абитуриентов;
- отсутствие у большинства студентов первого курса сформированных общеучебных умений, навыков организации самостоятельной работы, мыслительной деятельности; недостаточная развитость коммуникативных умений;

- большой объем учебного материала (двухгодичный курс математики средней школы должен быть пройден за один год) и изучение его большими блоками;

- недостаточность научно-методических рекомендаций по внедрению современных образовательных технологий в процесс обучения математике;

- отсутствие достаточного количества учебников математики для СПО, иногда обучение математике ведется по учебникам для средней школы и т.д.

Одним из путей выхода из создавшейся ситуации является вовлечение студентов в активный процесс получения знаний с привлечением приемов эвристической деятельности.

Цель исследования – спроектировать и описать методические приемы организации эвристической деятельности студентов СПО в процессе решения ими математических задач.

Материалы и методы исследования

Использовались федеральные государственные образовательные стандарты среднего общего образования и среднего профессионального образования, относящиеся к группе специальностей 44.00.00 Образование и педагогические науки. Проводился анализ научно-методической литературы и рабочих программ по математике для специальностей, изучающих математику на базовом и профильном уровнях, а также анализ учебников математики, специально созданных для СПО и применяемых на практике, с целью выявления возможностей формирования у студентов приемов эвристической деятельности. Из экспериментальных методов применялись: беседы с преподавателями СПО, наблюдение за процессом решения задач, анкетирование студентов.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследуя особенности обучения математике в системе среднего профессионального образования и возникающие при этом проблемы, было установлено, что изучение этой дисциплины должно быть направлено, прежде всего, на формирование общеучебных компетенций, к которым относятся умения и способы самоорганизации, самообучения, а также информационные и коммуникативные компетенции. На основе общеучебных компетенций должны формироваться общие компетенции, зафиксированные в стандарте СПО.

Для эффективной организации учебной и самостоятельной деятельности обучаю-

щихся по программам СПО большое значение имеет выбор приемов и методов обучения. Одной из основных задач среднего общего образования на современном этапе является развитие творческого потенциала учащихся, а также создание условий для их саморазвития и самореализации. Поэтому наряду с традиционными методами в структуру занятий со студентами СПО необходимо включать и присущие активным методам обучения компоненты. Одним из активных методов обучения математике является эвристический метод и составляющие его приемы эвристической деятельности, позволяющие вовлечь каждого студента в активный процесс получения знаний. Овладение этими приемами есть неотъемлемый признак развития у обучающихся творческого нестандартного мышления.

В энциклопедическом словаре термин «эвристика» трактуется в разных смыслах: 1) специальные методы, используемые в процессе открытия нового (эвристические методы); 2) наука, изучающая продуктивное творческое мышление (эвристическая деятельность); 3) восходящий к Сократу метод обучения (так называемые сократические беседы).

В методике обучения математике под эвристикой понимают всякий способ, применение которого может привести к отысканию метода решения задачи или доказательства теоремы.

Вопросы организации эвристической деятельности на уроках математики, использования эвристических методов обучения, формирования у учащихся эвристических приемов рассматривали в своих работах В.И. Андреев, В.Н. Введенский, В.А. Далингер, Т.С. Жукова, И.И. Ильясов, М.М. Левина, О.К. Огурцова, Д. Пойа, Г.И. Саранцев, Е.И. Скафа, Е.Е. Семенов, А.В. Хуторской и др. В частности, Е.И. Скафа разработала теоретико-методические основы формирования приемов эвристической деятельности учащихся при обучении математике в условиях внедрения современных технологий обучения [2, с. 272].

Под учебно-познавательной эвристической деятельностью сегодня понимается деятельность обучающихся, организованная и управляемая учителем с использованием разнообразных эвристических приемов, методов и средств, направленная на создание новой системы действий по поиску неизвестных ранее закономерностей, на формирование процессов, обеспечивающих познавательную и творческую деятельность, в результате которой учащиеся активно овладевают знаниями, развивают эвристические умения и личностные качества [3; 4].

Эвристические приемы рассматривают как особые приемы, составляющие поисковые стратегии и тактики, определяющие самое общее направление мысли, сформированные в ходе решения одних задач и более или менее сознательно переносящиеся на другие задачи [3, 5].

В работах Г.И. Саранцева, Т.С. Жуковой, И.В. Ульяновой и др. обоснована роль математических задач в обучении учащихся эвристикам. Авторы на геометрическом материале выделяют базовые эвристики и специальные эвристики. Основой базовых эвристик являются действия выведения следствий, преобразования требования задачи в равносильное ему, составления промежуточных задач и т.д. Специальные эвристики обусловлены содержанием учебного материала. Введение, усвоение и применение таких эвристик осуществляется в процессе развития этого материала [5–7].

Анализу эвристических приемов решения задач и конструированию их системы посвящена монография И.И. Ильясова [8, с. 49]. Практические рекомендации по организации поисковой-исследовательской деятельности учащихся при обучении математике представлены в работах В.А. Далингера, Л.С. Капкаевой [9; 10]. Педагогический потенциал эвристического обучения раскрыт в работе Г.М. Щевелевой и В.Ф. Манухова. Авторы рассматривают основные идеи, закономерности и методики эвристической деятельности при подготовке студентов различных профилей на разных уровнях обучения [11, с. 129].

В дальнейшем под приемами эвристической деятельности будем понимать приемы, основанные на специальных эвристиках, которые помогают формировать не только знания, но также умения и потребности применять эти знания для анализа, оценки ситуации и принятия правильного решения. Такие умения особенно необходимы специалисту среднего звена в своей профессиональной деятельности.

Так как основным видом деятельности студентов СПО в обучении математике является решение задач, то формирование эвристических приемов и эвристического мышления должно происходить в процессе освоения методов решения задач разных типов. Использование приемов эвристической деятельности при этом позволит обучающимся самостоятельно осуществлять поиск решения задач различной сложности, в том числе и нестандартных, делать свои собственные «открытия», самостоятельно находить выход из проблемных ситуаций.

Из всех разделов математики, изучаемых студентами СПО, большим творче-

ским потенциалом обладает раздел, посвященный началам математического анализа. Кроме того, он открывает широкие возможности для иллюстраций применимости математики к решению прикладных задач. Большое влияние данный раздел оказывает и на формирование мировоззрения обучающихся. Владение методами дифференциального и интегрального исчисления позволяет на содержательных примерах изучать различные процессы, показать универсальность математических методов и т.д. Знания, умения и способы деятельности, приобретаемые студентами при изучении производной, интеграла и их приложений, особенно активно применяются в геометрии, физике и информатике. Отсюда следует значимость неформального усвоения базовых понятий и методов математического анализа, и большую роль в этом играет эвристическая деятельность.

Так, при изучении разделов «Производная и ее геометрический смысл», «Применение производной к исследованию функций» решаются следующие основные типы задач:

- 1) на нахождение угла между касательной к графику функции в точке x_0 и осью Ox ;
- 2) на нахождение угла между осью Oy и касательной к графику функции в данной точке;
- 3) на нахождение угла, под которым пересекаются графики функций;
- 4) на нахождение точек графика функции, в которых касательная к этому графику параллельна (перпендикулярна) данной прямой;
- 5) на нахождение точек экстремума или самого экстремума функции;
- 6) текстовые задачи на нахождение наибольшего и наименьшего значений функции.

Решение задач первого типа на нахождение угла между касательной к графику функции в данной точке и осью Ox начинается с обсуждения следующих вопросов:

– Как связан искомый угол с производной функции в точке? (Тангенс этого угла равен производной функции в точке.)

– Как найти производную данной функции? (Надо сначала записать функцию в виде, удобном для применения правил дифференцирования.)

– Как найти значение производной функции в точке x_0 ? (Подставить x_0 в выражение производной функции.)

– Что выражает собой значение производной функции в точке x_0 ? (Тангенс угла между касательной к графику функции в точке x_0 и осью Ox . Зная тангенс, можно найти сам угол.)

Таким образом, в ходе решения задач этого типа студенты знакомятся с эвристикой:

А) Чтобы найти угол между касательной к графику функции в точке x_0 и осью Ox , надо найти значение производной данной функции в этой точке, оно равно тангенсу искомого угла.

Эта эвристика применяется затем при решении задач *второго типа* на нахождение угла между осью Oy и касательной к графику функции в данной точке.

В ходе решения со студентами обсуждаются следующие вопросы:

– Как связаны угол, между касательной к графику функции в точке и осью Ox и угол между этой касательной и осью Oy ? (Возможны разные случаи: если угол между касательной и осью Ox острый, то сумма этих углов равна $\pi/2$; если этот угол тупой, то угол между касательной и осью Oy равен разности градусной меры этого угла и $\pi/2$.)

– Можно ли найти угол, образованный касательной к графику функции и осью Ox ? (Да, можно, так как тангенс этого угла есть значение производной функции в данной точке.)

– Как найти искомый угол, если известен угол между касательной к графику функции в точке и осью Ox ? (Надо от $\pi/2$ отнять градусную меру этого угла.)

В результате такой эвристической деятельности студенты формулируют правило:

Б) Чтобы найти угол между осью Oy и касательной к графику функции в данной точке, надо найти сначала угол между этой касательной и осью Ox (пусть это угол α), затем:

1) *если угол α острый, то от $\pi/2$ отнять градусную меру угла α ;*

2) *если угол α тупой, то от градусной меры этого угла отнять $\pi/2$.*

Решение задач третьего типа на нахождение угла, под которым пересекаются графики функций, приводит студентов к новой эвристике. Сначала в ходе эвристической беседы обсуждаются вопросы типа:

– Что называется углом между кривыми в точке их пересечения? (Углом между двумя кривыми называется угол между их касательными.)

– Как найти точку пересечения графиков функций? (Надо приравнять правые части функций и решить полученное уравнение.)

– Можно ли сразу найти угол, под которым пересекаются кривые? (Нет, нельзя.)

(Большую роль в поиске решения здесь играет чертеж. Рассмотрим случай графической модели задачи, представленной на рис. 1.)

– Какие углы можно найти? (Углы, которые образуют касательные к графикам данных функций с положительным направлением оси Ox .)

– Как найти угол, который образует первая касательная с положительным направлением оси Ox ? (Надо найти значение производной первой функции в точке пересечения графиков, это будет тангенс первого угла, по тангенсу найти угол, например α .)

– Как найти угол, который образует вторая касательная с положительным направлением оси Ox ? (Надо найти значение производной второй функции в точке пересечения графиков, это будет тангенс второго угла, по тангенсу найти угол, например β .)

– Как найти искомый угол между двумя кривыми? (Надо найти разность $\alpha - \beta$.)

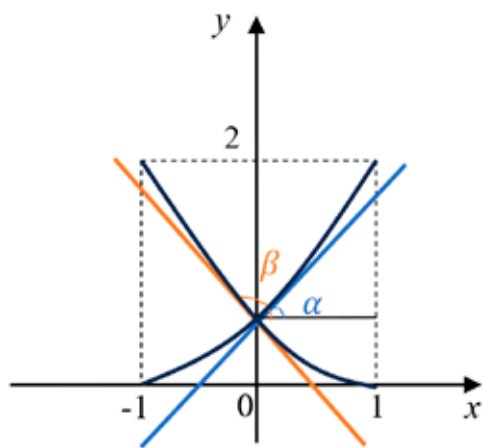


Рис. 1. Графическая модель задачи третьего типа

После обсуждения этих вопросов и решения конкретных задач данного типа студентами формулируется эвристика:

В) Чтобы найти угол между двумя кривыми, следует найти угол между их касательными в точке пересечения кривых, для этого надо найти с помощью производной два угла, которые образуют касательные с положительным направлением оси Ox , затем найти разность их градусных мер.

Таким образом, в процессе решения задач первых трех типов у обучающихся формируются действия, составляющие первый прием эвристической деятельности:

I. Прием, основанный на применении геометрического смысла производной. Он состоит из эвристик А), Б), В), которые помогают найти: угол между касательной и осью Ox ; угол между касательной и осью Oy ; угол между двумя кривыми.

При решении задач четвертого типа на нахождение точек графика функции, в которых касательная к этому графику параллельна (перпендикулярна) данной прямой, происходит формирование эвристик,

составляющих прием, основанный на применении уравнения касательной.

Решение задач этого типа начинается с обсуждения вопросов:

– Какой вид имеет уравнение касательной к графику функции $y = f(x)$ в точке x_0 ? (Уравнение касательной имеет вид

$$y = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0).)$$

– При каком условии две прямые, заданные уравнениями с угловыми коэффициентами $y = k_1x + b_1$ и $y = k_2x + b_2$, параллельны? (Когда у них угловые коэффициенты равны.)

– Чему равен коэффициент при x в уравнении касательной? (Значению производной данной функции в точке.)

– Как найти производную функции, данной в задаче? (По правилам нахождения производной; если функция сложная, то сначала найти производную «внешней» функции и умножить на производную «внутренней» функции.)

– Как теперь найти искомые точки графика данной функции? (Надо производную функции приравнять к угловому коэффициенту прямой и решить полученное уравнение, так найдем абсциссы точек касания, а затем и ординаты.)

Итак, в ходе эвристической беседы и решения конкретных задач данного типа студенты знакомятся с новым эвристическим приемом.

II. Прием, основанный на применении уравнения касательной к графику функции в данной точке. Он состоит из двух эвристик:

А) Чтобы найти точки, в которых касательная к графику функции параллельна прямой $y = kx$, надо записать уравнение касательной в общем виде и приравнять коэффициенты при x в уравнении касательной и уравнении прямой, затем решить уравнение $f'(x_0) = k$.

Б) Чтобы найти точки, в которых касательная к графику функции перпендикулярна прямой $y = kx$, надо записать уравнение касательной в общем виде и приравнять коэффициент при x в уравнении касательной к выражению $-\frac{1}{k}$, т.е. решить $f'(x_0) = -\frac{1}{k}$.

Большую роль в обучении математике и математическом развитии студентов СПО играют задачи на нахождение точек экстремума и самого экстремума заданной функции. Задачи такого типа имеют практико-ориентированную направленность, в своей профессиональной деятельности специалистам среднего звена часто приходится сталкиваться с необходимостью при-

нять наилучшее возможное (т.е. оптимальное) решение. Огромное число подобных проблем возникает в экономике, технике, транспорте и других сферах деятельности человека. Рассмотрим прием эвристической деятельности, используемый при решении таких задач.

III. Прием, основанный на использовании производной для нахождения точек экстремума функции. Он включает следующие действия:

Чтобы найти точки экстремума (максимума и минимума) функции, надо:

1) найти производную данной функции;
2) приравнять производную к нулю и решить полученное уравнение, так найдем стационарные точки функции;

3) установить, меняется ли знак производной при переходе через каждую стационарную точку функции, если знак меняется с плюса на минус, то это точка максимума, а если с минуса на плюс, то это точка минимума. Проиллюстрируем на примере применение этого приема.

Пример 1. Найти точки экстремума функции

$$y = \frac{x^3 + 2x^2}{(x-1)^2}.$$

Решение начинается с эвристической беседы:

– Что такое точки экстремума? (Это точки максимума и минимума.)

– Какими особенностями обладают точки экстремума? (Производная в них равна 0.)

– Как найти производную данной функции? (Производную найдем по правилу производной частного.)

– Все ли точки, в которых производная равна нулю, являются точками экстремума? (Нет, не все, а лишь те точки, при переходе которых производная меняет знак.)

– Какие точки, в которых производная равна нулю, будут точками максимума, а какие – точками минимума? (Если при переходе через точку производная меняет знак с плюса на минус, то это точка максимума, а если с минуса на плюс, то точка минимума.)

После такой беседы выполняется решение задачи.

При решении задач других типов, организуя эвристическую деятельность, можно выделить вместе со студентами другие приемы и составляющие их действия.

IV. Прием, основанный на правилах вычисления первообразной и интеграла. Он применяется при вычислении интегралов функций и опирается на следующие эвристики:

Чтобы вычислить интеграл от заданной функции, надо:

1) установить, что представляет собой функция (сумму, разность, произведение, частное), к какому типу функций она относится (степенной, показательной, тригонометрическим и т.д.);

2) выяснить, можно ли преобразовать функцию к виду, удобному для интегрирования;

3) найти первообразную функции, используя правила и таблицу первообразных;

4) вычислить значение первообразной в верхнем и нижнем пределах интегрирования и найти их разность.

Эвристики особенно необходимы при решении задач на вычисление площадей фигур с помощью интеграла. Рассмотрим их подробнее.

V. Прием, основанный на применении интеграла к вычислению площадей фигур.

А) Чтобы найти площадь фигуры, ограниченной сверху графиком функции $y = f(x)$, снизу отрезком $[a, b]$ оси Ox и с боков прямыми $x = a$ и $x = b$, надо применить формулу для вычисления площади криволинейной трапеции

$$\int_a^b f(x) dx.$$

Б) Чтобы найти площадь фигуры, ограниченной сверху графиком функции $y = f(x)$, а снизу графиком функции $y = g(x)$ (рис. 2), надо вычислить интеграл от функции, равной разности между «верхней» и «нижней» функциями, т.е.

$$\int_a^b (f(x) - g(x)) dx.$$

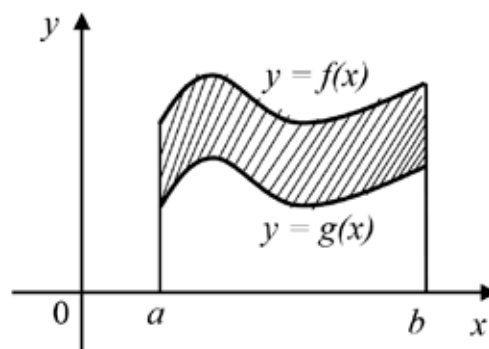


Рис. 2. Фигура, ограниченная сверху и снизу графиками функций

В) Чтобы найти площадь фигуры, ограниченной сверху графиками двух функций $y = f(x)$ и $y = g(x)$, снизу осью Ox , с боков

прямыми $x = a$ и $x = b$ (рис. 3), надо разбить эту фигуру на две криволинейные трапеции, вычислить их площади и результаты сложить.

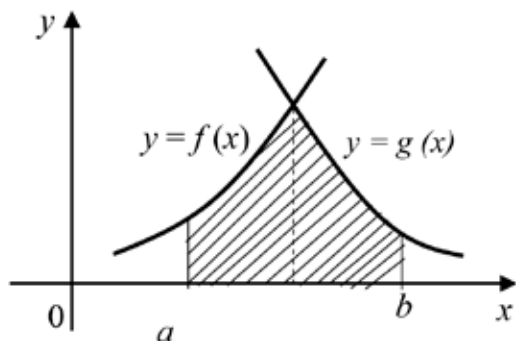


Рис. 3. Фигура, ограниченная сверху графиками двух функций

Г) Чтобы найти площадь фигуры, ограниченной снизу графиком функции, принимающей отрицательные значения, а сверху отрезком $[a, b]$ оси Ox (рис. 4), следует применить формулу для вычисления площади криволинейной трапеции со знаком «минус».

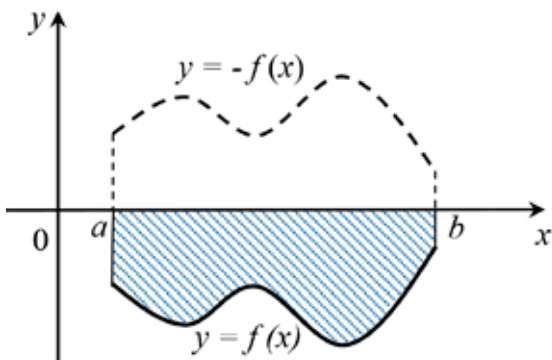


Рис. 4. Фигура, ограниченная снизу графиком функции, а сверху – осью Ox

Д) Чтобы найти площадь фигуры, ограниченной сверху графиком функции $y = c$ (c – константа), а снизу – графиком функции $y = f(x)$ и осью Oy , надо сначала найти площадь прямоугольника, а затем из нее вычесть площадь подграфика функции $y = f(x)$.

Проиллюстрируем использование некоторых эвристик на примере.

Пример 2. Найти площадь фигуры, ограниченной прямой $y = 1$, осью Oy и графиком функции $y = \sin x$ при $0 \leq x \leq \pi/2$.

Решение этой задачи начинается с построения чертежа (рис. 5) и эвристической беседы:

– Какими линиями ограничена фигура? (Сверху прямой $y = 1$, слева осью Oy , снизу графиком функции $y = \sin x$.)

– Является ли полученная фигура криволинейной трапецией? (Нет, так как она ограничена снизу не осью Ox , а графиком функции $y = \sin x$.)

– Как можно найти площадь этой фигуры? (Ответы могут быть разные: 1) вычислить сразу площадь фигуры, ограниченной сверху и снизу графиками функций $y = 1$ и $y = \sin x$ по соответствующей формуле; 2) найти сначала площадь прямоугольника, ограниченного линиями: $y = 1$, $x = 0$, $x = \pi/2$, $y = 0$, а затем из нее вычесть площадь криволинейной трапеции, ограниченной сверху синусоидой; 3) рассматривать данную фигуру как криволинейную трапецию, примыкающую к оси Oy , но с таким вариантом студенты, возможно, незнакомы, и он может вызвать у них затруднение.)

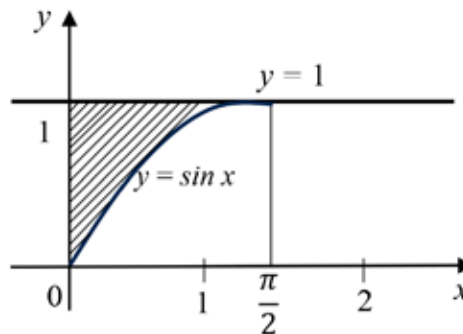


Рис. 5. Графическая модель к задаче 2

Можно всех учащихся разделить на группы и решить эту задачу разными способами.

VI. Прием, основанный на применении правила нахождения наибольшего (наименьшего) значения функции на заданном промежутке.

Большое значение для студентов всех специальностей СПО имеет умение строить математические модели реальных ситуаций, явлений, процессов и т.д., которое формируется в основном при решении текстовых задач. Эти задачи не имеют какого-либо алгоритма решения, поэтому здесь особенно необходима организация эвристической деятельности обучающихся. Специальные эвристики в данном случае направляют ход решения текстовой задачи, ведут к получению результата рациональным путем. При изучении производной и ее приложенный решаются текстовые задачи на нахождение наименьшего и наибольшего значений. Они играют особую роль в обучении студентов СПО, так как учат находить оптимальное решение в заданной ситуации. На-

бор таких задач и методика формирования некоторых приемов их решения приведены в наших работах [12; 13].

Приведем перечень эвристических вопросов, направляющих поиск решения задач данного типа и определяющих действия, составляющие названный прием.

1) О наименьшем (наибольшем) значении какой величины говорится в задаче? (Необходимо из текста задачи выявить величину, о наименьшем (наибольшем) значении которой говорится в задаче.)

2) Какой формулой выражается значение данной величины? (Необходимо записать формулу для величины, о наименьшем (наибольшем) значении которой говорится в задаче.)

В условии практико-ориентированных задач такого типа бывает дана еще одна известная величина, поэтому необходимо ответить на следующий вопрос:

3) Какой формулой выражается значение известной в задаче величины? (Следует записать эту формулу.)

4) Какую из двух неизвестных величин в формуле искомой величины удобно принять за независимую переменную? (Одну из неизвестных в формуле величин следует принять за независимую переменную x и указать интервал ее изменения.)

5) Как выразить вторую неизвестную величину в формуле через x ? (Надо использовать известные в задаче величины.)

6) Как выразить теперь величину, о наименьшем (наибольшем) значении которой говорится в задаче, как функцию введенной переменной x ? (Надо подставить в ее формулу выражения неизвестных величин через x .)

7) Как найти наименьшее (наибольшее) значение составленной функции на заданном интервале? (Надо найти производную этой функции, ее стационарные точки, принадлежащие заданному интервалу; если такая точка одна, то надо исследовать ее на экстремум: если это точка минимума, то функция принимает в ней наименьшее значение, а если точка максимума, то наибольшее значение.)

8) Как найти то, что требуется в задаче? (Иногда в задачах такого типа требуется найти не саму функцию, о наименьшем (наибольшем) значении которой говорится в задаче, а ее составляющие величины, в этом случае надо найти их по составленным выражениям и введенной переменной x .)

Проиллюстрируем организацию эвристической деятельности на конкретном примере.

Пример 3. Определить размеры открытого бассейна с квадратным дном объемом 32 м^3 так, чтобы на облицовку его стен и дна пошло наименьшее количество материала.

Решение задачи начинается с построения чертежа, эвристической беседы и одновременно выполнения действий, ведущих к получению необходимого результата.

– Какую форму имеет бассейн? (Форму прямоугольного параллелепипеда с квадратным основанием без верха.)

– О наименьшем значении какой величины говорится в задаче? (О наименьшем значении площади поверхности прямоугольного параллелепипеда без верхней грани.)

– Чему равен объем прямоугольного параллелепипеда? (Так как у бассейна квадратное дно, то его объем равен: $V = a^2h$, где a – сторона основания, h – высота.)

– Чему равна площадь поверхности бассейна? ($S_{\text{п}} = 4ah + a^2$)

– Какую из двух неизвестных величин a и h удобно принять за независимую переменную x ? (Пусть $a = x$, $x > 0$)

– Как выразить вторую неизвестную величину через x и известную в задаче величину? (Надо использовать формулу для объема: $V = x^2h$, так как $V = 32$, то $h = 32/x^2$.)

– Как теперь выразить площадь поверхности через x ? (Надо подставить в формулу площади выражения a и h через x , тогда получим:

$$S_{\text{п}} = S(x) = \frac{128}{x} + x^2, x > 0.$$

– Как найти наименьшее значение функции $S(x)$ на заданном интервале $x > 0$? (Надо найти производную этой функции, затем ее стационарные точки, принадлежащие указанному интервалу, если точка одна, то надо исследовать ее на экстремум.)

$$S'(x) = -\frac{128}{x^2} + 2x = \frac{2(x^3 - 64)}{x^2}, x > 0.$$

Решая уравнение $S'(x) = 0$, получим $x = 4$ – стационарная точка, принадлежащая данному интервалу. Исследование приводит к тому, что $x = 4$ является точкой минимума. Следовательно, функция $S(x)$ принимает в ней наименьшее значение

– Как ответить на вопрос задачи? (Размеры открытого бассейна: $a = 4$, $h = 2$).

Заключение

Обучение математике студентов по программе среднего профессионального образования имеет свои особенности, связанные как с содержанием учебного предмета «Математика», которое должно быть освоено за один год вместо двух лет в средней школе, методами и формами обучения, так и низким уровнем математической подготовки поступающих, несформированно-

стью общеучебных умений и т.д. Поэтому для достижения целей обучения математике в среднем профессиональном образовании необходимо наряду с традиционными методами использовать активные методы обучения, в частности приемы эвристической деятельности. Основанные на специальных эвристиках эти приемы помогают формировать не только знания, но и умения применять эти знания для анализа, оценки ситуации и принятия правильного решения. Такие умения особенно необходимы специалисту-практику.

Приведенные выше примеры организации эвристической деятельности студентов СПО в процессе решения задач наглядно демонстрируют логическую схему рассуждений студента при поиске решения задачи и алгоритмичность его действий. Выявленные приемы и составляющие их эвристики студенты могут использовать в дальнейшем для самостоятельного решения задач, приобретая при этом опыт творческой деятельности.

Список литературы

1. Егорова Н.В. Особенности преподавания математики в среднем профессиональном образовании // Образование и воспитание. 2017. № 1 (11). С. 49–50.
2. Скафа Е.И. Эвристическое обучение математике: теория, методика, технология: монография. Донецк: ДонНУ, 2004. 439 с.
3. Скафа Е.И., Гончарова И.В., Абраменкова Ю.В. Технологии эвристического обучения математике: учебное пособие. 2-е изд. Донецк: ДонНУ, 2019. 220 с.
4. Саранцев Г.И. Методика обучения математике в средней школе: методология и теория: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по направлению «Педагогическое образование». Казань: Центр инновационных технологий, 2012. 362 с.
5. Саранцев Г.И. Современное методическое мышление как ключевая компетенция педагога // Педагогика. 2014. № 3. С. 3–11.
6. Жукова Т.С. Обучение школьников эвристикам на уроках математики (пропедевтический этап) // Интеграция образования. 2008. № 4. С. 67–69.
7. Ульянова И.В. Роль математических задач в обучении учащихся эвристикам // Наука и школа. 2019. № 4. С. 135–144.
8. Ильясов И.И. Система эвристических приемов решения задач: монография. М.: Российский открытый университет, 2001. 154 с.
9. Далингер В.А. Методика обучения математике. Поисково-исследовательская деятельность учащихся: учебник и практикум для среднего профессионального образования. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2023. 460 с.
10. Капкаева Л.С. Геометрический метод как средство организации поисковой деятельности школьников в процессе решения алгебраических задач // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28336> (дата обращения: 22.10.2023).
11. Щевелева Г.М., Манухов В.Ф. Педагогический потенциал эвристического обучения // Гуманитарные науки и образование. 2018. Т. 9. № 3. С. 129–138.
12. Капкаева Л.С. Математический анализ: теория пределов, дифференциальное исчисление: учебное пособие для среднего профессионального образования. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2023. 246 с.
13. Капкаева Л.С. Формирование приемов математического моделирования у студентов педагогического направления в процессе решения практико-ориентированных задач // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 12-2. С. 323–331.

УДК 37.035.2:378.6
DOI 10.17513/snt.39873

ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕННОСТЕЙ КОЛЛЕКТИВИЗМА, ВЗАИМОПОМОЩИ И ТРУДОЛЮБИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВУЗОВ

Крикун Е.В., Белозерова И.А.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»,
Белгород, e-mail: krikun_ev@bsaa.edu.ru, irina_belozerova1965@mail.ru

В статье исследуется отношение современного студенчества, выходцев из сельского социума, к ценностям коллективизма, взаимопомощи и трудолюбия. Опираясь на собственные исследования, авторы отмечают высокий уровень сохранности данных ценностей в жизни студенчества сельскохозяйственных вузов. В ходе исследования было зафиксировано, что 82% респондентов относят коллективизм к черте своего характера и, положительно оценивая его, видят в нем возможность для сохранения самобытности и независимости нашей страны. Взаимопомощь в студенческой среде играет роль демаркационной линии, обозначившейся при делении окружения на «свой – чужой». После формирования студенческого коллектива 88% респондентов выбирают взаимопомощь как вид общения с однокурсниками. На свое трудолюбие рассчитывают 88% студентов. По их мнению, именно трудолюбие способствует формированию карьерного роста. Авторы считают, что сохранение данных ценностей может иметь как положительные, так и отрицательные стороны. С одной стороны, коллективизм формирует чувство ответственности и самоотдачи, а с другой стороны, ставит индивидуальность человека на второе место. Взаимопомощь в студенческой среде распространяется только на членов своего коллектива, а его формирование выступает как процесс длительный и в условиях дистанционного обучения крайне затруднительный. Трудолюбие является позитивной чертой характера студенчества, однако отношение к трудолюбию как главному залогом своей будущей карьеры приводит к недооценке важности креативного мышления, инициативности личности. Все это приводит к необходимости гибкого подхода к данным феноменам в ходе учебно-воспитательного процесса сельскохозяйственных вузов, основанного на принципе гуманитаризации образования.

Ключевые слова: коллективизм, взаимопомощь, трудолюбие, образовательный процесс, личностные качества студента, сельскохозяйственный вуз, гуманитаризация образования

THE PROBLEM OF FORMATION OF VALUES OF COLLECTIVISM, MUTUAL ASSISTANCE AND DILIGENCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF AGRICULTURAL UNIVERSITIES

Krikun E.V., Belozerova I.A.

Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, Belgorod,
e-mail: krikun_ev@bsaa.edu.ru, irina_belozerova1965@mail.ru

The article examines the attitude of modern students, people from rural society, to the values of collectivism, mutual assistance and hard work. Based on their own research, the authors note a high level of preservation of these values in the life of students of agricultural universities. In the course of the study, it was recorded that 82% of respondents consider collectivism to be a trait of their character and, positively assessing it, see it as an opportunity to preserve the identity and independence of our country. Mutual assistance in the student environment plays the role of a demarcation line, which was designated when dividing the environment into “friend – foe”. After the formation of the student body, 88% of respondents choose mutual assistance as a type of communication with classmates. 88% of students count on their diligence. In their opinion, it is hard work that contributes to the formation of career growth. The authors believe that the preservation of these values can have both positive and negative sides. On the one hand, collectivism forms a sense of responsibility and dedication, and on the other hand, puts a person’s individuality in second place. Mutual assistance in the student environment applies only to members of their team, and its formation acts as a lengthy process and is extremely difficult in the conditions of distance learning. Diligence is a positive trait of the character of students, however, the attitude to diligence as the main guarantee of their future career leads to underestimation of the importance of creative thinking, initiative of the individual. All this leads to the need for a flexible approach to these phenomena during the educational process of agricultural universities, based on the principle of humanitarization of education.

Keywords: collectivism, mutual assistance, diligence, educational process, agricultural university, student’s personal qualities, humanitarization of education

Рассмотрение специфики феномена духовно-нравственной жизни студенческой молодежи сельскохозяйственных вузов, своеобразие существования ее компонентов, как то: коллективизм, взаимопомощь, трудолюбие – позволяет определить современное состояние личностных качеств

обучающихся и наметить пути их оптимизации, что может стать основой разработки концептуальных положений процесса модернизации аграрного образования [1, 2].

Значимость формирования духовно-нравственных ценностей в образовательном процессе сельскохозяйственных вузов

подчеркивается на государственном уровне. Так, «Стратегия развития аграрного образования в Российской Федерации на период до 2030 года» приоритетной задачей ставит «переориентацию системы аграрного образования на преобразование и развитие человеческого капитала». Данный процесс подразумевает повышение производительности труда посредством развития знаний, способностей, навыков и умений специалистов аграрного звена; рост национального богатства и личного благосостояния сельских тружеников; оптимизацию духовно-нравственного развития граждан.

В Стратегии отмечается, что высшие учебные заведения сельскохозяйственного профиля должны уделять немалое внимание воспитательному процессу, основным направлением которого обозначено «формирование у молодежи системы базовых ценностей, чувства патриотизма и интернационализма, воспитания личности, ориентированной на здоровый образ жизни, трудовое воспитание» [3]. В документе указывается, что большая часть студентов сельскохозяйственных вузов проживает на территории сельских поселений. В связи с этим в подобных образовательных учреждениях должны формироваться дополнительные цели и задачи, направленные на воспитание любви к Отчизне и малой Родине, гордости за сельскохозяйственный труд, бережного и ответственного отношения к родной земле, как к невозобновляемому природному ресурсу.

«Стратегия развития аграрного образования в Российской Федерации на период до 2030 года» сопряжена с другой разработкой – «Стратегией развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года». В данном документе указано, что «приоритетной задачей в сфере воспитания является развитие высококвалифицированной личности, разделяющей российские традиционные духовные ценности, обладающей актуальными знаниями и умениями, способной реализовать свой потенциал в условиях современного общества, готовой к мирному созиданию и защите Родины» [4].

Уже сегодня в образовательных организациях наблюдаются элементы реализации названных выше Стратегий. С конца лета 2022 г. Администрация Президента обсуждает с Министерством науки и высшего образования РФ и профильными экспертами проект пересмотра содержания гуманитарного блока вузовских дисциплин в сторону гуманитаризации и гуманизации образования. Гуманитарный блок планируется усилить духовно-нравственными ориентира-

ми. Данная инициатива получила название «ДНК РОССИИ».

В этой связи становится целесообразным рассмотреть специфику и потенциал развития ценностей коллективизма, взаимопомощи и трудолюбия в среде современных студентов сельскохозяйственных вузов, которыми, как правило, являются жители сельских территорий, где сильно влияние русских культурных традиций.

Коллектив, взаимопомощь и трудолюбие – явления многогранные и многофакторные. В отечественной педагогике и психологии во все времена пониманию данных феноменов, выявлению структуры и специфики их развития уделялось особое внимание (В.С. Агеев, Г.М. Андреева, А.И. Донцов, Ю.П. Платонов, Л.И. Уманский и др.). Большую значимость имеют основные положения системы образования и воспитания, представленные в трудах И.П. Иванова, А.С. Макаренко, В.А. Сухомлинского. Методики данных педагогов основаны на личном педагогическом опыте и связаны с принципами коллективной ответственности, трудового воспитания, уважения и взаимопомощи.

В педагогической литературе под коллективом понимается общность воспитанников, отличающаяся рядом существенных признаков: единая социальная значимая цель, общая совместная деятельность, благоприятный социально-психологический климат. Одним из важных условий формирования чувства коллективизма выступает социальная среда, в которой родился и вырос человек. Говоря о студентах, как выходцах из сельской местности, необходимо понимать, что в русской традиции сознательное первенство интересов коллектива над интересами отдельной личности присутствовало изначально. Однако индивидуальность русского человека не отбрасывалась, а переплавлялась в духовное единство свободных личностей на основе единых нравственных ценностей. Именно о таком коллективизме писал Н.А. Бердяев, когда говорил, что «русский народ любил жить в тепле коллектива» [5].

Многочисленные примеры распространения духа коллективизма в жизни русского крестьянства приводит М.М. Громыко в своей работе «Мир русской деревни», основанной на архивных материалах XVIII–XIX вв. Один из примеров – это «мироплатимые» наделы, когда «община (мир) брала на себя оплату всех податей и выполнение повинностей, которые полагались за использование... надела», если он принадлежал вдовам или сиротам [6, с. 73]. Общинный менталитет русской деревни не смогла

разрушить даже аграрная реформа П.А. Столыпина (1907–1916 гг.), и такая форма менталитета плавно перетекла в колхозное движение. Коллективная форма собственности, влияя на сознание россиянина, превратилась в убеждение, что общенародные интересы важнее личных ценностей.

Целью русского человека выступает служение общественным интересам, а средством достижения этой цели выступает не только дух коллективизма, но и тесно связанное с ним чувство взаимопомощи. Взаимопомощь можно определить как взаимодействие людей друг с другом, основанное на общности целей и их совместной реализации в процессе жизнедеятельности. Роль взаимопомощи в становлении человечества нельзя недооценивать. Можно согласиться с мнением П.А. Кропоткина, что в развитии этического прогресса ей принадлежит главенствующая роль, не меньшая, чем борьба видов [7, с. 227]. Именно с этих позиций с 1970-х гг. введенное в научный обиход новое понятие «коэволюция» как совместное, сопряженное развитие биологических видов, стало успешно проникать в философское мировоззрение и распространяться на общественную жизнь, подразумевая движущим фактором эволюции внутривидовую поддержку в противовес дарвиновской внутривидовой борьбе.

Однако историческая судьба данной духовной ценности у разных народов складывалась различно. Представители западноевропейского общества отбросили практику коммун и общин периода Реформации и стали на путь индивидуализма, а Россия сохранила коллективизм и взаимопомощь как массовое явление. О том, что помощь односельчанам была обыденным явлением в жизни русской деревни, пишет М.М. Громыко, проявлялась она в так называемых «помощах», когда хозяин для выполнения определенных работ приглашал всех соседей [6, с. 73, 76]. Желающих поучаствовать в подобном мероприятии всегда было достаточно, так как помощники понимали, что когда-то им тоже потребуется подобная помощь. Поэтому взаимопомощь близка к таким понятиям, как сотрудничество, товарищество, солидарность.

Коллективизм и взаимопомощь русского народа находят свое продолжение в понятии «трудолюбие». Следует отметить, что в современной педагогической литературе наиболее полно понимание трудолюбия раскрывается для школьных программ учебно-воспитательного процесса [8, 9]. Кроме того, ярко представлена роль трудолюбия и в православной догматике, согласно которой данный феномен понимается не только

как любовь к труду, но и как желание добросовестно трудиться на благо ближнего. С позиции православной традиции трудолюбивым является тот человек, который трудится не только для себя, но и для своего коллектива.

В сельском социуме трудолюбие ценится очень высоко, и подрастающее поколение расценивает его как залог жизненного успеха и отдельной личности, и общества в целом. О трудолюбивом человеке всегда говорят с уважением. Уважение как признание достоинств личности со стороны трудового коллектива в сельском социуме – это очень значимое явление.

Сельские труженики понимают, что их трудовые усилия могут не принести ожидаемого результата, поэтому они испытывают необходимость в положительной оценке своего труда со стороны земляков. Для сельских жителей очень важна мотивация трудовой деятельности. Без мотивации появляется безразличие к результатам труда, что невозможно в сельском хозяйстве, которое требует огромных затрат жизненной энергии. Однако сельский работник даже после неудач может вновь продолжать свою трудовую деятельность на земле, тем самым проявляя свое трудолюбие.

Часто трудолюбие соседствует с трудоголизмом. Однако между этими явлениями существует ряд принципиальных отличий. Для трудоголика труд выступает как самоцель, действие ради действия, а трудолюбие предполагает достижение желаемой цели. Трудоголик трудится усиленно и чрезмерно, что может выходить за рамки естественного трудолюбия. Трудоголик испытывает некую «трудозависимость», переходящую в болезненное психологическое состояние, в то время как трудолюбие подразумевает позитивное отношение к процессу трудовой деятельности, связанное с получением настоящего наслаждения от работы и ее результата. Для сельского труженика очевидным является трудолюбивое отношение к своей сельскохозяйственной деятельности, не переходящее в трудоголизм.

Рассмотрев специфику феномена духовно-нравственной жизни русского человека, своеобразие существования ее компонентов, можно сказать, что дух коллективизма, взаимопомощи и трудолюбия исторически пронизывал всю духовную жизнь русского народа на селе, выстраивал духовно-нравственное содержание всей его трудовой деятельности. Однако в условиях современности замечается некая трансформация и модификация традиционных ценностей русской культуры, что отражается и на фе-

номене духовности в образовательном пространстве сельскохозяйственных вузов [10].

Цель исследования состоит в диагностике отношения современной студенческой молодежи сельскохозяйственного вуза к ценностям коллективизма, взаимопомощи, трудолюбия, что позволит поставить вопрос о корректировке системы образования для профессионального и личностного роста молодых людей.

Материалы и методы исследования

Для рассмотрения проблемы становления в русской культуре таких духовных компонентов, как коллективизм, взаимопомощь и трудолюбие, привлекались труды выдающихся педагогов, психологов, философов, социологов.

При диагностике современного состояния и дальнейшего развития образования в сельскохозяйственных вузах использовались материалы документов государственного уровня: «Стратегия развития аграрного образования в Российской Федерации до 2030 года», «Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года»; основные положения проекта «ДНК России», разработанного на базе Федерального института развития образования Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

Методологической базой исследования послужили: методы анализа и синтеза, наблюдения; социологический опрос; сравнительный анализ; изучение и обобщение передового педагогического опыта. Эмпирической базой исследования стали результаты собственных социологических опросов, не имеющих стандартизированный характер. Период эмпирического исследования составлял 2020–2023 гг. Для обработки мониторингового анализа применялись методы статистического анализа данных.

Среди респондентов были студенты младших и старших курсов ФГБОУ ВО «Белгородский государственный университет имени В.Я. Горина», обучающиеся очно и заочно. Большинство этих студентов проживает в сельском социуме и связывает свою будущую профессию с аграрным профилем. Общее число участвовавших в опросе студентов составило 300 чел. в возрасте 18–22 лет.

Разработка анкет из 15 вопросов проводилась с учетом поставленной цели исследования. Среди основных вопросов были: «Что Вы относите к традиционным ценностям россиян?», «Какие факторы влияют на формирование духовных предпочтений россиян?», «Какой тип взаимодействия

с однокурсниками вы предпочитаете?», «Какие духовные ценности сформировали основные черты Вашего характера?», «С какими ценностями Вы связываете адаптационный процесс в вузе?», «Назовите характерные черты ценностей коллективизма, взаимопомощи, трудолюбия», «Что необходимо для достижения карьерного роста?». Остальные вопросы конкретизируют представления студентов о коллективизме, взаимопомощи и трудолюбии, в соотношении с такими понятиями, как «конкуренция» и «кооперация», «помощь» и «солидарность», «самодисциплина» и «старание».

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенного социологического опроса можно сделать вывод, что основная масса студенчества сельскохозяйственных вузов сохраняет традиции коллективизма. Так, 97% респондентов относят коллективизм к традиционным российским ценностям, а 82% из них считают коллективизм чертой своего характера и рассматривают это явление как положительное, позволяющее сохранить самобытность и независимость России, а также сформировать чувства ответственности и самоотдачи.

Характерной чертой русского коллективизма, по мнению респондентов, является прежде всего уважение к другой личности и развитое чувство самоуважения (89%). Отрицательная сторона коллективизма, как утверждают опрошенные, – это отбрасывание индивидуальности и самобытности человека. Однако респонденты согласны с тем, что русская культура «органически соединяет принципы индивидуализма и коллективизма, снимает противоположность и ограниченность каждого из них» [11, с. 247].

Особенно часто проявление чувства коллективизма наблюдается у представителей сельскохозяйственной деятельности, так как получить положительный результат в одиночку здесь очень трудно. Это можно сделать только общими усилиями. Ответственность за полученный результат делится на всех субъектов деятельности, что приводит к формированию чувства социальной значимости своей работы, своей важности для коллектива, так считают 91% опрошенных.

Подрастающее поколение сельских жителей с детства воспитывается на принципах коллективизма, и это помогает в жизни сельского социума. Эгоизм не приветствуется среди селян. Эгоизм не достоин уважения. О сохранении коллективистских начал у молодежи, выходцев из сельской местно-

сти, говорит то, что, выбирая тип взаимодействия со сверстниками в ходе адаптации к учебной среде на первом курсе обучения, 75% респондентов отметили кооперацию и только 25% отдали предпочтение такому типу взаимодействия, как конкуренция, когда каждый «за себя». На старших курсах сторонников кооперации становится еще больше – 91%. Это связано с тем, что происходит формирование студенческого коллектива, студенческой дружбы. 70% респондентов отмечают, что за годы студенческой жизни, они расширили круг своего общения и обзавелись новыми друзьями [12].

Большое влияние на сохранение чувства коллективизма сегодня оказывает Русская православная церковь. Православная установка на восхваление коллективного образа жизни продолжает объединять наших современников. Надо отметить, что в России XXI в. православные заповеди все больше оказывают влияние на духовные предпочтения россиян, о чем заявило 92% опрошенных студентов.

Говоря о другой ценности – взаимопомощи, следует сказать, что объединение усилий разных людей вокруг нее возможно лишь при наличии единой цели у всех ее участников. Процесс урбанизации XX в. нанес удар по развитию взаимопомощи. Жители мегаполисов чувствуют свою разобщенность и не могут рассчитывать на действие принципа «услуга за услугу». Отсутствие единых интересов приводит к формированию безразличия и безучастности. Вследствие этого разрушается связь человека с внешним миром, что приводит к отсутствию уважения к ценностям других людей. А если нет единых интересов, ценностей, то развитие взаимопомощи невозможно.

В ходе специальной военной операции положение изменилось. На вопрос, адресованный студентам, «Как Вы оцениваете действия россиян по оказанию поддержки военным РФ в ходе специальной военной операции: как помощь или как взаимопомощь?», ответ был однозначным – как взаимопомощь. В данном случае феномен взаимопомощи сопрягается с явлением солидарности. При этом принцип «обмен услугами» не является главенствующим, доминирует общая цель у участников. Наличие внешней угрозы привело к тому, что у россиян появилась единая цель. Это демонстрируют массовые примеры взаимопомощи как в городской, так и в сельской среде.

Можно согласиться с мнением Л.В. Быковой и М.В. Медведевой, что и в образовательном процессе чувство взаимопомощи представляет собой «такую форму солидарного взаимодействия обучающихся, при ко-

торой достижение результата... обеспечивается объединением усилий детей» [13]. Однако в педагогической практике приветствуются солидарные взаимоотношения только во время внеучебной деятельности, а в традиционном образовательном процессе проявление взаимопомощи, например, в виде подсказок не приветствуется.

В отличие от городов, в сельском социуме взаимопомощь всегда оставалась распространённым явлением. Взаимопомощь в сельской местности, по мнению К.Ю. Баранникова, выступает в качестве демаркационной линии «свой – чужой», позволяя помогать «своим» и отказывать «чужим» [14]. Новые люди на селе должны заработать уважение, доказать, что им можно доверять. Взаимопомощь, выступая как взаимодействие, позволяет ждать ответного действия в течение неопределенного времени и здесь не обойтись без чувства доверия к земляку.

Если «новичку» на селе потребуется помощь, то, несомненно, он ее получит. Сельские жители различают понятия «взаимопомощь» и «помощь». Понятие «помощь» близко к понятиям «милосердие», «благотворительность» и широко присутствует в ментальности русского народа, в том числе и сельских жителей. В процессе оказания помощи активен тот, кто ее оказывает, а тот, кто ее принимает, занимает пассивную позицию. Тот, кто принимает помощь, самостоятельно не решает проблему, хотя и улучшает свое благополучие. В ходе взаимопомощи активны все участники взаимодействия, эта деятельность является многосубъектной. Проблема решается объединенными усилиями, и это приводит к благополучию всех участников процесса.

В студенческой среде при делении общества на «свой» – «чужой» взаимопомощь также выступает демаркационной линией. У студентов первого года обучения только идет становление коллектива, и товарищеские отношения, объединенные общей целью, совместной деятельностью, еще не так сильны. В этой среде 74% респондентов предпочитают получать помощь от одноклассников, а не оказывать ее. Данное обстоятельство можно объяснить тем, что чувство доверия, уверенности в обратном действии только формируется. Взаимовыручка возможна между «своими», то есть внутри своего коллектива, где уже сформировалась высокая степень доверия между его членами. Большая роль в этом плане отводится педагогам-наставникам, деятельность которых должна быть направлена как на формирование сплоченного коллектива, так и на развитие взаимопомощи.

На старших курсах студенты (88 %) выбирают взаимопомощь, объясняя свои действия тем, что, помогая товарищам, они получают признание своих заслуг в коллективе и могут в случае необходимости рассчитывать на обратное действие. Они понимают, что взаимопомощь предполагает не только наличие общих интересов, но и преодоление совместных трудностей, что является большой ценностью.

Оказывая взаимопомощь, студенты рассчитывают на уважительное отношение к себе. Если уважение существует в качестве признания ценности кого-либо, то оно может существовать в двух видах: а) уважение как признание ценности человека как такового; б) оценка заслуг и достижений другого человека. Говоря о сельских жителях, наиболее значимым является второй вид уважения. Уважение здесь подчеркивает результат принадлежности к определенной группе людей и совпадения представлений о ценности совместной трудовой деятельности. Таким образом, с одной стороны, уважение граничит с доверием и связано с взаимопомощью, с другой стороны, уважение направлено к труду, к достижению единой цели, а это уже граничит с трудолюбием.

Трудолюбие ассоциируется у сельских жителей с такими понятиями, как «усердие», «старание», «прилежание». Именно усердием, старанием, прилежанием выходы из села собираются восполнять те пробелы образования, которые возникают в сельских школах. Результаты социологического опроса показали, что 88 % выпускников сельскохозяйственных вузов будут добиваться своего карьерного роста, опираясь на трудолюбие, профессиональные знания и самодисциплину. Поставив трудолюбие на первое место в достижении своего карьерного успеха, они относят его к важнейшим качествам личности, что отражает традиционное воспитание молодежи на селе.

Однако в ходе учебного процесса можно наблюдать, что студенты сельскохозяйственных вузов, продолжая традиционно относиться к трудолюбию, как к ценности, в реальной жизни не всегда склоняются к трудолюбивому поведению. Заслуживает внимания мнение А.Н. Николаева, что любовь к труду невозможно измерить в чистом виде, так как это связано с эмоциональной окраской отношений, «ведь можно любить труд лишь созерцательно, не участвуя в самом трудовом процессе» [15, с. 3].

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по целому ряду направлений подготовки устанавливает готовность студента к социальному взаимодействию и реализации

своей роли в команде, к пониманию эффективности использования стратегии сотрудничества и взаимопомощи в коллективе. Это осуществляется посредством ввода в действие программ воспитания; развития универсальных компетенций, включающих воспитательные элементы; расширения курса «История»; отражения рейтинга личностных качеств студента; еженедельного проведения кураторских часов под рубрикой «Разговоры о важном».

В рамках проекта «ДНК России» выявлены ценностные ориентиры россиян, на основе которых был разработан и внедрен в учебный процесс вузов курс «Основы российской государственности». Данный курс призван сделать «более гармоничным и системным процесс подготовки студента к его профессиональной деятельности и самореализации, дав молодежи системное понимание того, что из себя представляет Россия как цивилизация, связанная с определенными мировоззренческими ориентирами и ценностными константами». С 1 сентября 2023 г. в российских вузах введен еще один немаловажный курс «Обучение служением». Данный курс направлен развивать у студентов чувство гражданственности, патриотизма, солидарности, что коррелирует со следованием традиционным ценностям.

Однако проведенная диагностика отношения современной студенческой молодежи сельскохозяйственных вузов к ценностям коллективизма, взаимопомощи, трудолюбия выявила ряд трудностей, связанных со спецификой и потенциалом развития личностных качеств студента, что позволило поставить вопрос о корректировке системы образования и воспитания для профессионального и личностного роста молодых людей.

Заключение

Проблематика ценностей коллективизма, взаимопомощи и трудолюбия в духовной жизни студентов сельскохозяйственных вузов занимает важное место в образовательном процессе. Данная проблематика является актуальной сейчас, когда усиленно навешиваются другие, чужеродные российскому обществу ориентиры и искажаются исторические факты жизни русского народа. Кроме того, учебная деятельность по своей сути является индивидуальной. Она мало влияет на процесс формирования чувства коллективизма и взаимопомощи в самой педагогической группе. Традиционные образовательные технологии не направлены на коллективные формы совместной учебной деятельности, а воспитательная работа ориентирована преимущественно на актив группы.

В целом результаты исследования показали позитивный настрой. Основная масса студенчества, представителей сельскохозяйственных вузов, сохраняет традиции коллективизма, взаимопомощи и трудолюбия. Поэтому необходимым является дальнейшее распространение и закрепление данных ориентиров в культуре каждого современного молодого человека. Эту функцию призван выполнять в первую очередь педагог-наставник, который выступает в качестве важнейшего инструмента передачи знаний, навыков и духовных ценностей от опытных специалистов к начинающим.

Скорректированная программа образования молодых людей должна быть выстроена так, чтобы развивались не только профессиональные, но и личностные качества будущего специалиста. Можно обозначить три основных аспекта данного процесса: учебно-профессиональный, нравственно-воспитательный и социально-психологический.

Учебно-профессиональный аспект предполагает обращенность к процессу гуманитаризации образования. Миссия гуманитаризации кроется в формировании правильных, крепких, солидарных отношений граждан России, общечеловеческих и традиционных ценностей, основанных на развитии духовно-нравственных ориентиров, творческих способностей, механизмов социальной адаптации студентов к учебному процессу. Дух коллективизма, взаимопомощи и трудолюбия синтезируется на «малой родине». Поэтому важно изучать не только историю всей страны, но и становление своего родного края через курсы краеведения или регионоведения.

Нравственно-воспитательный аспект актуализирует обращение к волонтерскому движению, которое успешно включается в систему воспитания. Являясь фактором развития добровольной социальной активности студенческой молодежи, волонтерское движение содержит в себе традиционные формы взаимопомощи без расчета на денежное вознаграждение.

В августе 2023 г. Президент России Владимир Путин подписал «Закон об обязательном трудовом воспитании школьников», согласно которому российских школьников будут привлекать в обязательном порядке к общественно полезному труду, предусмотренному образовательной программой, с учетом возрастных и психофизических особенностей. Некоторые элементы данного закона следует распространить и на студенческую жизнедеятельность. При острой необходимости воспитания трудолюбивого поведения у студентов специально орга-

низованной системы трудового воспитания в вузах нет. Если в школах существует учебный предмет «Трудовое обучение», то в вузах обучение трудовому воспитанию подобным образом не предусмотрено. В современной педагогической литературе наиболее полно разработаны средства воспитания трудолюбия только у школьников.

Для воспитания и закрепления трудолюбия у студенчества необходимы специально организованные педагогические средства. Возможно введение «рейтинга трудолюбия», по аналогии с «творческим рейтингом» в рабочих программах вузовских дисциплин. «Рейтинг трудолюбия» должен являться составной частью оценки за прохождение различных студенческих практик. Можно рекомендовать в ходе оценивания «рейтинга трудолюбия» обращать внимание на саму потребность студенчества в деятельности, активность в ней студента и чувство самоудовлетворенности от этой деятельности.

Несомненно, трудолюбие является одной из позитивных черт характера современного студенчества, что отражает социально-психологический аспект оптимизации личностных качеств студента. Однако необходимо понимать, что нельзя недооценивать такие характеристики личности, как инициативность, креативность мышления и т.п. Выпускники сельскохозяйственных вузов, получив диплом о высшем образовании, займут руководящие должности на производстве. Чтобы стать успешным лидером, одного трудолюбия недостаточно, необходимо креативное мышление и импровизация. Креативное мышление не обходится без полета фантазии и воображения, а сельскохозяйственный труд рационален и напрямую с воображением не взаимодействует.

Названные выше практические рекомендации по корректировке программы образования в сельскохозяйственных вузах могут значительно расширить кругозор студентов и повлиять на эффективность формирования личностных качеств будущих профессионалов аграрного сектора.

Список литературы

1. Короткова Г.В., Коротков А.А., Руднева Н.И., Хабаров С.А. Модернизация агрообразования: концептуальные основы опорных университетов // Наука и образование, 2019. Т. 2. № 3. С. 25.
2. Польшакова Н.В., Александрова Е.В. Аграрное образование: вчера и сегодня // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 11–2. С. 396–401. DOI: 10.17513/snt.38946.
3. Стратегия развития аграрного образования в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: https://molochnoe.ru/resources/files/sveden/document/raznoe/proect_strat_fgr_obr_2030_20.12.2017.pdf (дата обращения: 11.05.2023).

4. Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/f5Z8H9tgUK5Y9qtJ0tEFnyHlBitwN4gB.pdf> (дата обращения: 30.06.2023).
5. Бердяев Н.А. Судьба России. М.: Азбука, 2022. 416 с.
6. Громыко М.М. Мир русской деревни. М.: Молодая Гвардия, 1991. 445 с.
7. Кропоткин П.А. Взаимопомощь как фактор эволюции. М.: Самообразование, 2007. 235 с.
8. Сухова Е.И. Педагогические условия воспитания трудолюбия у младших школьников // Педагогические науки. 2010. № 2. С. 63–68.
9. Авдеева В.Н. Трудовое воспитание в современных условиях // Молодой ученый. 2023. № 36 (483). С. 35–37.
10. Белозерова И.А., Давитян М.Г., Крикун Е.В. Отношение современной студенческой молодежи к духовно-нравственным ценностям в сельском социуме // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 8. С. 115–119. DOI: 10.17513/snt.39276.
11. Жизненные силы русской культуры / Пути возрождения в России начала XXI века: коллективная монография / Ред. С.И. Григорьев. М.: Магистр-Прогресс, 2003. 379 с.
12. Andreeva N.V., Belozerova I.A., Davityan M.G., Krikun V.G., Krikun E.V. Friendship as a phenomenon of interpersonal relations in modern society // Webology. 2022. Т. 19, № 1. С. 7452–7464.
13. Быкова Л.В., Медведева М.В. Педагогические возможности технологии модульного погружения в формировании отношений взаимопомощи у обучающихся // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14417> (дата обращения: 19.06.2023).
14. Баранников К.Ю. Взаимопомощь в трудовом коллективе как способ маркирования // Психологическая наука и образование. 2013. Т. 5. № 2. С. 339–348.
15. Николаев А.Н. Основные средства воспитания трудолюбия у подростков: от теоретического к экспериментальному исследованию // Вестник Псковского государственного университета. 2022. Вып. 14. С. 3–10.

УДК 37.026.7:373.3
DOI 10.17513/snt.39874

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОСТИ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

Находкина И.И.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: inna-cras@mail.ru

Данная работа посвящена обоснованию педагогических условий развития познавательной самостоятельности младших школьников средствами образовательной робототехники. С учетом важности деятельностного характера обучения, предполагающего целесообразную организацию активного и самостоятельного познания в условиях развития познавательной самостоятельности на занятиях образовательной робототехники, описанные педагогические условия основываются на средовом, системно-деятельностном и личностно-ориентированном подходах в обучении. Так, средовой подход учитывается при насыщении программы «Образовательная робототехника» проектами соревновательного характера, основанными на правилах якутских национальных спортивных игр и якутских анимированных сказках, системно-деятельностный подход применяется при вовлечении детей младшего школьного возраста в активный самостоятельный познавательный процесс путем организации проектной деятельности с применением соревновательных технологий обучения, которое осуществляется с учетом возрастных особенностей младших школьников, в частности их стремления получать лучшие результаты деятельности, проявления силы воли, инициативности, настойчивости, решительности, самообладания, способности преодолевать трудности. Личностно-ориентированный подход является ориентиром в организации тьюторского сопровождения младших школьников в качестве помощи и поддержки детей в процессе проектной деятельности. В статье приводятся основные результаты опытно-экспериментальной работы по реализации педагогических условий, которые подтверждают эффективность рассматриваемых педагогических условий развития познавательной самостоятельности младших школьников средствами образовательной робототехники.

Ключевые слова: познавательная самостоятельность, педагогические условия, образовательная робототехника, младшие школьники, проектная деятельность, соревновательные технологии

PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF COGNITIVE INDEPENDENCE OF JUNIOR SCHOOL CHILDREN IN THE PROCESS OF TRAINING EDUCATIONAL ROBOTICS

Nakhodkina I.I.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: inna-cras@mail.ru

This work is devoted to substantiating the pedagogical conditions for the development of cognitive independence of primary schoolchildren using educational robotics. Noting the importance of the activity-based nature of learning, which presupposes the expedient organization of active and independent cognition in the context of the development of cognitive independence in educational robotics classes, the described pedagogical conditions are based on environmental, system-activity and personality-oriented approaches to learning. Thus, the environmental approach is taken into account when saturating the "Educational Robotics" program with projects of a competitive nature, based on the rules of Yakut national sports games and Yakut animated fairy tales; the system-activity approach is used when involving children of primary school age in an active independent cognitive process by organizing project activities with the use of competitive learning technologies, which is carried out taking into account the age characteristics of younger schoolchildren, in particular, their desire to obtain better performance results, the manifestation of willpower, initiative, perseverance, determination, self-control, and the ability to overcome difficulties. A person-centered approach is a guideline in organizing tutor support for younger schoolchildren as help and support for children in the process of project activities. The article presents the main results of experimental work on the implementation of pedagogical conditions, which confirm the effectiveness of the considered pedagogical conditions for the development of cognitive independence of primary schoolchildren using educational robotics.

Keywords: cognitive independence, pedagogical conditions, educational robotics, primary schoolchildren, project activities, competitive technologies

Проблема развития познавательной самостоятельности детей разного возраста стоит достаточно остро на протяжении многих лет. Многие авторы посвятили свои труды различным аспектам проблемы формирования и развития познавательной самостоятельности (Л.С. Выготский, Б.П. Есипов,

Я.А. Коменский, И.Я. Лернер, Ю.А. Лях, П.И. Пидкасистый, Н.А. Половникова, А.В. Усова, Т.И. Шамова, Г.И. Щукина и др.). Особо ценным для данного исследования является мнение М.В. Веденькиной, которая предлагала учитывать возрастные особенности младших школьников, призывала

начинать формирование познавательной самостоятельности систематически и последовательно в начальной школе с учетом сензитивности возраста и подчеркивала, что процесс обучения должен развивать познавательную самостоятельность, которая основывается на стремлении ребенка находить ответы на поставленные проблемы и без посторонней помощи реализовать найденные ответы в процессе учебно-познавательной деятельности [1, с. 84].

Анализ научно-педагогической литературы показал, что для устойчивого развития познавательной самостоятельности учитель должен создать младшим школьникам благоприятные педагогические условия: поддерживать внимание детей, мотивировать их к изучению нового и пр.

До начала обоснования педагогических условий приводятся результаты анализа сущности понятия «педагогические условия». Данное понятие было рассмотрено и отражено в работах многих авторов (А.С. Обухов, Н.В. Ипполитова, Н. Стерхова, Н.М. Борытко, Е.В. Яковлева, Э.С. Костылева, М.Е. Дуранов, Н.М. Яковлева и С.В. Боровская и др.), которые предлагали разные подходы к организации педагогических условий и рассматривали их как различные факторы, влияющие на процесс обучения и восприятия обучающимися. Особо ценным в ходе исследования является мнение С.В. Боровской, которая отмечает влияние правильно подобранных педагогических условий как совокупности мер в учебно-воспитательном процессе, способствующих достижению обучающимися высшего уровня деятельности [2]. В связи с этим понятие «педагогические условия» в рамках данного исследования понимается как совокупность действий педагога, направленных на повышение эффективности процесса развития познавательной самостоятельности.

Цель исследования – теоретически обосновать педагогические условия, обеспечивающие эффективное развитие познавательной самостоятельности младших школьников средствами образовательной робототехники и привести основные результаты опытно-экспериментальной работы по их реализации.

Материалы и методы исследования

В качестве методов исследования были использованы анализ и обобщение психолого-педагогической литературы по проблеме развития познавательной самостоятельности, обучения робототехнике, изучение нормативных документов, разработка программ, педагогический эксперимент.

Результаты исследования и их обсуждение

Для создания педагогических условий устойчивого развития познавательной самостоятельности младших школьников на занятиях по образовательной робототехнике необходимо определить организационные формы, методы, приемы и средства обучения с учетом сензитивности возраста. В первую очередь при организации и реализации педагогических условий внимание уделяется обогащению или насыщению содержания учебной программы.

Автор, отмечая важность деятельностного характера обучения, предполагающего целесообразную организацию активного самостоятельного познания в условиях развития познавательной самостоятельности на занятиях образовательной робототехники, придерживается системно-деятельностного, личностно-ориентированного и среднего подходов в обучении. С учетом сложности развития познавательной самостоятельности, автор предлагает *первое педагогическое условие*, которое ориентировано на систематизацию и модификацию образовательной программы путем насыщения содержательной части программы «Образовательная робототехника» проектами, учитывающими региональную специфику Республики Саха (Якутия), обеспечивающими целенаправленность и мотивацию обучающихся. Что осуществляется на основе существующих в современной педагогической практике разработанных и успешно внедряющихся робототехнических конструкторов с соответствующим учебно-методическим сопровождением для детей разных возрастных групп и на основе анализа работ отечественных ученых (В.Е. Алексеев, Л.Л. Босова, К.А. Вегнер, Ю.А. Гагарина, А.С. Гагарин, Д.Г. Копосов, Д.И. Павлов, М.Ю. Ревякин, А.А. Салахова, С.С. Сорокин, С.А. Филиппов, В.В. Тарапата и др.), в которых рассматривается проблема обучения образовательной робототехнике. По результатам анализа можно сделать вывод о том, что программы, ориентированные на младших школьников, должны быть достаточно увлекательными, интересными и занимательными. Для того чтобы развить у детей устойчивый интерес к занятиям по робототехнике, необходимо формулировать задания, которые включают проблемные ситуации, исследовательские моменты, реальные данные из повседневной жизни и нестандартные задачи в целях стимулирования мотивации учащихся к решению задачи и активному участию в процессе. В целом формулирование заданий, которые вызывают интерес и мотивацию, играет важную роль

в успешной реализации обучения образовательной робототехнике и развитии у детей интереса к данной области.

На основе анализа современных исследовательских принципов отбора содержания проектов по робототехнике автором были выявлены следующие характеристики устойчивого развития познавательной самостоятельности у детей младшего школьного возраста, которые предполагают, что проект: должен быть открытого типа, который позволяет активизировать познавательную деятельность; имеет региональную специфику в соответствии со средовым подходом, который позволяет включить специфику региона, в котором живут дети; имеет практическую направленность, реализуемую в соревновательной системе; осуществлен в групповой или индивидуальной форме; познавательного или исследовательского характера и учтены при отборе заданий для насыщения содержания программы по образовательной робототехнике.

В рамках реализации первого педагогического условия обучение школьников образовательной робототехнике осуществляется через различные задачи, обусловленные конечными целями занятий, организованных в виде проектов. Основной идеей этих проектов стали подготовка к робототехническим соревнованиям, которые в соответствии со средовым подходом обучения основаны на якутских национальных спортивных играх, и проекты на создание анимированных представлений роботов, вдохновленные якутскими народными сказками. Кроме этого, опираясь на взгляды М.В. Веденькиной и А.В. Гусевой, для организации и проведения продуктивных занятий для младших школьников необходимо применять некоторые виды деятельности, стимулирующие повышение познавательной активности, в том числе работу с алгоритмами и схемами, групповую работу, дидактические игры и др., применяются соревновательные технологии, включающие составление программ для моделей роботов, при этом работа над проектами осуществляется в малых группах – командах [3]. Это позволило детям не только изучать принципы робототехники, развивать эстетическое и культурное понимание якутской культуры, ее спортивных традиций и народных сказок, но и вовлечься в активный познавательный самостоятельный процесс в условиях дополнительного образования по образовательной робототехнике, способствующий развитию познавательной самостоятельности на основе проектной деятельности, в чем заключается *второе педагогическое условие* данного исследования.

Для обоснования второго педагогического условия рассмотрены работы многих авторов, связанные с применением проектных технологий обучения на занятиях образовательной робототехники, особо ценными в ходе исследования являются мнения В.В. Тарапаты, Т.А. Туртуевой, Н.В. Софроновой. В частности, В.В. Тарапата считает, что метод проектов в образовательной робототехнике способствует формированию проектной культуры у школьников, развивая их умения и командные навыки, а также стимулируя творческое мышление и самостоятельность в обучении [4], Т.А. Туртуева отмечает, что проектная деятельность развивает готовность к работе в высококонкурентной среде и способствует формированию качеств, необходимых для воспитания «инновационного человека», в процессе которого средством развития навыков постановки целей и задач, поиска путей их решения, оценки результатов своей деятельности, а также способности к самоконтролю и исправлению ошибок становится образовательная робототехника [5]. С ее мнением соглашается Н.В. Софронова и дополняет: проектные технологии при обучении образовательной робототехнике обеспечивают школьникам возможность самостоятельно ставить перед собой цели, задачи и решать их и занимают немаловажную роль в подготовке детей к робототехническим соревнованиям [6], что дало автору основание для вовлечения обучающихся в активный самостоятельный познавательный процесс в условиях дополнительного образования по образовательной робототехнике на основе проектной деятельности с включением проектов соревновательного характера, когда присутствующий в групповой работе элемент соревнования между командами повышает мотивацию участников и дает детям развитие чувства преданности команде и сосредоточенности для достижения наилучших результатов. Такой подход положительно сказывается на качестве выполнения проекта [7]. В ходе работы команда может выдвигать гипотезы, разные точки зрения, что стимулирует креативное мышление и разнообразие решений. С учетом вышеперечисленных особенностей организации проектной деятельности младших школьников в условиях дополнительного образования разработаны и апробированы специальные регламенты таких соревнований, как «Дуланы тумнуу» (якут. «обход кочек»), «Таба келуурэ» (якут. «оленьи упряжки»), «Тутум эргиир» и др.

Кроме этого, согласно методологии личностно-ориентированного подхода как основы исследования, ребенок в данной

работе рассматривается как субъект образовательного процесса, как главная ценность. Это позволяет ставить цель, которая в рамках личностно-ориентированной парадигмы заключается в создании комфортных условий для его развития, снятия трудностей, оказания помощи, поэтому автор считает необходимым третье педагогическое условие связать с сопровождением процесса обучения, с внедрением тьюторского сопровождения. Для обоснования данного педагогического условия автором были рассмотрены сущность и смысл тьюторского сопровождения путем анализа работ отечественных и зарубежных исследователей. Специальность тьютор внесена в «Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих» и утверждена приказом № 216н Министерства здравоохранения и социального развития РФ 5 мая 2008 г. [8]. Однако тьюторство на данный момент не имеет стандартизированного описания специфики как профессиональной педагогической деятельности, в этой связи в российских вузах отсутствуют

современные модели индивидуализации высшего образования.

Несмотря на «молодость» должности тьютора, проблема тьюторского сопровождения достаточно глубоко раскрыта в работах отечественных и зарубежных исследователей (М. Бэйнтон, Ч. Ведемейер, Э. Гордон, А.А. Кадысева, Т.М. Ковалева, Е.Б. Колосова, П.Г. Лабзина, Н.В. Рыбалкина, У. Уэвелл, П.Г. Щедровицкий и др.).

В рамках данного исследования автор придерживается определений Т.М. Ковалевой: «Тьютор – педагог, который работает на основе принципа индивидуализации и сопровождает построение индивидуальной образовательной программы» [9] и коллектива авторов С.В. Дудчик, Н.Ю. Грачева: «Тьюторское сопровождение – это феномен в педагогике, который рассматривается как педагогическая деятельность, направленная на индивидуализацию образовательного процесса обучающегося» [9], которые стали основанием *третьего педагогического условия*, которое направлено на тьюторское сопровождение проектной деятельности обучающихся.

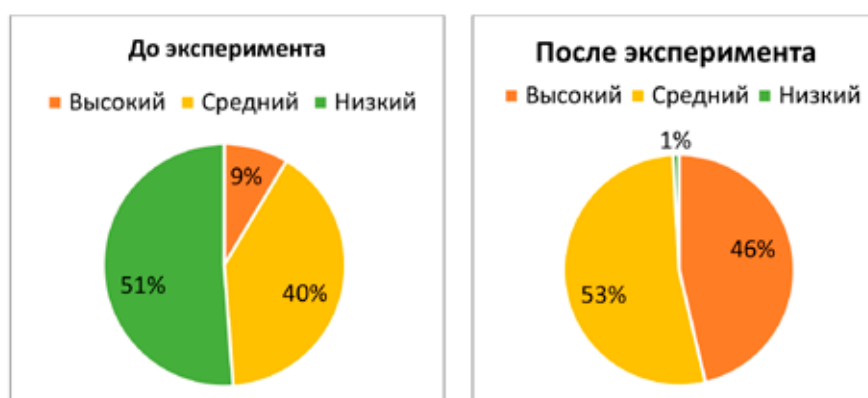


Рис. 1. Показатели уровня развития познавательной самостоятельности участников экспериментальной группы

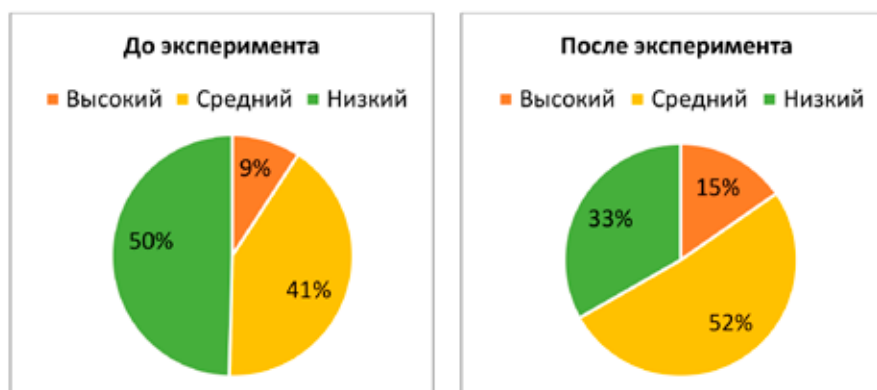


Рис. 2. Показатели уровня развития познавательной самостоятельности участников контрольной группы

Целью тьюторского сопровождения в рамках данного исследования являлось персональное сопровождение проектной деятельности обучающегося по образовательной робототехнике, создание эффективных условий для раскрытия его внутреннего потенциала. Тьюторами выступали учитель, студенты 4–5 курсов по направлению «Педагогическое образование» (с двумя профилями подготовки: информатика и математика), а также родители.

Опытно-экспериментальная работа по реализации всех вышеприведенных педагогических условий осуществлялась комплексно в течение двух учебных лет. Для этого 129 обучающихся 2–4 классов были разделены на две группы: 65 обучающихся составили экспериментальную группу, 64 – контрольную. Предварительно уровень развития познавательной самостоятельности в обеих группах был определен с помощью текущей успеваемости и экспертной оценки. Однородность групп подтверждена с помощью методов математической статистики.

Эффективность трех педагогических условий в их системном единстве, в том числе вовлечения детей в соревновательный аспект и тьюторского сопровождения, подтверждается результатами опытно-экспериментальной работы по реализации педагогических условий развития познавательной самостоятельности обучающихся начальных классов средствами образовательной робототехники, которые показаны на рис. 1 и 2. В экспериментальной группе (рис. 1) уровень развития познавательной самостоятельности имеет положительную динамику и дополнительно подтверждается успешным участием обучающихся на республиканских соревнованиях «РобОТС-2023».

В контрольной группе (рис. 2) эксперимент не проводился, но тем не менее в естественной среде наблюдается незначительный рост познавательной самостоятельности. Значимые изменения в экспериментальной группе позволяют утверждать, что педагогические условия достаточно эффективно влияют на развитие познавательной самостоятельности.

Заключение

Таким образом, полученные в ходе опытно-экспериментальной работы результаты позволяют утверждать, что познавательная самостоятельность при применении образовательной робототехники в дополнительном образовании младших школьников развивается успешно при реализации теоретически обоснованных педагогических условий.

Так, насыщение программы проектами с региональной спецификой способствует устойчивому развитию мотивации, учитывая сензитивность возраста младших школьников, применение соревновательных технологий обеспечивает вовлечение детей в активный познавательный процесс. Помощь обучающимся в процессе работы над проектами осуществляется путем организации тьюторского сопровождения, что позитивно влияет на реализацию всех обоснованных педагогических условий, и такой подход предоставляет возможность младшим школьникам самостоятельно формулировать цели и задачи, искать креативные решения, осуществлять планирование, организацию и оценку своей работы, таким образом способствует развитию познавательной самостоятельности.

Список литературы

1. Веденькина М.В. Формирование познавательной самостоятельности у младших школьников с учетом половых особенностей: дис. ... канд. пед. наук. Волгоград, 2007. 200 с.
2. Боровская С.В. Педагогические условия повышения эффективности профессионально-творческой самообразовательной деятельности будущего учителя: дис. ... канд. пед. наук. Челябинск, 1999. 175 с.
3. Веденькина М.В., Гусева А.В. Активизация познавательной деятельности младших школьников на уроках русского языка в условиях реализации ФГОС НОО // Весенние психолого-педагогические чтения: материалы V Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти почетного профессора АГУ А.В. Буровой (Астрахань, 19 апреля 2021 г.). Астрахань: Астраханский университет, 2021. С. 145–149.
4. Тарапата В.В. Формирование проектной культуры школьников средствами образовательной робототехники: дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2020. 175 с.
5. Туртуева Т.А. Проектный метод на занятиях по робототехнике // Информатика и образование: границы коммуникаций. 2021. № 13 (21). С. 163–165.
6. Софронова Н.В. Проектная деятельность в обучении робототехнике в школе // Педагогический опыт: теория, методика, практика. 2015. № 2. С. 182–185.
7. Находкина И.И. Формирование структурных компонентов познавательной самостоятельности младших школьников с использованием потенциала образовательной робототехники // Общество: социология, психология, педагогика. 2022. № 9 (101). С. 157–160.
8. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 5 мая 2008 г. № 216н «Об утверждении профессиональных квалификационных групп должностей работников образования» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/193313> (дата обращения: 01.09.2023).
9. Ковалева Т.М. Оформление новой профессии тьютора в российском образовании // Вопросы образования. 2011. № 2. С. 163–180.
10. Дудчик С.В., Грачева Н.Ю. Формирование тьюторской компетентности педагогов как залог успешной реализации инклюзивного образования // Вестник Волгоградского института бизнеса. 2015. № 4. С. 333–337.

УДК 37.022:372.881.161.1
DOI 10.17513/snt.39875

МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ РАБОТЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТИ РЕЧИ УЧАЩИХСЯ-БИЛИНГВОВ НА УРОКАХ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК НЕРОДНОГО

Романенкова О.А., Уланова С.А., Романенкова А.А.

*Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева», Саранск,
e-mail: ol.romanenkowa@yandex.ru, s.ulanova77@yandex.ru, nas.romanenkova@yandex.ru*

В статье рассматриваются методы и приемы работы по повышению выразительности речи учащихся-билингвов на уроках русского языка как неродного. Авторами произведен анализ научной и методической литературы, представлены и описаны конкретные методы и приемы организации языковой работы учащихся-билингвов, направленные на повышение выразительности их устной речи. Повышение выразительности речи является неотъемлемой частью работы над формированием коммуникативной компетенции учащихся и осуществляется на базе связной (монологической, диалогической) речи. Среди инновационных методов и приемов наиболее эффективными в плане развития и совершенствования выразительной устной речи авторами называются кейс-анализ учебных (коммуникативных) ситуаций с последующим проектированием коммуникативного поведения, выразительное чтение, устный интонационный и филологический анализ художественных текстов, приемы и формы работы, содержащие элементы эвристики, предусматривающие возможность продуктивной реализации в цифровой образовательной среде («Анимированная сорбонка», словесное рисование, анализ эйдос-конспектов и квазитекстов) и др. Авторы приходят к выводу о том, что работа по развитию выразительности речи учащихся на уроках русского языка в условиях современной школы является важной частью процесса формирования у них коммуникативной компетенции, осуществляется на базе связной (монологической, диалогической) речи и предполагает применение инновационных технологий обучения, характерных для них методов, приемов.

Ключевые слова: билингв, билингвизм, выразительность речи, методы и приемы работы, методики обучения русскому языку как неродному.

Исследование выполнено в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет и Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева) по теме «Формирование выразительной устной речи в практике обучения русскому языку как неродному».

METHODS AND TECHNIQUES FOR INCREASING SPEECH EXPRESSIVENESS OF BILINGUAL STUDENTS IN RUSSIAN AS A NATIVE LANGUAGE LESSONS

Romanenkova O.A., Ulanova S.A., Romanenkova A.A.

*Mordovian State Pedagogical University, Saransk,
e-mail: ol.romanenkowa@yandex.ru, s.ulanova77@yandex.ru, nas.romanenkova@yandex.ru*

The article discusses methods and techniques for increasing the expressiveness of speech of bilingual students in lessons of Russian as a second language. The authors analyzed the scientific and methodological literature, presented and described specific methods and techniques of organizing the language work of bilingual students aimed at increasing the expressiveness of their oral speech. Increasing the expressiveness of speech is an integral part of the work on developing students' communicative competencies and is carried out on the basis of coherent (monologue, dialogic) speech. Among the innovative methods and techniques, the authors name the most effective in terms of developing and improving expressive oral speech: case analysis of educational (communicative) situations with subsequent design of communicative behavior, expressive reading, oral intonation and philological analysis of literary texts, techniques and forms of work containing elements of heuristics, providing for the possibility of productive implementation in a digital educational environment ("Animated sorbonka", verbal drawing, analysis of eidos-notes and quasi-texts), etc. The authors conclude that the work on the development of expressiveness of students' speech in Russian lessons in a modern school is an important part of the process of forming their communicative competence, is carried out on the basis of coherent (monological, dialogical) speech and involves the use of innovative teaching technologies, methods and techniques characteristic of them.

Keywords: bilingual, bilingualism, expressiveness of speech, methods and techniques of work, methods of teaching Russian as a second language.

The study was carried out within the framework of a grant for conducting research work in priority areas of scientific activity of partner universities in network interaction (South Ural State Humanitarian Pedagogical University and Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseiev) on the topic "Formation of expressive oral speech in the practice of teaching Russian as a non-native language".

Развитие антропоцентрического подхода в лингвистике способствовало переакцентированию внимания ученых с системы языка на языковую личность, рассматриваемую в сумме всех ее характеристик, которые влияют на использование языковых единиц в различных ситуациях общения. Данная методологическая установка закономерно привела к популяризации функционального метода в лингвистических исследованиях, позволяющего выявлять и реализовывать в различных коммуникативных условиях смысловой и изобразительно-выразительный потенциал языковых единиц.

Большое влияние оказал антропоцентрический подход и на методику преподавания русского языка в школе, где в поле зрения ученых и учителей-практиков оказалась способность к речевому взаимодействию учащихся на неродном / иностранном языке. Это легло в основу развития методики обучения русскому языку как неродному и иностранному.

Специфика работы с учащимися-билингвами, которых, как правило, большинство в школах национально-территориальных образований России, объясняется их владением двумя и более языками, что приводит к межъязыковой интерференции в речи, ограниченному активному словарному запасу в неродном языке, преимущественному выбору простых грамматических конструкций в общении, неумению проявлять творческий подход в использовании языковых единиц в коммуникации. Данные особенности учащихся-билингвов негативно сказываются на степени выразительности их коммуникативного поведения, на действенности речи, обнаруживающей непосредственную связь со способностью индивида достигать цели общения, с его социальной успешностью в современных реалиях. Сказанное подчеркивает актуальность совершенствования методики школьного преподавания русского языка как неродного в аспекте повышения выразительности речи учащихся-билингвов, работа над которой выступает неотъемлемой частью методики развития коммуникативной компетенции школьников. Особое внимание здесь необходимо уделить выразительности устной речи, характеризующейся спонтанностью и ставящей говорящего в ситуацию речевой импровизации, в которой билингв следит, прежде всего, за правильностью языкового выражения мыслей, забывая об образности и экспрессии. Научное освещение данного вопроса до сих пор остается недостаточным. Отсутствуют целостные методические системы языковой работы учащихся-билингвов, ориентированные на развитие вы-

разительности их речи с учетом своеобразия коммуникативной ситуации. Как правило, отечественные авторы ограничиваются описанием отдельных методических приемов, использование которых не дает ощутимого эффекта в обучении.

Наличие данного противоречия позволяет сформулировать цель исследования, которая заключается в выявлении методов и приемов организации работы по развитию выразительности устной речи учащихся на уроках русского языка как неродного в современной школе.

Материал и методы исследования

В качестве ведущих методов исследования авторами применялись: а) метод теоретического анализа специальной литературы, метод научного описания, методы сравнительно-сопоставительного и типологического анализа, применяющиеся в создании комплексной характеристики выразительности речи как языкового и коммуникативно-речевого феномена; б) экспериментальный метод, методы педагогического проектирования и методического моделирования образовательных систем и их компонентов.

Результаты исследования и их обсуждение

Модернизация современного школьного филологического образования привела к существенному обновлению методики преподавания русского языка под влиянием концепции личностно ориентированного обучения и компетентностного подхода. Произошла переориентация учебного процесса с накопления знаний, формирования языковых умений и навыков на развитие личности учащегося средствами учебного предмета. Инструментом развития личности выступает опыт практической и коммуникативной деятельности, приобретаемый в результате применения знаний, умений и навыков при решении разнообразных учебных задач. Одновременно с этим ученик совершенствует предметные (в данном случае лингвистическую) и метапредметные компетенции, среди которых коммуникативная компетенция имеет наибольшую важность в социуме, поскольку функционирование практически всех его сфер построено на широком, разнонаправленном информационно-коммуникационном взаимодействии. Первостепенной значимостью характеризуются коммуникативные способности учащихся, которые заключаются в понимании людей, в выстраивании с ними продуктивного общения, исходя из принципов вежливости, понятности,

доступности, правдивости (достоверности) информации, ответственности, в рамках национально-культурных традиций и норм речевой практики (В.Н. Куровский [1], Л.Ф. Низаева [2] и др.).

В «Федеральных государственных образовательных стандартах основного общего образования» [3] коммуникативная компетенция определяется как способность к эффективному осуществлению различных видов речевой деятельности (слушания, говорения, чтения, письма) с учетом особенностей коммуникативной ситуации на основе полученных знаний о языке (его единицах и уровнях, функциональных стилях, изобразительно-выразительных ресурсах и т. д.), соответствующих умений, навыков и опыта их применения на практике, самоконтроля и регуляции речевого поведения. В данном документе раскрывается содержание коммуникативной компетенции, в которой, помимо прочих, актуализированы следующие аспекты:

– умения и навыки грамотного использования языковых средств с учетом специфики коммуникативной ситуации, целей, задач общения, интенций и прагматических установок пишущего/говорящего;

– умения и навыки формулирования, презентации и аргументации своей позиции (точки зрения);

– умения и навыки сотрудничества с другими учащимися в группе, планирования индивидуальной и совместной работы по русскому языку, нахождения общего решения, самоконтроля, самооценки и оценки учебной деятельности окружающих.

Как видим, повышение выразительности речи является неотъемлемой частью работы над формированием коммуникативных компетенций учащихся. На сопряженность работы по повышению выразительности речи с формированием коммуникативной компетенции на уроках русского языка пристальное внимание обращают такие ученые-методисты, как О.Г. Коник [4], А.В. Цыганкова [5] и др. По наблюдениям данных авторов, формирование коммуникативных компетенций предполагает следующую работу, связанную с повышением выразительности речи:

– совершенствовать умения и навыки грамотно (правильно), четко, ясно, логично излагать свои мысли по обозначенному вопросу, аргументировать свою точку зрения, используя различные приемы техники речи;

– совершенствовать умения и навыки продуктивного участия в диалоге, дискуссии;

– совершенствовать умения и навыки свободной интерпретации чужого мнения, его взвешенной оценки, анализа;

– совершенствовать умения и навыки устного создания развернутых высказываний различной тематической направленности, по разнообразным жанровым моделям и с использованием богатого арсенала изобразительно-выразительных, стилистических средств современного русского языка.

В содержание работы по повышению выразительности речи учащихся на уроках русского языка как неотъемлемой части развития коммуникативной компетенции входит:

1) овладение умениями и навыками выразительного чтения образцовых текстов и репрезентации собственных устных высказываний;

2) обучение их устному анализу (выделять тему, проблемы, особенности их раскрытия и соответствия логической структуре изложения);

3) формирование умений и навыков трансформирования (преобразования) базовой информации текста;

4) формирование умений и навыков публичного выступления с соблюдением требований определенного типа речи, стиля, жанра, выбора с учетом этого изобразительно-выразительных средств языка;

5) формирование умений и навыков оценки и устного редактирования развернутого высказывания;

6) формирование умений и навыков участия в диалоге и полилоге, дискуссии.

Работа по повышению выразительности речи осуществляется на базе связной речи – логической последовательности фраз, объединенных общей темой, обнаруживающих семантико-грамматическое, интонационное единство. Именно связная речь открывает большие возможности для актуализации уникальности языковой личности, чувств, эмоций, прагматических установок говорящего, предельно полного раскрытия информации, которой он решил поделиться с окружающими. Только при изложении сложных суждений, умозаключений может в полной мере реализовываться воздействующий потенциал речи в результате ее образной организации, использования эмотивов, экспрессивов, градуаторов, интенсификаторов, изобразительно-выразительных средств языка. Отдельные фразы в коммуникации, наоборот, обнаруживают смысловую ограниченность, бедность языкового выражения мысли. Связная речь может быть монологической (речь одного лица) с целью сообщения аудитории какой-либо информации, и диалогической (между несколькими лицами в процессе общения), что обуславливает важность работы по повышению выразительности речи в рамках

публичного выступления и групповой, коллективной деятельности учащихся.

Методическое осмысление проблемы повышения выразительности речи учащихся на уроках русского языка в современной школе предполагает выделение и подробное описание технологий, методов, приемов и форм организации языковой работы учащихся, которое до сих пор отличается фрагментарностью наблюдений и замечаний авторов. В специальной литературе выделяются следующие элементы эффективной организации учебной деятельности по русскому языку, нацеленной на повышение выразительности устной речи школьников:

I. Инновационные технологии и формы обучения, среди которых особую роль играют:

- 1) технология интерактивного обучения;
- 2) технология ситуативного обучения;
- 3) диалоговые технологии;
- 4) технология развития критического мышления;

5) технология скрайбинга.

Так, технология интерактивного обучения реализуется в таких формах учебной деятельности, как проектно-исследовательская работа, «мозговой штурм», «аквариум», дискуссия, дебаты, конференция, круглый стол и др. Она предполагает совместное решение учащимися учебных проблем в процессе широкого коммуникативного и практического взаимодействия, ставит ученика в ситуации необходимости: а) грамотного, выразительного, доступного для понимания других школьников формулирования своего видения учебной проблемы; б) его аргументации с целью доказательства истинности на фоне других гипотетических решений поставленной учителем задачи; в) репрезентации общего решения учебной проблемы перед аудиторией; г) убедительного участия в дискуссии с целью его защиты, акцентирования правильности для одноклассников.

Технология ситуативного обучения, подразумевающая совместный поиск способа применения знаний, умений, навыков в заданных коммуникативных условиях, опирается на ситуационный анализ и ставит ученика в ситуацию спонтанного речевого реагирования, выразительность, экспрессивность, правильность которого также обуславливают убедительность предложенного им решения.

Диалоговые технологии, объединяющие в себе весьма востребованные в современном школьном филологическом образовании формы работы по русскому языку (репродуктивные, кумулятивные, эвристические беседы, беседы на основе различных впечатлений, проблемно-поисковые

диалоги, проблемные лекции и т.д.), также предполагают формулирование учащимся своего видения рассматриваемого вопроса, которое должно иметь достаточное информационное обоснование и выразительное языковое оформление.

Внутренним образовательным потенциалом в аспекте повышения выразительности речи учащихся-билингвов обладает технология развития критического мышления. Реализация приемов данной технологии (например, «Ромашка Блума», «Тонкие и толстые вопросы») в парах и группах учащихся содействует формированию умений и навыков выразительной диалогической речи.

Технология скрайбинга, предложенная и подробно описанная в научной публикации Л.Ю. Устиновой [6], подразумевает устное или письменное создание визуальных метафор, символов, отражающих суть рассматриваемого языкового явления или обсуждаемого языкового вопроса. Например, грамматическую природу причастия и деепричастия учащийся может представить в виде качелей-балансира, где с одной стороны находятся признаки прилагательного или наречия, с другой стороны – признаки глагола. Учащийся конкретизирует, объясняет свою модель образного видения языкового явления, подчеркивает обоснованность такого подхода, вступает в дискуссию с другими школьниками, предлагающими свои варианты визуальных метафор. При обучении русскому языку билингвов данная технология также полезна для записи новых слов или их разъяснения в тексте.

II. Инновационные методы организации языковой работы, среди которых, наряду с указанными выше проектным методом и кейс-анализом ситуации, также необходимо указать:

– выразительное чтение фрагментов художественных и публицистических произведений, предназначенных для языкового анализа, в том числе: а) по готовому образцу (в исполнении автора текста, известного актера, учителя, учащегося); б) по схеме понижения и повышения голоса; в) в процессе создания такой схемы учащимся; г) с сопоставлением нескольких вариантов прочтения произведения;

– устный интонационный анализ стихотворения с акцентированием повышения и понижения голоса, логических ударений, пауз, убыстрения и замедления темпа речи, эмоциональной окраски отдельных слов и выражений;

– устный филологический анализ текста, в рамках которого определяется роль колоративов и эмотивов в семантике изложения,

в актуализации ведущего эмоционального тона, в репрезентации точки зрения автора на описываемые события, в формировании и раскрытии его позиции в целом.

III. Традиционные и инновационные приемы организации языковой работы учащихся коммуникативно-развивающей направленности, отмеченные в научных публикациях ученых-методистов и учителей-практиков (Г.М. Закирова [7], Э.С. Левшина [8], Е.В. Любичева [9], Н.А. Сизикина [10], С.А. Уланова [11] и др.), например:

– прием «Сложная цепочка», когда один учащийся называет термин («суффикс», «глагол», «синоним», «однородные члены предложения» и т.п.), другой старается доступно, ясно, понятно, выразительно объяснить его значение третьему ученику, чтобы тот догадался, о чем идет речь;

– прием «Нестандартное интервью», когда пара учащихся моделирует вопросы и ответы в виде интервью по заданной языковой теме, меняет их форму и содержание в зависимости от изменений условий общения, обозначаемых учителем (беседа журналиста с известным филологом / автором словаря → беседа журналиста с педагогом, выигравшим конкурс и т.д.);

– прием «Продолжи ряд» – ряд заданных единиц языка, встречающихся в анализируемом тексте, которые способны усилить его воздействующий потенциал, эмоциональность изложения в целом, в частности: а) слов с оценочным значением; б) слов с модальным значением; в) слов с характеризующим значением;

– прием «Анимированная сорбонка», предусматривающий формулирование учащимся устного ответа на вопрос, представленный на карточке, и самопроверку по ответу на ее другой стороне. Данный прием обучения эффективно реализовывать с билингвами в цифровой образовательной среде: медиакарты могут содержать аудиофайлы, наглядно демонстрирующие способы интонационного выделения слова в тексте, особенности его произношения, место ударения;

– словесное рисование (по картине, по непосредственным наблюдениям за объектом, по памяти);

– интерактивные задания, направленные на овладение средствами повышения выразительности устной речи и предполагающие их реализацию в заданных коммуникативных условиях. К данным средствам выразительности относятся, например, синонимы, повторы, тропы, присоединительные конструкции, инверсии, вопросно-ответная форма изложения, паремии, идиомы, крылатые слова и выражения. Интерактив-

ные задания могут формулироваться следующим образом: «Составьте небольшое устное сообщение (выступление, диалог) с широким использованием различных средств повышения выразительности речи, посвященное юбилею известного писателя / крупному событию в развитии региональной медицины / открытию этнографического музея в одной из мордовских деревень / посещению выставки (варианты задания распределяются по группам школьников-билингвов). Продублируйте его на родном языке, выявите различия в функционировании средств создания экспрессии в развернутом высказывании»;

– устная аналитико-продуктивная работа оценочно-рефлексивной направленности по художественным текстам, которая включает в себя: а) выделение в художественном повествовании различных средств актуализации эмоционального состояния лирического героя (индивидуально, в парах или группах учащихся); б) их дополнение собственными примерами; в) создание и презентацию сообщений о подобных переживаниях от первого лица на основе собственного жизненного опыта; г) сравнение с художественными текстами известных авторов;

– подготовка устных сообщений в нетрадиционных жанрах после знакомства с образцовыми текстами, аналитической, репродуктивной и эвристической беседы по предложенным в интерактивных образовательных модулях или мультимедийных презентациях отрывкам (например, в жанре путешествия, дневника, рекламы и т.д.). Подобная работа, во-первых, расширяет представления учеников о жанровых моделях, востребованных в современной коммуникации, отличающихся актуальностью, во-вторых, способствует развитию умений и навыков грамотно выбирать языковые средства в соответствии с жанровой моделью развернутого высказывания, коммуникативными целями и задачами, заложенными в ней, собственными интенциями и прагматическими установками, обусловленными тематикой сообщения;

– деловые и дидактические игры с включением учащихся в активную коммуникативную деятельность по заданным правилам, в том числе с ролевым участием, а, следовательно, с освоением моделей речевого поведения, соответствующих условиям коммуникативной ситуации, социальному статусу участников общения;

– работа с опорными словами, данными как отдельно, так и в составе предложений, развернутых высказываний («объяснить значение слова», «определить стилистиче-

скую окраску лексической единицы языка», «составить рассказ по ее переносным значениям» и т.д.);

– работа с фразеологизмами, поговорками, крылатыми словами и выражениями, тропами (олицетворениями, метафорами, оксюморонами, аллегориями): а) по раскрытию их семантики через объяснение, подбор синонимов; б) по их изображению в пантомиме;

– различного вида пересказы текста (сжатый, аналитический, творческий: с изменением лица, от которого ведется повествование, с изменением других его деталей, жанра, типа речи);

– демонстрация моделей речевого поведения в различных коммуникативных ситуациях и анализ способов, средств достижения в них коммуникативных целей и задач, соответствующих исходным прагматическим установкам говорящих;

– демонстрация моделей речевого поведения в заданных жанровых форматах, в частности в различных медиажанрах, востребованных в современной коммуникации (блог, трэвел, рум-тур и т.д.);

– редакторская деятельность – устная работа над собственными и чужими ошибками, моделирование вариативных способов их устранения в определенном тексте и речи в целом;

– публичные выступления – презентации и защита продуктов письменной деятельности (проекта, реферата, доклада, тезисов и т.д.);

– работа с квазитекстами, которые представляют собой искусственно созданные тексты из отрывков разных произведений, схожих по тематике, но различающихся стилистикой изложения. Учащиеся доказывают принадлежность текста к квазитексту, вычленивают первичные тексты, аргументируют свою точку зрения, объясняют различия между ними. Работа с квазитекстами способствует развитию стилистической чуткости, внимательности к интонационному оформлению текста, его зависимости, равно как и тропов, стилистических фигур, от жанра, преобладающего типа речи;

– устная работа по эйдос-конспектам, отражающим различные языковые темы, заранее подготовленным в цифровой образовательной среде учителем и представляющим собой образно-символическое изображение изучаемого языкового явления. Например, при рассмотрении темы «Однородные члены предложения» эйдос-конспект может содержать иллюстрацию «Матрешки», к которой ученик должен составить предложение с однородными членами предложения, соотнести их с изо-

бражениями матрешек на слайде. Освоение темы «Синонимы» может сопровождаться устным иллюстрированием электронного эйдос-конспекта с фотографией школьного «КВН» и пустыми ячейками для синонимов с оценочными значениями, характеризующих участников данного конкурса (находчивый, догадливый, смекалистый, сметливый, остроумный и др.).

Заключение

Итак, работа по развитию выразительности речи учащихся на уроках русского языка в условиях современной школы является важной частью процесса формирования у них коммуникативной компетенции и осуществляется на базе связной (монологической, диалогической) речи. Она предполагает регулярное применение инновационных (реже традиционных) технологий обучения, характерных для них методов, приемов и форм организации учебной деятельности коммуникативно-развивающей направленности. Предпочтение отдается, во-первых, диалоговым технологиям, технологиям интерактивного и ситуативного обучения, технологии развития критического мышления, технологии скрайбинга; во-вторых, таким методам, как кейс-анализ учебных (коммуникативных) ситуаций с последующим проектированием коммуникативного поведения, выразительное чтение, устный интонационный и филологический анализ художественных текстов; в-третьих, различным приемам и формам работы, содержащим элементы эвристики, предусматривающим возможность продуктивной реализации в цифровой образовательной среде («Анимированная сорбонка», словесное рисование, анализ эйдос-конспектов и квазитекстов и др.). Между тем методическое осмысление эффективной организации учебной деятельности учащихся, нацеленной на повышение выразительности их речи, на уроках русского языка остается незаконченным, а наблюдения и выводы ученых по данному вопросу носят случайный, фрагментарный характер, не представляя целостных систем и моделей обучения на основе коммуникативно-деятельностного подхода.

Список литературы

1. Куровский В.Н. Формирование коммуникативных компетенций и речевой культуры школьников // Научно-педагогическое обозрение. Pedagogical Review. 2019. № 4. С. 44–45.
2. Михайкина И.Д. Методы и формы обучения русскому языку как неродному // Сборник методических материалов по преподаванию русского языка как неродного / под редакцией О.А. Притужаловой, Н.В. Угловой. Липецк: ГАУДПО ЛО «ИРО». 2020. С. 17–21.
3. Федеральные государственные образовательные стандарты. ФГОС основного общего образования. [Элек-

тронный ресурс]. URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-ooo/> (дата обращения: 16.10.2023).

4. Коник О.Г. Психолого-педагогические основы процесса формирования речевых умений школьников // Школьная педагогика. 2017. № 1. С. 28–31.

5. Цыганкова А.В. Психолингвистические основы методики развития речи // Специальное образование. 2010. № 2. С. 60–67.

6. Устинова Л.Ю. Крайбинг на уроках литературы: создание визуального конспекта // Ценности и смыслы. 2018. № 5. С. 206–220.

7. Закирова Г.М. Квазитекст на уроках русского языка и литературы // Калининградский вестник образования. 2020. № 1. С. 43–54.

8. Левшина Э.С. Развитие образного строя речи учащихся 5–7 классов на уроках русского языка и литературы // Ученые записки Орловского государственного университета. 2016. № 1. С. 207–208.

9. Любичева Е.В. Речевая деятельность учащихся при работе с художественным текстом // Русский язык в школе. 2016. № 4. С. 46–49.

10. Семенова Л.У. О формировании культуры русской речи у студентов-билингвов // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 59–4. С. 241–244.

11. Уланова С.А. Методические приемы обучения русскому литературному произношению в поликультурном классе // Гуманитарные науки и образование. 2017. № 1 (29). С. 75–77.

УДК 371:373:378
DOI 10.17513/snt.39876

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРОВ ЦИФРОВОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ, ВУЗОВ И ИТ-КОМПАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА «ПРОВОД ИТ»)

Сенькина Г.Е., Ковалев В.А.

*ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», Смоленск,
e-mail: gulzhan.senkina@gmail.com*

На основе анализа целей и задач центров цифрового дополнительного образования, вузов и ИТ-компаний в плане цифрового обучения и подготовки представлены характеристики, этапы педагогического проектирования и взаимодействия данных структур, раскрыто содержание этапов. Охарактеризована структура обучения в центре цифрового дополнительного образования (ЦЦДО) на примере центра «IT-Cube. Смоленск». Представлены результаты анализа статистических данных по набору и выпуску обучающихся в «IT-Cube. Смоленск» за 2021 и 2022 годы. Показаны формы цифрового образования, в том числе дополнительного, в вузе (на примере Смоленского государственного университета). Обосновано, что взаимодействии ЦЦДО и вуза с ИТ-компаниями в организационном и управленческом плане целесообразнее выстраивать через соответствующие министерства региональных правительств: образования и науки и цифрового развития. ИТ-компании формируют кейсы для обучающихся ЦЦДО, вуза, проводят конкурсы, хакатоны совместно с региональным правительством, а также Федерацией спортивного программирования. На примере проекта «ПроводIT» представлены основные характеристики каждого этапа проекта, выявлены показатели эффективности и возможные риски в ходе его реализации. Сделан вывод об эффективности предлагаемого подхода для повышения качества обучения и эффективности подготовки специалистов для ИТ-сферы.

Ключевые слова: дополнительное образование, профессиональное образование, ИТ-компании, взаимодействие, проектирование, эффективность

DESIGNING INTERACTION OF DIGITAL ADDITIONAL EDUCATION CENTERS, UNIVERSITIES AND IT COMPANIES (BASED ON THE EXAMPLE OF THE IT WIRE PROJECT)

Senkina G.E., Kovalev V.A.

Smolensk State University, Smolensk, e-mail: gulzhan.senkina@gmail.com

Based on an analysis of the goals and objectives of digital additional education centers, universities and IT companies in terms of digital education and training, the characteristics, stages of pedagogical design and interaction of these structures are presented, and the content of the stages is revealed. The structure of training in the center of digital additional education (DCED) is characterized using the example of the «IT-Cube center. Smolensk». The results of the analysis of statistical data on the enrollment and graduation of students at «IT-Cube are presented. Smolensk» for 2021 and 2022. The forms of digital education, including additional education, at a university are shown (using the example of Smolensk State University). It is substantiated that it is more expedient to build the interaction of the Center for Educational Education and Science and the university with IT companies in organizational and managerial terms through the relevant ministries of regional governments: education and science and digital development. IT companies create cases for students of the Central Educational Center and University, conduct competitions, hackathons together with the regional government, as well as the Federation of Sports Programming. Using the example of the ProvodIT project, the main characteristics of each stage of the project are presented, performance indicators and possible risks during its implementation are identified. A conclusion is drawn about the effectiveness of the proposed approach for improving the quality of training and the effectiveness of training specialists for the IT field.

Keywords: additional education, vocational education, IT companies, interaction, design, efficiency

Анализ особенностей обучения школьников информационным технологиям в условиях общеобразовательной школы выявил как положительные, так и отрицательные стороны общего обучения.

К *плюсам* такого обучения авторы относят: охват *всех* обучающихся; обеспечение начальной подготовки к применению ИТ; информирование об ИТ благодаря авторитету учителя, имеющего навыки и опыт работы с учащимися определенных возрастных групп.

В качестве *минусов* можно выделить следующие.

1. Как правило, недостаточный уровень *hard skills* (предметных умений в области ИТ) у педагогов для обучения.

2. Ограниченный ресурс времени. В школе на изучение информатики отводится обычно 1 час в неделю.

3. Недостаточно качественное оборудование. Компьютерная техника в школах быстро устареваает, а требования к ней в сфере ИТ постоянно возрастают.

4. Отсутствие мотивации у обучающихся. Не все дети склонны к обучению ИТ, имеют разный уровень способностей и подготовленности.

На государственном уровне проблема недостаточности обучения ИТ в школе осознана и решается в рамках Национального проекта «Образование» в соответствии с указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [1]. Одним из целевых показателей национального проекта «Образование» является формирование эффективной системы выявления, поддержки и развития способностей и талантов у детей и молодежи, основанной на принципах справедливости, всеобщности и направленной на самоопределение и профессиональную ориентацию всех обучающихся [2]. Большое внимание уделяется развитию цифровой инфраструктуры системы образования и развитию цифровой компетентности педагогов и обучающихся. Благодаря реализации национального проекта «Образование» на данном этапе в РФ созданы и функционируют более 14 000 центров образования «Точка роста», 232 детских технопарка «Кванториум», 198 центров цифрового образования «ИТ-куб», 30 ключевых центров дополнительного образования детей, 85 мобильных технопарков «Кванториум». И эти показатели постоянно растут, так как федеральные проекты еще не завершены. Вместе с тем эффективность уже действующих центров не однородна, помимо кадровых вопросов (несмотря на созданные возможности непрерывной подготовки недостающих педагогов для дополнительного образования), остро встает проблема эффективного взаимодействия вузов и ссузов, центров цифрового дополнительного образования, региональных и муниципальных администраций и ИТ-компаний. Содержательное заинтересованное взаимодействие указанных структур возможно благодаря целенаправленному проектированию их взаимодействия [3-5].

Цель исследования: на основе анализа целей и задач центров цифрового дополнительного образования, вузов и ИТ-компаний в плане цифрового обучения и подготовки представить этапы педагогического проектирования и взаимодействия данных структур.

Материал и методы исследования

В своем исследовании мы исходим из понимания педагогического проектирования как комплексной задачи, решение которой осуществляется с учетом социокультур-

ного контекста рассматриваемой проблемы и в которой взаимодействуют и взаимодействуют друг друга социально-культурные, педагогические, психологические, технические, технологические и организационно-управленческие аспекты. Изначально педагогическое проектирование проявилось в качестве феномена, возникшего как результат взаимодействия новейших тенденций в развитии педагогической теории и инновационной практики. В настоящий момент наблюдаем взрывное развитие такого взаимодействия в области информационных технологий и овладения ими обучающимися в образовательной системе. Само понятие образовательной системы расширяется, становится более сложным за счет интеграции общего среднего, профессионального среднего и высшего, дополнительного образования, а также ИТ-компаний, производственных организаций и любых учреждений, использующих информационные технологии, открытых для взаимодействия с образовательными организациями. Исследование проводится в рамках интеграционного подхода, позволяющего объединять информационные, сетевые технологии, образовательные, производственные, организационно-административные ресурсы.

Также для исследования важны следующие *характеристики* проекта.

1. Изменение как основное содержание проекта: важны прирост компетенций субъектов проекта, приращение ресурсов (как инфраструктурных, так и технологических, организационно-управленческих, педагогических/кадровых).

2. Временные ограничения продолжительности проекта, достижения поставленных этапных и конечных целей – связаны с выделением финансовых средств в рамках национальных и региональных проектов под конкретные задачи.

4. Представление проекта как *системы* средств достижения будущего. Здесь важны не только компетентностные критерии, в большей мере ориентированные на практическое овладение умениями, но и социально-культурные, личностные, влияющие в целом на развитие личности и общества.

5. Определенность начала и окончания проектной работы. Накладывает ответственность на всех субъектов проекта в достижении поставленных целей. Для этого взаимодействие различных субъектов координируется не только договорными отношениями, но и четко проработанными планами (дорожными картами) с формулировкой критериев и показателей достижения поставленных целей и задач (этапных

и конечных) и конкретных ответственных лиц и исполнителей.

Особенности исследовательского подхода рассматриваются на примере проекта «ПроводIT», разрабатываемого авторами. Объектом деятельности данного проекта является планирование обучения ИТ (информационным технологиям) на период не менее 10 лет на примере взаимодействия ЦЦДО (центров цифрового дополнительного образования), Смоленского государственного университета и ИТ-компаний.

Результаты исследования и их обсуждение

Констатирующий этап педагогического эксперимента по проблеме проектирования взаимодействия центров цифрового дополнительного образования, вузов и ИТ-компаний проводился на базе центра «IT-Cube» г. Смоленска.

В структуре обучения центра «IT-Cube. Смоленск» представлены младшее и среднее звено.

В младшем звене ученикам 1–6-х классов предлагаются следующие программы:

- развивающая математика;
- системное администрирование;
- цифровая грамотность и кибергигиена;
- робототехника;
- основы алгоритмики и логики.

В среднем звене учащиеся 6–8-х классов изучают программы:

- программирование на Python;
- программирование на Java;
- системное администрирование+;
- основы интернета вещей;

- летающая робототехника;
- программирование роботов;
- VR/AR – разработка.

Результаты анализа статистических данных по набору обучающихся в «IT-Cube. Смоленск» за 2021 и 2022 годы представлены на рисунках 1 и 2.

Видны различия в возрастном составе набранных школьников по 2021 и 2022 годам: расширился возраст принятых на обучение, по численности наметился сдвиг в старшую возрастную группу. Это связано с тем, что большинство обучающихся продолжают обучение в «IT-Cube», а также растет популярность центра среди старшеклассников.

Достаточно однородны данные по выпускам.

Содержательный анализ выявил, что по окончании программ у выпускников возникает вопрос: что делать дальше, как выстраивать траекторию обучения? Часто наиболее продвинутые старшеклассники – выпускники центра, особенно на первых курсах вузов, теряют мотивацию к приращению навыков программирования, поскольку общий уровень студентов на 1–2-м курсах в целом ниже, специальные дисциплины по программированию в основном начинаются с 3-го курса. На первых курсах вузов преобладают универсальные и фундаментальные дисциплины (философия, история, математика, физика). В то же время имеется большой потенциал реализации как обучающихся центра, так и в последующем студентов вузов в проектной деятельности. При этом могут быть задействованы целевые установки и ресурсы различного уровня.

В 2021 году

Всего приняты: 622 человека

Закончили: 554

Процент отсева: 11%

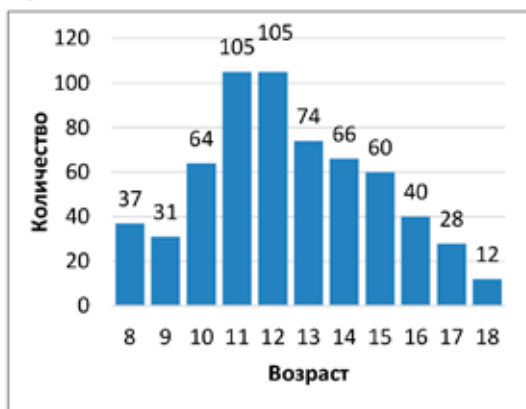


Рис. 1. Набор 2021 года

В 2022 году

Всего приняты: 609 человек

Закончили: 542

Процент отсева: 11%

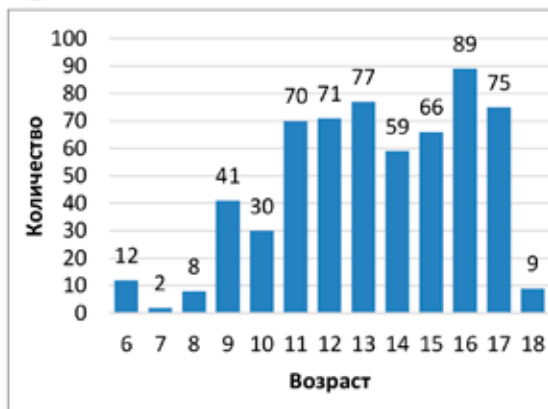


Рис. 2. Набор 2022 года

Таблица 1

Цели и задачи ЦЦДО, вузов и ИТ-компаний

Цели и задачи		
ЦЦДО (ИТ-Cube. Смоленск)	Вуз (СмолГУ)	ИТ-Компании
<ul style="list-style-type: none"> – обеспечить высокие количественные показатели при наборе учеников; – выстроить эффективный процесс обучения; – обеспечить высокое качество подготовки выпускников (победители и призеры конкурсов, олимпиад, хакатонов, поступление в ведущие вузы, успешное трудоустройство) 	<ul style="list-style-type: none"> – набрать как можно больше сильных в программировании абитуриентов; – выстроить эффективный процесс обучения; – обеспечить высокое качество подготовки выпускников (победители конкурсов, олимпиад, хакатонов, успешное трудоустройство) 	<ul style="list-style-type: none"> – набрать высококвалифицированные кадры, которые не придется дополнительно обучать; – выпускать качественные ИТ-продукты

Таблица 2

Цели и задачи региональной администрации и Федерации спортивного программирования

Цели и задачи	
Администрация Смоленской области (ИТ-направление)	Федерация спортивного программирования
<ul style="list-style-type: none"> – повысить уровень цифрового образования в целом; – развитие ИТ в Смоленской области 	<ul style="list-style-type: none"> – развитие спортивного программирования как вида спорта в РФ; – повышение уровня подготовки участников в области программирования

В таблице 1 представлены цели и задачи ЦЦДО (на примере центра «ИТ-Cube»), вуза (на примере Смоленского государственного университета) и ИТ-компаний в интересующем нас аспекте.

Достижение поставленных целей возможно за счет расширения связей каждого из субъектов как по горизонтали, так и по вертикали. Так, у ЦЦДО «ИТ-Cube. Смоленск» выстроены связи с Лицеом Академии Яндекса, ИТ Школой Samsung. На базе СмолГУ действуют центр «Точка Кипения», центр робототехники и аддитивных технологий «Модуль», Школа спортивного программирования, ежегодно проводятся Летние школы программирования. В рамках направления бакалавриата по педагогическим направлениям студенты проходят практики по робототехнике и 3D-моделированию. Кроме того, и у вуза, и у ЦЦДО налажены связи с Федерацией спортивного программирования.

При этом важно учитывать, что цели и задачи областной администрации и Федерации спортивного программирования во многом пересекаются с соответствующими целями и задачами ЦЦДО и вуза (табл. 2).

Взаимодействие с ИТ-компаниями в организационном и управленческом плане целесообразнее выстраивать через соот-

ветствующие Министерства регионального правительства: Министерство образования и науки и Министерство цифрового развития. В Смоленской области широко представлены ИТ-компании, региональным правительством развивается кластер информационных технологий, у ЦЦДО выстроены с ними связи на договорной основе (рис. 3). ИТ-компании формируют кейсы для обучающихся ЦЦДО, вуза, проводят конкурсы, хакатоны совместно с областной администрацией. «ПроводИТ» – проект обучения, основанный на взаимодействии всех упомянутых ранее участников, направленный на получение обучающимся высокой квалификации со школьной скамьи до отдела кадров соответствующих компаний и организаций.

Выделим основные *этапы* проекта «ПроводИТ».

Этап 1. Подготовка ученика

Возраст: 6–11 лет (1–4-е классы)

Участники: школа, департамент образования, «ИТ-Cube.Смоленск».

Цель: способствовать поступлению обучающегося, интересующегося миром ИТ, в ЦЦДО «ИТ-Cube.Смоленск».

Способы воздействия:

- информирование внутри школы;
- информирование через ЭлЖур.



Рис. 3. Кластер информационных технологий Смоленской области (во взаимодействии с «ИТ-Cube. Смоленск»)

Этап 2. Начало обучения ИТ-специальностям

Возраст: 11–14 лет (5–8-е классы)

Участники: «ИТ-Cube. Смоленск».

Цель: дать всестороннее развитие в области ИТ по разным направлениям.

Способы воздействия:

– обучение на базе ЦЦДО «ИТ-Cube. Смоленск».

Этап 3. Продвинутое обучение профессии

Возраст: 14–18 лет (8–11-е классы)

Участники: «ИТ-Cube. Смоленск», СмолГУ, ИТ-компании.

Цель: обучить учеников конкретным технологиям, решая конкретные кейсы от ИТ-компаний.

Место проведения: «ИТ-Cube. Смоленск», «Точка кипения» СмолГУ

Способы воздействия:

– обучение на базе ЦЦДО «ИТ-Cube. Смоленск» профильным направлениям;

– формирование команд формата: студенты + школьники для решения конкретных кейсов.

Этап 4. Обучение в вузе

Возраст: 18–23 года (1–5-е курсы)

Цель: дать студентам высшее образование, стажировка/работа в ИТ-компаниях.

Участники: СмолГУ, ИТ-компании.

Место проведения: СмолГУ, «Точка кипения» СмолГУ, ИТ-компании.

Способы воздействия:

– обучение на базе СмолГУ;

– формирование команд формата: студенты + школьники для решения конкретных кейсов;

– работа в смоленских ИТ-компаниях.

Дополнительное воздействие с этапа 3. Спортивное программирование

Возраст: 13–23 года (7-й класс – 5-й курс).

Участники: «ИТ-Cube. Смоленск», СмолГУ, ФСП, Департамент цифрового развития.

Цель: развивать регион в области спортивного программирования.

Место проведения: «ИТ-Cube. Смоленск», «Точка кипения» СмолГУ

Способы воздействия:

– обучение участников проекта спортивному программированию со «школьной скамьи» до защиты диплома.

Этап 5. Отдел кадров

Возраст: 23+.

Участники: ИТ-компании, СмолГУ.

Цель: устроиться на работу, закончить магистратуру, аспирантуру.

Местопроведения: ИТ-компании, СмолГУ.

Реализация проекта «ПроводIT» должна обеспечивать (в качестве возможных *показателей* эффективности):

- постоянное получение обучающимися и педагогами актуальных знаний из области IT;
- получение уровня Middle-developer студентами до окончания вуза;
- увеличение контингента учеников ЦЦДО;
- прирост абитуриентов вуза (СмоЛГУ), которые уже умеют программировать;
- прирост высококвалифицированных сотрудников IT-компаний (Смоленского информационного кластера), которые владеют стеком технологий, используемых конкретно в той или иной компании;
- поднятие уровня ЦЦДО, вуза и региона в области спортивного программирования в виде расширения участия, победителей и призеров конкурсов различного уровня.

В качестве возможных *рисков* проекта можно выделить необходимость постоянной вовлеченности *всех* участников проекта на *всех* его этапах, что включает не только организационные трудности, но и риски выбывания участников из проекта по различным причинам.

Конкретные действия и идеи для взаимодействия ЦЦДО, вуза и IT-компаний:

- заключение договора о сотрудничестве СмоЛГУ – «IT-Cube. Смоленск»;
- взаимодействие «IT-Cube. Смоленск» и ЦДО «Модуль»;
- сопоставление программ обучения «IT-Cube. Смоленск», СмоЛГУ и потребностей местных IT-компаний;
- подготовка педагогических кадров – «педагогов будущего» для ЦЦДО и вуза;
- коммерциализация продуктов проектной деятельности обучающихся;
- взаимодействие с крупными IT-компаниями;
- развитие интереса обучающихся-подростков к программированию посредством разработки видеоигр (GameDev);
- открытие центра Федерации спортивного программирования на базе СмоЛГУ, «IT-Cube. Смоленск».

Проект «ПроводIT» рассчитан не менее чем на 10 лет, но уже первые показатели его внедрения, предварительная работа в ходе проектирования показывают его эффективность. Так, совместная команда «IT-Cube. Смоленск» и СмоЛГУ под руководством преподавателя СмоЛГУ Владислава Ковалева, который также является и преподавателем «IT-Cube. Смоленск», стала победителем Всероссийского хакатона 2023 года. Выпускники «IT-Cube. Смоленск» становятся студентами СмоЛГУ и продолжают участвовать в проекте «ПроводIT», работают в совместных командах, выполняют кейсы от IT-компаний региона.

Заключение

Таким образом, целенаправленная проектная работа, предусматривающая взаимодействие центров цифрового дополнительного образования, вузов и IT-компаний, помогает решать совместные задачи по повышению качества подготовки IT-специалистов для региона под конкретные проекты и в целом для Российской Федерации.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71937200/> (дата обращения: 03.11.2023).
2. Паспорт национального проекта «Образование» [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/UuG1ErcOWtjFOFCsqdLsLxC8oPFDkmBB.pdf> (дата обращения: 13.10.2023).
3. Сенькина Г.Е., Ковалев В.А. Центры цифрового образования детей и молодежи в системе «дополнительное образование – профессиональное образование – наука»: постановка проблемы и результаты обучающего эксперимента // Развитие научно-технического творчества детей и молодежи: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Смоленск, 22 апреля 2022 года). Киров: МЦИТО, 2022. С. 55-60.
4. Жарова М.А., Кравцов А.О. Проектирование системы взаимодействия вуза и работодателей на основе концептуальных моделей // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 79 (4). С. 150-155.
5. Склярлова И.В. Принципы взаимодействия школы и вуза // Наука о человеке: гуманитарные исследования. 2014. № 4 (18). С. 124-130.

УДК 378.146
DOI 10.17513/snt.39877

МЕТОДИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСПЕШНОСТИ ПРЕДМЕТНОГО ОБУЧЕНИЯ

Сомова М.В.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск,
e-mail: marinasom@yandex.ru

Цифровая трансформация системы высшего образования открывает новые возможности развития и использования цифровых технологий для учета потребностей, способностей и возможностей студентов. В этих условиях интенсифицируются новые подходы и модели организации образовательного процесса, одним из которых выступает активно развивающееся персонализированное обучение. В работе представлена методическая модель его построения, которая целостно представляет этот процесс, организуемый в развитой электронной среде на основе прогнозирования академической успешности студентов через функциональные взаимосвязи входящих в нее составляющих, к которым в настоящем исследовании отнесены: целевой, концептуальный, содержательно-технологический и результативно-прогностический блоки. Предложенная многоуровневая структура позволяет рассматривать ее как открытую, динамично развивающуюся и доступную к изменениям систему, неотъемлемым элементом которой выступает обратная связь, позволяющая корректировать ее цели и составляющие блоков. Особенностью выступает включение в состав результативно-прогностического блока механизмов регулярного мониторинга офлайн- и онлайн-деятельности студентов, формирования данных учебной аналитики, раннего прогнозирования и педагогических сценариев содействия и помощи студентам высокого, среднего и низкого риска академической неуспешности. Реализация предложенной модели позволяет влиять на повышение результативности обучения посредством своевременного педагогического содействия, что подтверждено статистическими методами в процессе опытно-экспериментальной работы.

Ключевые слова: методическая модель, персонализированный образовательный процесс, раннее прогнозирование образовательных результатов

Исследование проводилось за счет средств гранта в форме субсидии на реализацию программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030».

METHODOLOGICAL MODEL OF PERSONALIZED EDUCATIONAL PROCESS BASED ON PREDICTION OF SUCCESS IN SUBJECT TRAINING

Somova M.V.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: marinasom@yandex.ru

The digital transformation of the higher education system opens up new opportunities for the development and use of digital technologies to take into account the needs, abilities and capabilities of students. Under these conditions, new approaches and models for organizing the educational process are intensifying, one of which is the actively developing personalized learning. The paper presents a methodological model of its construction, which holistically represents this process, organized in a developed electronic environment on the basis of predicting the academic success of students through the functional relationships of its components, which in this study include: target, conceptual, content-technological and effective -prognostic blocks. The proposed multi-level structure allows us to consider it as an open, dynamically developing and changeable system, an integral element of which is feedback, which allows us to adjust its goals and component blocks. A special feature is the inclusion in the results-prognostic block of mechanisms for regular monitoring of offline and online activities of students, the generation of educational analytics data, early forecasting and pedagogical scenarios for assisting and assisting students at high, medium and low risk of academic failure. The implementation of the proposed model makes it possible to influence the increase in learning effectiveness through timely pedagogical assistance, which is confirmed by statistical methods in the process of experimental work.

Keywords: methodological model, personalized educational process, early prediction of educational results

The research was carried out at the expense of a grant in the form of a subsidy for the implementation of the strategic academic leadership program "Priority 2030".

Современный тренд на цифровую трансформацию системы высшего образования открывает новые возможности развития и перспективы использования потенциала цифровых технологий для учета потреб-

ностей, способностей и возможностей студентов. В этих условиях интенсифицируются новые подходы и модели организации образовательного процесса, одним из которых выступает активно развивающееся

персонифицированное обучение, которому посвящены работы таких зарубежных и отечественных исследователей, как Д. Хэтти, С. Хан, Д. Равич, Г. Бэнгсен, В.Т. Балтаева, Е.А. Бессонова, Е.В. Большева, М.Б. Есаулова, И.С. Казаков, Ш.М. Каланова, В.М. Киселев, М.С. Клевцова, С.В. Кондратенко, А.В. Литвинова и др.

Анализ понятийно-терминологического поля исследования позволяет констатировать необходимость создания методической модели, которая отражает построение целостной системы персонифицированного образовательного процесса через функциональные связи ее блоков в условиях гибкой интеграции онлайн- и офлайн-форматов. Ее реализация позволит повысить результативность обучения на основе раннего прогнозирования академической успешности студентов и оказания им своевременного педагогического содействия и помощи [1]. Отметим, что в педагогической науке и практике существуют многочисленные исследования, посвященные методическим моделям построения образовательного процесса, при этом их отличия состоят в целях, структуре и содержании, различных механизмах взаимодействия и коммуникации, способах формирования, фиксации результатов, закрепления знаний и практических навыков студентов [2, 3]. Но, несмотря на их многообразие, можно констатировать, что в педагогической науке построение персонифицированного обучения на основе раннего прогнозирования результатов предметного обучения в вузе в условиях электронной среды в настоящее время являются недостаточно методически проработанным, что и обусловило цель данного исследования.

Материалы и методы исследования

Основные методы исследования: методы анализа и обобщения отечественных и зарубежных материалов научно-педагогических исследований, нормативно-правовой базы, опыта разработки методического обеспечения прогнозирования успешности обучения, анализ существующего и собственного педагогического опыта.

Апробация разработанной методической модели производилась в Институте космических и информационных технологий ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». В экспериментальную группу были включены 105 бакалавров, а в контрольную группу – 104 бакалавра информационно-технологических направлений подготовки. Достоверность результатов эксперимента оценивалась с применением

статистического анализа данных. Для проверки нормальности распределения полученных в рамках эксперимента данных применялись критериальные метрики Н.А. Плехинского и Е.И. Пустыльника, а однородность проверялась критерием Левене. Обработка результатов и оценка результативности внедрения в учебный процесс разработанной модели осуществлялись с применением t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Представленная в работе авторская модель целостно представляет процесс построения персонифицированного обучения в электронной среде через функциональные взаимосвязи между входящими в нее взаимообусловленными блоками, к которым отнесены: целевой, концептуальный, содержательно-технологический и результативно-прогностический. Ее структура была определена на основе существующих подходов к проектированию методических моделей и систем, представленных в работах Т.А. Бороненко, В.В. Краевского, С.И. Осиповой, А.М. Пышкало [4–7]. Используемое представление позволяет рассматривать ее как целостную, открытую, динамично развивающуюся и доступную к изменениям систему, неотъемлемым элементом которой выступает обратная связь, которая на основе полученных результатов обеспечивает корректировку составляющих целевого, концептуального и содержательно-технологического блоков (рис. 1).

В исследовании под персонифицированным обучением понимается «личностно-ориентированный образовательный процесс, обеспечивающий постоянный контроль текущих изменений у обучающихся и направленный на максимальное усвоение знаний, высокоуровневое формирование компетенций и развитие личности на основе ее стремления к самоактуализации и саморазвитию в условиях ЭИОС вуза» [8]. Важно заметить, что раннее прогнозирование должно осуществляться на таком этапе, когда еще есть достаточный запас времени на оказание своевременного педагогического содействия и исправление учебной ситуации у студентов [9].

Целевой блок включает федеральные нормативно-правовые документы, образовательные и профессиональные стандарты, а также социальные требования, на основе которых определяются основные компоненты концептуального блока. Наряду с требованиями профессиональных стандартов важно включить учет потребностей рынка труда.

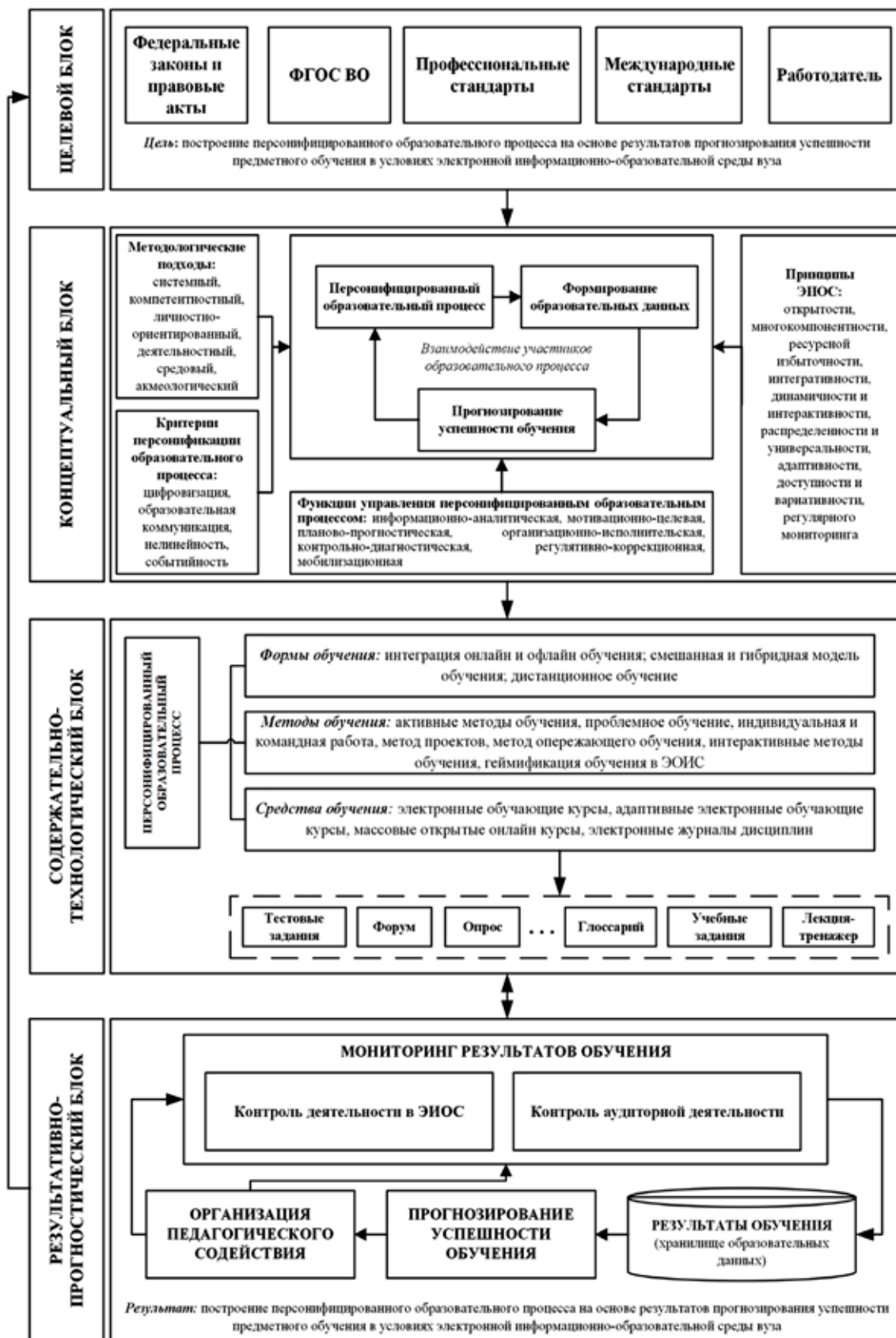


Рис. 1. Методическая модель персонализированного образовательного процесса в вузе

Цель выступает главенствующим компонентом данного блока и задает компоненты подчиненных ему блоков, а именно содержание обучения и его результаты, способы мониторинга и оценивания, а также используемые цифровые технологии. В исследовании целью выступает построение персонифицированного образовательного процесса на основе раннего прогнозирования в условиях ЭИОС вуза, который реализуется через остальные блоки методической модели обучения исходя из формируемых результатов.

Концептуальный блок раскрывает применяемые методологические подходы, выделенные в исследовании принципы организации ЭИОС, критерии и функции управления персонифицированным образовательным процессом, которые определяют его реализацию в условиях взаимодействия всех участников, необходимость формирования данных учебной аналитики и прогнозирования на их основе успешности обучения, что обеспечивает повышение его результативности в условиях ЭИОС за счет реализации мер педагогического содействия и помощи студентам.

Определяя методологические подходы, автор считает необходимым включить в их состав взаимосвязанные и взаимодополняющие друг друга подходы: системный, компетентностный, личностно-ориентированный, деятельностный, средовый и акмеологический. Системный подход позволяет целостно рассматривать построение персонифицированного образовательного процесса, в котором прогнозирование успешности обучения представляет его подсистему. Компетентностный – предназначен для определения целей и компетенций предметного обучения в условиях персонификации, их индикаторов и дескрипторов. Личностно-ориентированный – учить индивидуальные характеристики обучающихся и рассматривать студента как субъекта образовательного процесса. Деятельностный – направлен на активное применение практико-ориентированных подходов и методик в условиях интеграции онлайн- и офлайн-форматов. Средовый – обуславливает возможность персонального развития, стимулирования навыков самоорганизации, активности и вовлеченности обучающихся в условиях электронной среды. Самореализацию и самосовершенствование личности в процессе обучения предполагает акмеологический подход.

К критериям построения персонифицированного образовательного процесса были отнесены: *цифровизации* (наличия развитой ЭИОС вуза и механизмов фиксации цифрового следа обучающихся); *образовательной*

коммуникации (направленности на организацию продуктивного взаимодействия студентов и педагога); *нелинейности* (наличия междисциплинарных связей и интегрирования предметных областей); *событийности* (ориентированности на совместную партнерскую деятельность педагогов и обучающихся) [10].

Анализ научно-педагогической и учебно-методической литературы позволил автору выделить информационно-аналитическую, мотивационно-целевую, плано-прогностическую, организационно-исполнительскую, контрольно-диагностическую, регулятивно-коррекционную и мобилизационную функции управления персонифицированным обучением [11, 12]. Перечисленные функции взаимодополняют друг друга, а их комплексное применение позволит достичь поставленных целей.

Значимую роль в построении персонифицированного обучения по дисциплине приобретает ЭИОС вуза, к принципам построения которой были отнесены открытость, многокомпонентность, ресурсная избыточность, интегративность, динамичность и интерактивность, распределенность и универсальность, доступность и вариативность, адаптивность и регулярный мониторинг. Развитую электронную среду характеризует комплексная реализация выделенных принципов, системно организованных и взаимосвязанных между собой.

Содержательно-технологический блок включает в себя формы, методы и средства обучения, которые учитываются при проектировании результативно-прогностического блока, а также оцениваемые элементы ЭИОС, например, такие как лекции-тренажеры, учебные задания, тестовые задания, форумы различного назначения, опросы, глоссарии и др.

В исследовании основными формами обучения выступают: интеграция онлайн и офлайн-форматов, смешанная, гибридная и дистанционная модели. Разрабатываемая методическая модель предполагает гибкое переключение между ними в зависимости от целей и потребностей студентов. В качестве основных методов в исследовании выделены: индивидуальная и командная работа, метод проектов, активные и интерактивные методы, геймификация, метод опережающего и проблемного обучения [2]. К средствам персонифицированного образовательного процесса на основе результатов раннего прогнозирования в условиях ЭИОС вуза автор видит возможным отнести следующие компоненты: электронные обучающие курсы (ЭОК), адаптивные ЭОК, массовые открытые онлайн-курсы и электронные журналы дисциплин. Таким

образом, можно констатировать, что содержательно-технологический блок определяет образовательный процесс по дисциплине в условиях персонификации с учетом различных форм его организации.

Результативно-прогностический блок предназначен для оценки сформированности результатов учебного процесса по дисциплине и включает в себя регулярный мониторинг аудиторной и онлайн-деятельности студентов в ЭИОС, формирование данных учебной аналитики, прогнозирование на их основе успешности обучения и механизмы педагогического содействия и помощи студентам. Контроль деятельности обучающихся подразумевает под собой мониторинг активности студентов в ЭОК, текущей успеваемости студентов и посещаемости учебных занятий. Результаты мониторинга регулярно экспортируются в хранилище данных учебной аналитики для последующего прогнозирования академической успешности студентов по дисциплинам.

В работе использована модель раннего прогнозирования успешности предметного обучения, разработанная на основе марковских процессов, подробное описание которой представлено в работе М.В. Носкова, Ю.В. Вайнштейн, М.В. Сомовой и И.М. Федотовой [13]. Прогностическая модель осуществляет еженедельный расчет вероятностей результатов сдачи дисциплин через систему дифференциальных уравнений Колмогорова, конкретизированных с применением предложенной автором функции персонификации. Ее расчет производится на основе данных текущей успеваемости, посещаемости и эффективных входов в ЭОК по дисциплине, характеризующих образовательное поведение студентов [9]. Под эффективными входами понимаются результативные действия в ЭОК, то есть те обращения студентов к элементам электронного курса, которые завершаются оценкой.

Результаты прогнозирования еженедельно транслируются руководству вуза, преподавателю, обучающемуся и его родителю. Визуализация полученных данных формирует различные виды коммуникации между

участниками персонифицированного образовательного процесса, которые представляют собой механизмы педагогического содействия и помощи с учетом процессов и взаимоотношений, возникающих между ними [9] и включают: взаимодействие, управляющее содействие и помощь, консультации, педагогическое сопровождение, воспитательное воздействие и поддержка (рис. 2).

С точки зрения построения персонифицированного образовательного процесса на основе результатов прогнозирования успешности предметного обучения продуктивная коммуникация между его участниками позволяет влиять на повышение успеваемости, дисциплинированности и вовлеченности студента в учебный процесс по дисциплине. При этом она может осуществляться непрерывно как на всем его протяжении, так и на любом этапе между:

– *руководством вуза и преподавателями* происходит взаимодействие, направленное на выявление причин академической неуспеваемости студентов по дисциплине, оно может быть как групповым (рабочая встреча, семинар, собрание), так и личным (диалог, беседа, обсуждение) с целью сотрудничества в вопросе определения механизмов и методов повышения результативности;

– *руководством вуза и обучающимся* устанавливается управляющее содействие и помощь, направленные на оказание всестороннего содействия и помощи в вопросе организации результативного образовательного процесса, данный вид коммуникации носит адресный характер;

– *руководством вуза и родителями студента*. Администрация института или вуза проводят консультации родителям студентов по вопросам их успеваемости, а также другим вопросам, связанным с обучением в вузе;

– *преподавателем и обучающимся*. Преподаватель организует педагогическое сопровождение студента в процессе обучения с целью повышения результативности.

– *обучающимся и родителем* устанавливается взаимодействие с целью оказания воспитательного воздействия и поддержки.



Рис. 2. Виды коммуникации

В процессе обозначенных видов коммуникации применяются различные механизмы педагогического содействия и помощи, основанные на реализации педагогических сценариев для обучающихся, отнесенных по результатам работы прогностической модели к группам высокого, среднего или низкого риска академической неуспешности. Такие сценарии включают в себя последовательность действий, осуществляемых участниками образовательного процесса, в зависимости от их роли и реализуемого вида коммуникации.

Заключение

Методическая модель персонифицированного образовательного процесса на основе прогнозирования успешности предметного обучения, представленная совокупностью целевого, концептуального, содержательно-технологического, результативно-прогностического блоков, обеспечивает его построение в условиях развитой электронной информационно-образовательной среды вуза. Реализация предложенной модели позволяет влиять на повышение результативности обучения студентов посредством своевременного педагогического содействия и помощи.

Список литературы

1. Гриншкун В.В., Заславский А.А. Отечественный и зарубежный опыт организации образовательного процесса на основе построения индивидуальных образовательных траекторий // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2020. № 1 (51). С. 8–15.
2. Вайнштейн Ю.В. Педагогическое проектирование персонализированного адаптивного предметного обучения студентов вуза в условиях цифровизации: автореф. дис. ... докт. пед. наук. Красноярск, 2021. 46 с.
3. Ядровская М.В. Модели и моделирование в педагогике. Ростов-на-Дону: Изд-во ДГТУ, 2014. 359 с.
4. Фещенко Т.С. К вопросу о понятии «методическая система» // Молодой ученый. 2013. № 7. С. 432–435.
5. Новиков А.М. О развитии методических систем // Специалист. 2015. № 9. С. 21–25.
6. Осипова С.И., Савостьянова И.Л. Методологические основания в диссертационных исследованиях по педагогике в контексте повышения их качества // Философия образования. 2013. № 4 (49). С. 104–111.
7. Пышкало А.М. Методическая система обучения геометрии в начальной школе: автореф. дис. ... докт. пед. наук. Москва, 1975. 60 с.
8. Afanasyeva T.P., Tyunnikov Y.S., Kazakov I.S., Yurchenko Y.A. Teacher's readiness to increase the degree of continuity of education: Concepts and means of evaluation // *Espacios*. 2018. Vol. 39. Is. 38.
9. Сомова М.В., Вайнштейн Ю.В., Носков М.В. Педагогическое содействие и помощь студентам на основе раннего прогнозирования успешности предметного обучения // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании: материалы VII Международной научной конференции (Красноярск, 19–22 сентября 2023 г.). Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева. 2023. С. 123–126.
10. Аксенова А.Ю., Примчук Н.В. Сущностные характеристики персонификации обучения: средовый подход // Человек и образование. 2020. № 4 (65). С. 43–49.
11. Уалиева А.Ф. Основные направления деятельности управления системой воспитания в образовательной организации // *NovInfo.Ru*. 2023. № 135. С. 92–93.
12. Куликова С.С., Яковлева О.В. Педагогическое управление в цифровой образовательной среде: вопросы профессиональной подготовки будущих педагогов // Образование и наука. 2022. Т. 24, № 2. С. 48–83. DOI: 10.17853/1994-5639-2022-2-48-83.
13. Носков М.В., Вайнштейн Ю.В., Сомова М.В., Федотова И.М. Прогностическая модель оценки успешности предметного обучения в условиях цифровизации образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2023. Т. 20, № 1. С. 7–19.

УДК 378.147
DOI 10.17513/snt.39878

КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАНИЙ СРЕДСТВАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ

Тугульчиева В.С.

ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», Элиста,
e-mail: tugvicky@yandex.ru

Цель исследования состоит в разработке алгоритма конструирования практико-ориентированных заданий в обучении математике студентов естественно-научных направлений в вузе. В статье раскрывается роль математического инструментария, включающего математическое моделирование и задачный метод, отбор которых осуществлен на основе анализа обобщенных трудовых функций и общепрофессиональных компетенций соответствующих профессиональных и федеральных государственных образовательных стандартов, для формирования профессионально значимых умений студентов естественно-научных направлений. В статье представлена модель конструирования профильных учебных заданий, определены этапы конструирования, функции математического инструментария как средства конструирования практико-ориентированных заданий, а также возможности компьютерной поддержки результатов конструирования. Показана роль взаимосвязанной системы приемов образовательных технологий: приемов конструирования задач по технологии укрупнения дидактических единиц П.М. Эрдниева, контекстному обучению А.А. Вербицкого, с помощью конструктора задач Л.С. Илюшина. Научная новизна исследования заключается в предложенном алгоритме конструирования практико-ориентированных заданий студентами в активной продуктивной деятельности. Применение информационных технологий студентами – представителями цифрового поколения происходит как на этапе самообразовательной деятельности, так и на занятиях, проводимых в традиционной форме. Автор статьи принял участие в разработке программы Mathgraph, графического построения математических зависимостей, получен патент.

Ключевые слова: математический инструментарий, модель конструирования учебных материалов, практико-ориентированное обучение математике, образовательные технологии

DESIGNING PRACTICAL-ORIENTED TASKS BY MEANS OF MATHEMATICAL TOOLS IN PROFESSIONAL TRAINING OF STUDENTS AT THE UNIVERSITY

Tugulchieva V.S.

Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, e-mail: tugvicky@yandex.ru

The purpose of the study is to develop an algorithm for designing practical-oriented tasks in teaching mathematics to students of natural sciences at a university. The article describes the role of mathematical tools, including mathematical modeling and the task method, the selection of which is carried out on the basis of an analysis of generalized labor functions and general professional competencies of the relevant professional and federal state educational standards, for the formation of professional and significant skills of students of natural sciences. The article presents the design model of specialized training tasks, defines the functions of mathematical tools, design stages and the possibility of computer support for design results. The scientific novelty of research lies in the proposed algorithm for designing practice-oriented tasks by students in active productive activity. The role of the interconnected system of techniques of educational technologies is shown – techniques for designing problems using the technology of enlargement of didactic units P.M. Erdniev, contextual training A.A. Verbitsky, with the help of the problem designer L.S. Ilyushin. The use of information technology by students – representatives of the digital generation takes place both at the stage of its self-educational activities and at classes held in the traditional form. The author of the article took part in the development of the Mathgraph program for the graphic construction of mathematical dependencies, for which a patent was obtained.

Keywords: mathematical tools, model of design of educational materials, practical-oriented training in mathematics, educational technologies

Система советского образования отличалась фундаментальностью и научностью, однако реалии современной жизни требуют постоянного обновления знаний, трансформации системы образования. В реализации государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» на 2018-2025 гг., федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования последнего поколе-

ния без потери фундаментальности системы образования определено изменение её содержания усилением практико-ориентированной составляющей.

Практико-ориентированное обучение, предполагающее взаимодействие преподавателя, студента и работодателя, направлено на овладение студентами профессионально значимыми умениями и компетенциями. В его основе, по утверждению Ф.Г. Ялалова,

лежит сочетание фундаментального образования и профессионально-прикладной подготовки для обеспечения связи содержания образования с реальными потребностями промышленности и социальной сферы [1]. Выпускник естественно-научных направлений вуза должен обладать не только глубокими знаниями по своей специальности, но и уметь применять различные, в том числе математические методы для разрешения профессиональных проблем, что отмечено в ФГОС ВО направлений 03.03.02 «Физика», 04.03.01 «Химия» и 06.03.01 «Биология». Разделы высшей математики студентами данных направлений изучаются с первого курса как базовая дисциплина. По мнению исследователей, при изучении конкретного материала математического курса на первый план должна быть выдвинута идея его связи с будущей профессией [2].

Цель исследования – разработка алгоритма конструирования профильных учебных материалов в обучении математике как способа организации активной продуктивной деятельности студентов для формирования умений применять математические знания в решении практических задач профессиональной направленности.

Материалы и методы исследования

Содержание образования всё более трансформируется из «знаниевой» в «деятельностные формы», вследствие чего меняются инструменты, формы и способы обучения [3]. Внедрение инструментальных средств математики как проявление рационализма в вузовском образовании опирается на избирательное применение математических методов и средств в решении проблем формирования профессионально значимых умений. В современном образовании возрастает значимость формирования умений через конструирование собственных образовательных продуктов. Исследователи внедряли процедуру конструирования в процессе подготовки экономистов, менеджеров, учителей математики и информатики и др. (И.А. Байгушева, М.В. Егупова, Е.Г. Плотникова и др. [4-6]).

В рамках исследования осуществлен анализ обобщенных трудовых функций профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников по естественно-научным направлениям подготовки. Он позволил выделить формируемые в процессе обучения профессионально значимые умения: выполнение математических расчетов по направлениям подготовки, статистическая обработка полученных данных, графическое представление результатов, построение

математических зависимостей в моделях изучаемых объектов и процессов и другие [7]. Состав математического инструментария, включающий математическое моделирование и задачный метод, был определен на основе компонентного анализа общепрофессиональных компетенций в ФГОС ВО перечисленных ранее естественно-научных направлений и направления 01.03.01 «Математика» [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Процесс конструирования профильных учебных материалов осуществляется в активной познавательной деятельности на разных уровнях: содержательном, операциональном и оценочно-рефлексивном.

На содержательном уровне содержательный компонент учебных заданий в процессе конструирования обеспечивался включением естественно-научных знаний по профилю подготовки бакалавров, установлением междисциплинарных связей методов математики и содержанием профильных знаний [8]. Применение математического инструментария направлено на формирование профессионально значимых умений студентов-естественников, таких как установление причинно-следственных связей, моделирование, перекодирование информации и преобразование данных и др. В ходе исследования были определены критерии отбора содержания для конструирования практико-ориентированных заданий:

1. Соответствие содержания образовательным целям, образовательному стандарту и профессиональному стандарту по направлению подготовки студентов, интересам работодателей и личности студента.

2. Соответствие содержания практической значимости изучаемого материала для будущей профессиональной деятельности.

3. Соответствие содержания профильной ориентации студентов, их мотивации на овладение будущей профессией.

4. Соответствие содержания конструируемых практико-ориентированных заданий возможностям математического инструментария, возможностям графического отображения результатов конструирования и формирования умений представлять результаты экспериментальной и исследовательской деятельности студентов.

5. Соответствие объема содержания времени, отводимому для изучения данного учебного материала, за счет использования возможностей современных средств, приемов образовательных технологий, методов и форм обучения.

Таким образом, отбор содержания математических и профильных дисциплин осуществлялся на основе критериев общедидактической системы Ю.К. Бабанского, адаптированных под цели исследования [9].

На *операциональном уровне* конструирование профильных учебных материалов средствами математического инструментария потребовало анализа дидактических функций учебных заданий, определения этапов конструирования (алгоритма) профильных учебных материалов по направлениям подготовки средствами математического инструментария в комплексе с компьютерной поддержкой. С учетом дидактических функций учебных заданий и их классификации по таксономии Б. Блума полного усвоения знаний осуществлен отбор таких видов заданий, как:

- задачи с производственным содержанием, решение прямых и обратных задач (по технологии укрупнения дидактических единиц П.М. Эрдниева [10];
- составление системы взаимосвязанных задач, составление контекстных задач (А.А. Вербицкий [11]);
- ситуативные задачи, составленные с помощью конструктора Л.С. Илюшина [12].

На *оценочно-рефлексивном уровне* процесс конструирования профильных учебных материалов с применением дидактических приемов образовательных технологий (укрупнения дидактических единиц П.М. Эрдниева, контекстного обучения А.А. Вер-

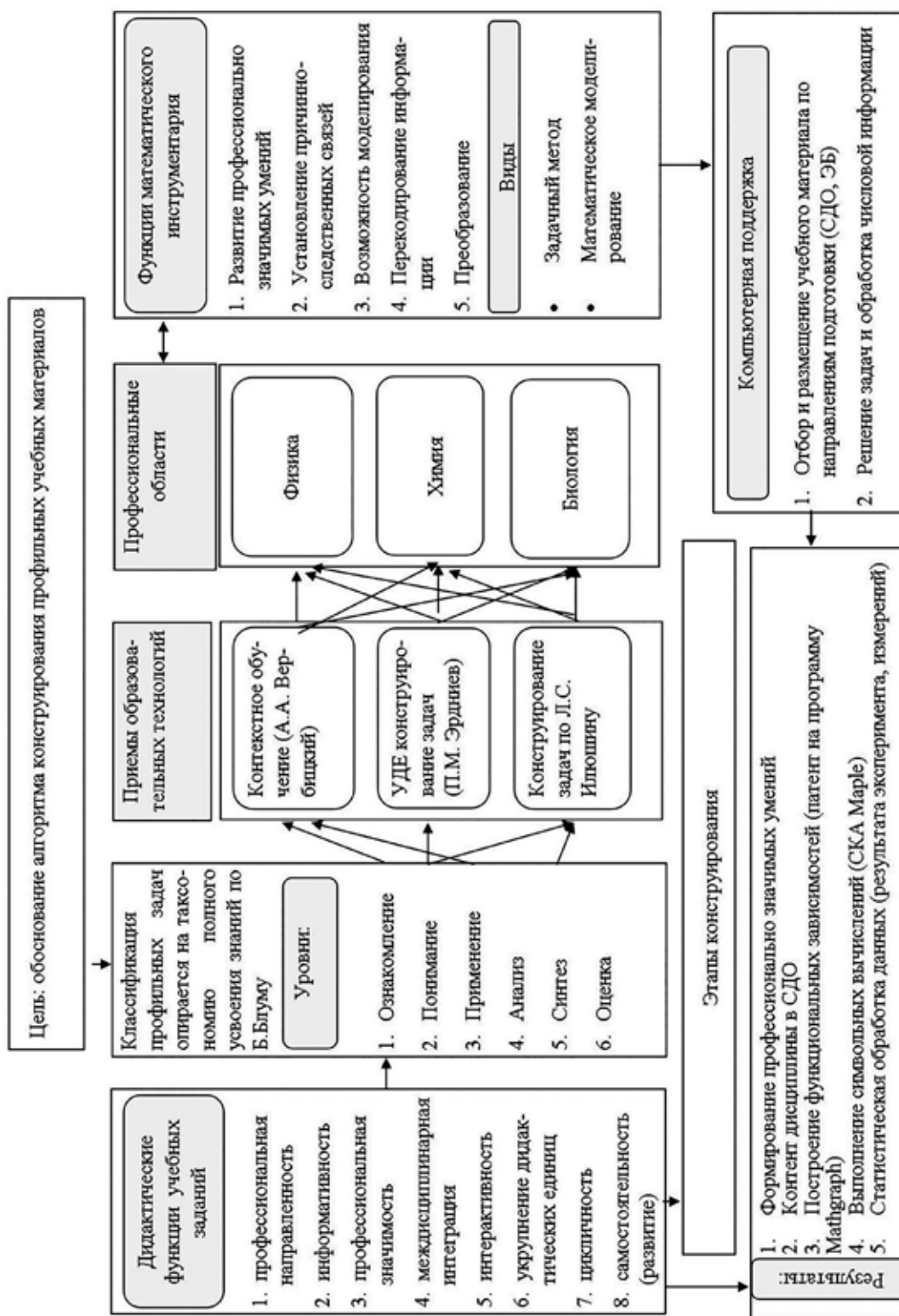
бицкого, конструктора задач Л.С. Илюшина) требует анализа и самоанализа результатов конструирования путем интерактивного обсуждения корректности задачной ситуации, фабулы задач, обсуждения формулировок и правильного построения текста. На этом уровне диагностика корректности конструирования учебных материалов, оценка и самооценка полученных результатов конструирования является сложной малоисследованной проблемой и требует отдельного исследования.

Методика конструирования профильных учебных материалов в обучении математике включает умения:

- анализировать задачную ситуацию, задаваемую математическим методом;
- осуществлять отбор профильного материала из профессиональной сферы направления подготовки;
- выявлять характер математической зависимости;
- формулировать условия для рационального пути решения;
- правильно осуществлять перенос задачной ситуации из профессиональной деятельности на символичный математический язык;
- осуществлять преобразования;
- определять фабулу задачи и выполнять решения;
- корректно формулировать составленную задачу с помощью конструктора задач;
- выполнять самоанализ построенной задачи.

Деятельность субъектов педагогического процесса на этапах конструирования учебных материалов

Уровень конструирования / Субъект процесса обучения	Преподаватель	Студент
Содержательный	– определение специфики и содержания будущей профессиональной деятельности студентов; – координация усилий с преподавателями профильных дисциплин по разработке и корректировке ОПОП и фонда оценочных материалов	– выбор типа ресурсов для осуществления поиска; – поиск производственной и профессионально значимой информации
Операциональный	– создание банка учебных заданий практико-ориентированных заданий и методических рекомендаций в СДО; – отбор приемов образовательных технологий	– составление задач по аналогии с помощью приемов предложенных образовательных технологий; – конструирование учебных материалов
Оценочно-рефлексивный	диагностика корректности конструирования учебных материалов, оценка полученных результатов конструирования	самооценка полученных результатов конструирования



Модель методики конструирования профильных учебных материалов

В модели конструирования профильных учебных материалов определены дидактические функции учебных материалов: профессиональные направленность и значимость, информативность, интерактивность процесса их построения, УДЭ, самостоятельность (рисунок).

В таблице представлена деятельность субъектов практико-ориентированного обучения математике студентов естественно-научных направлений в процессе конструирования профильных учебных материалов.

В процессе практико-ориентированного обучения математике применялись информационные технологии для:

– графического построения функциональных зависимостей, получаемых в процессе конструирования (табличный процессор Excel, система компьютерной математики Maple, а также программа Mathgraph, в процессе разработки которой принял участие и автор статьи) [13];

– представления учебной информации и осуществления текущего контроля знаний (система дистанционного обучения на платформе Moodle, Google-формы);

– совместной работы в онлайн-режиме (интерактивная доска Miro).

Выводы

Практико-ориентированное обучение математике направлено на достижение понимания студентами сущности изучаемых математических понятий, функциональность этих знаний в профессиональной подготовке. Процесс конструирования профильных учебных материалов формирует умения применять математические знания, осуществляя перенос сформированных умений на решение практических задач экспериментального и исследовательского характера на последующих этапах обучения студентов в вузе, включая итоговые государственные испытания. Определенный на основе компонентного анализа общепрофессиональных компетенций в ФГОС ВО естественно-научных направлений и направления «Математика» состав математического инструментария включает математическое моделирование и задачный метод. Математическое моделирование направлено на установление причинно-следственных связей, прогнозирование изучаемых процессов, результаты моделирования могут быть визуализированы, в том числе и с помощью программных средств. Задачный метод развивает умения выполнять расчеты по видам и уровням профессиональной деятельности, развивает логическое мышление, умение устанавливать причинно-следственные отношения, демон-

стрирует возможности численных методов. Представленный состав математического инструментария определяет полноту выполнения его функции как средства формирования конкретной практической задачи.

К условиям конструирования учебных материалов средствами математического инструментария относятся:

1. Определение специфики содержания и профессиональной деятельности выпускников (область, сфера деятельности, трудовые функции выпускников).

2. Ориентация на формирование готовности к самостоятельному выбору способов и средств конструирования учебных материалов (составление и преобразование задач, моделирование, самоанализ и др.).

3. Отбор соответствующего инструментария, способного обеспечить процессы конструирования учебного материала. Отбор инструментария осуществляется на основе компонентного анализа общепрофессиональных компетенций и обобщенных трудовых функций, выбора среди них наиболее значимых для формирования фонда тестовых заданий на основе сопряжения требований образовательных и профессиональных стандартов.

4. Отбор профильного содержания для конструирования профильных учебных материалов (задач, кейсов, заданий), выбор типа ресурсов для отбора содержания и соответствие профессиональной значимости для направления подготовки.

5. Выбор дидактических приемов для конструирования учебных заданий, их анализ и самоанализ (приемы укрупнения дидактических единиц П.М. Эрдниева, контекстного обучения А.А. Вербицкого, конструктор задач Л.С. Илюшина).

6. Компьютерная поддержка реализации конструирования и оценивания полученных учебных материалов.

7. Диагностика корректности конструирования учебных материалов, оценка и самооценка полученных результатов конструирования.

8. Создание банка учебных заданий и методических рекомендаций в системе дистанционного обучения, электронной библиотеке, соответствие их учебным планам и образовательной программе соответствующего направления подготовки.

9. Взаимодействие преподавателей профильных и математических дисциплин для сопряжения учебных планов.

Список литературы

1. Ялалов Ф. Деятельностно-компетентный подход к практико-ориентированному образованию // Высшее образование в России. 2008. № 1. С. 89-93.

2. Караулова Л.В. Математические задачи как средство формирования профессионально значимых умений: дис. ... канд. пед. наук. Киров, 2004. 177 с.
3. Сериков В.В. Условия подготовки эффективного педагога. В кн.: Психолого-педагогические условия реализации проекта «Гилян Одн» («Сириус»): монография / под ред. А.Б. Панькина, В.В. Серикова. Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2023. С. 45-52.
4. Байгушева И.А., Степкина М.А. Профессионально-деятельностный подход к отбору содержания математической подготовки в вузе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20862> (дата обращения: 28.10.2023).
5. Егупова М.В. Методическая система подготовки учителя к практико-ориентированному обучению математике в школе: дис. ... докт. пед. наук. Москва, 2014. 452 с.
6. Логинова В.В., Плотнокова Е.Г. Методическая система профессионально ориентированных задач в обучении математике будущих менеджеров // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2015. № 8 (161). С. 65-71.
7. Тугульчиева В.С. Особенности реализации практико-ориентированного подхода в профессиональной подготовке студентов в обучении математике // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2023. № 5 (178). С.65-74.
8. Тугульчиева В.С., Васильева П.Д. Практико-ориентированное обучение студентов естественнонаучного профиля как способ формирования профессиональных компетенций // Вестник Марийского государственного университета. 2019. Т. 13, № 1 (33). С. 41-47.
9. Бабанский Ю.К. Избранные педагогические труды. М.: Педагогика, 1989. 560 с.
10. Эрдниев П.М., Эрдниев Б.П. Укрупнение дидактических единиц. М.: Просвещение, 1989. 255 с.
11. Вербицкий А.А. Теория и технологии контекстного образования: учебное пособие. М.: МПГУ, 2017. 268 с.
12. Илюшин Л.С. Использование «конструктора задач» в разработке современного урока // Школьные технологии. 2013. № 1. С. 123-132.
13. Тугульчиева В.С., Бисенгалиев Р.А. Использование цифровых технологий в процессе реализации практико-ориентированного подхода в обучении математике студентов естественнонаучного профиля // Информационные технологии в экологии, образовании и бизнесе: материалы конференции. 2021. С. 89-96.

УДК 378.1
DOI 10.17513/snt.39879

ОПЫТ КЛАССИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОШИБОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ APOS

Туктамышов Н.К., Горская Т.Ю.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань,
e-mail: gorskaya0304@mail.ru

Вопросы, связанные с формированием в ходе обучения ментальных структур в сознании обучающихся, всегда вызывали большой интерес. Одной из наиболее известных теорий, которая позволяет изучать процесс структуризации понятия в сознании студента, является теория APOS, специально созданная для исследования ментальных процессов в математическом образовании, но нашедшая применение и в других дисциплинах. Цель предлагаемого исследования состоит в классификации математических ошибок (на примере тригонометрии) с использованием теории APOS. В исследовании приняли участие 102 студента-первокурсника института строительства Казанского государственного архитектурно-строительного университета. В основе метода исследования лежит теория APOS (Action – Process – Object – Schema или Действие – Процесс – Объект – Схема), позволяющая детально представить восприятие студентами математических понятий, проследить стадии усвоения понятий, установить характер ошибок и провести их классификацию. По итогам исследования показана эффективность использования теории APOS. Проведена классификация ошибок, допущенных студентами, обнаружены различия (в соответствии с теорией APOS) в уровнях достигнутой студентами компетентности в математике. Установлено, что в изучении понятия функции большинство студентов, участвовавших в эксперименте, допускали концептуальные ошибки. Результаты исследования указывают на необходимость поэтапного изучения познавательного процесса студентов, что позволяет выявить потенциал обучающихся.

Ключевые слова: математика, функция, тригонометрия, действие, процесс, объект, схема

EXPERIENCE IN CLASSIFYING MATHEMATICAL ERRORS USING APOS THEORY

Tuktamyshev N.K., Gorskaya T.Yu.

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan,
e-mail: gorskaya0304@mail.ru

The issues related to the formation of mental structures in the minds of students in the course of learning have always aroused great interest. One of the most well-known theories that allows studying the process of concept structuration in the students' mind is the APOS theory, which was specifically created to study mental processes in mathematics education but has found application in other disciplines as well. The purpose of the proposed study is to classify mathematical errors (using trigonometry as an example) using APOS theory. The study involved 102 freshmen students of the Institute of Construction of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. The research method is based on the APOS theory (Action-Process-Object-Schema or Action-Process-Object-Schema), which allows to present in detail the students' perception of mathematical concepts, to trace the stages of concept assimilation, to establish the nature of errors and to classify them. The results of the study show the effectiveness of using the APOS theory. The classification of errors made by students was carried out, differences (according to the APOS theory) in the levels of competence in mathematics achieved by students were found. It was found that in the study of the concept of function, the majority of students who participated in the experiment made conceptual errors. The results of the study indicate the need for a step-by-step study of students' cognitive process which allows to identify the potential of students.

Keywords: math, function, trigonometry, action, process, object, scheme

Ввиду очевидной важности математики в современном мире математика должна изучаться, осваиваться и быть понятой учащимися. Однако результаты обучения математике в школах и в вузах все еще не оптимальны, о чем можно судить по количеству обучающихся, испытывающих трудности в изучении математики.

На решение математических задач влияет множество факторов, вызывающих у студентов затруднения. Одним из таких факторов являются ошибки студентов при решении задач по математике. Трудно-

сти в решении математических задач неотделимы от ошибок, которые студент совершает. Ошибки – это отклонения от правильных действий, которые носят различный характер, в том числе случайный. К систематическим ошибкам можно отнести ошибки, которые носят устойчивый характер [1]. В то время как случайная ошибка – это ошибка, которая не обусловлена уровнем усвоения материала, а вызвана другими причинами, например небрежностью, меньшей аккуратностью при чтении или счете, поспешностью в работе и т.д.

Цель обучения математике состоит не столько в приобретении методов, позволяющих обучающимся по известным алгоритмам решать примеры и задачи, сколько в том, чтобы обучение приводило к пониманию обучающимися математики. В качестве инструментов для анализа когнитивных процессов, посредством которых учащиеся развивают математическое мышление, служат различные теории, направленные на создание условий для осмысленного обучения. Для нашего исследования представляет интерес теория APOS, которая позволяет изучать процессы структуризации математических понятий в сознании обучающегося, определять и классифицировать ошибки. Основная цель теории APOS – выявить, как математическая концепция структурируется в сознании человека. Ментальные структуры, сформированные на основе рефлектирующей абстракции [2], были названы в теории APOS Action (Действие), Process (Процесс), Object (Объект), Scheme (Схема). Эта теория впервые была проверена на исследовании понятия смежных классов в теории групп [3], получила продолжение в теории моделирования и экономике [4] и в других областях.

Теория APOS концентрируется на построении этапов, разъясняющих происходящие у обучающегося ментальные процессы, когда он пытается понять ту или иную математическую концепцию. Арнон и др. [5, с. 10] полагают, что «APOS – это теория того, как математические понятия могут быть выучены». Подробная информация по использованию теории APOS в обучении математике содержится в обзорной работе [6].

Большие трудности в понимании у студентов вызывает как понятие функции вообще, так и понятие тригонометрической функции в частности. Выбор в качестве предмета применения теории APOS тригонометрических функций обусловлен их значимостью в математике, физике и широким использованием в инженерном деле. Тригонометрические функции вводятся в практику обучения тремя способами, а именно: через соотношения в прямоугольном треугольнике, через использование единичной окружности, а также аналитически через степенные ряды. Такая множественность в определении накладывает свой отпечаток в понимании и вызывает трудности, приводящие к разнообразным ошибкам [7]. Для преодоления этих трудностей предлагаются методологические подходы, например метод проблемного обучения [8], а также создаются различные методы решения типовых тригонометрических уравнений и их применений в геометрии [9].

В большинстве работ по методике преподавания математики основное внимание уделяется внешнему плану в восприятии обучающимися математического понятия, хотя очевидно, что чрезвычайно важной является изучение структур, сформированных в сознании обучающегося в процессе познания математического понятия. Важность проблемы мониторинга динамики развития индивидуальных качеств обучающихся подчеркивал и В.А. Гусев [10]. В этом направлении в последние годы увеличивается число работ (особенно зарубежных, например обзор [6]), из отечественных отмечена работа [11].

Основная идея предлагаемой работы заключается в том, чтобы использовать теорию APOS к исследованию формирования ментальных структур обучающихся на примере тригонометрических функций, что позволит выделить этапы восприятия студентом математического понятия, исследовать природу и характер ошибок, совершаемых студентами на каждом этапе.

Цель предлагаемого исследования состоит в классификации математических ошибок (на примере тригонометрических функций) с использованием теории APOS. Для достижения указанной цели необходимо решение следующих задач:

- описание на основе теории APOS восприятия студентами понятия тригонометрической функции;
- анализ ошибок, допускаемых студентами, и их классификация в рамках теории APOS.

Материалы и методы исследования

В данной работе теория APOS, развитая Э. Дубинским с коллегами [5, с. 12], рассматривается в качестве теоретической основы.

Теория Action – Process – Object – Schema (APOS) представляет собой адаптацию идеи Пиаже [2] о рефлектирующей абстракции для моделирования построения учащимися ментальных структур, необходимых для понимания математики (подробнее [5, с. 17]). В APOS Действие – это преобразование ранее построенного математического объекта, которое индивид воспринимает как внешнее. Действия основаны на правилах и алгоритмах, отрабатываемых многократно и проводимых под руководством преподавателя, но привязанных к конкретным объектам. В случае тригонометрических функций студент должен уметь отличать тригонометрические функции от других функций, вычислить значение тригонометрической функции в какой-то точке.

Когда действие повторяется, а индивид реагирует на него, оно может интериори-

зираться в Процесс, то есть переходить из внешнего плана во внутренний. Он будет иметь содержательные связи с другими математическими знаниями, что позволит обучающемуся представить себе Процесс и предвидеть результаты, не выполняя его в явном виде. На стадии Процесса вычисления значений функции для любого угла студент делает без посторонней помощи.

При изменении контекста, в котором индивид конструирует Процесс, он может почувствовать необходимость в выполнении действий над процессом, чтобы осмыслить новые проблемные ситуации. Для этого индивид должен воспринимать процесс как целостность, как сущность саму по себе. Когда обучающийся способен выполнять действия над процессом или представлять себе действия над процессом, можно сказать, что процесс инкапсулирован [5, с.18] в Объект. В случае тригонометрических функций это означает, что студент может выделить, например, интервалы возрастания и убывания функций.

Действия, процессы, объекты и другие, ранее созданные ментальные структуры, связанные с конкретным математическим понятием, могут быть организованы в целостную структуру, называемую схемой. Схема приводится в действие в ответ на проблемную ситуацию, которую индивид воспринимает как проявление конкретного математического понятия.

Исследование авторов в соответствии с теорией APOS направлено на сбор и анализ данных с последующим разбором ошибок, демонстрируемых студентами на каждой из стадий, рекомендациями по их исправлению. В данной работе принято в соответствии с исследованиями [6] ошибки подразделять на концептуальные и процессуальные. Такой подход к анализу ошибок с применением теории APOS при изучении темы «Дифференцирование», как показано, например, в работе [12], оказался весьма эффективным.

Концептуальные ошибки свидетельствуют о неспособности понять смысл задачи, неспособности оценить взаимосвязи в задаче, а также отношения между понятиями. Концептуальное понимание становится основой для решения математических и контекстуальных задач. Уровень понимания концепции относится к способности человека всесторонне понимать идеи, процедуры и факты, которые образуют сеть мышления с разнообразными взаимосвязями. Процессуальные ошибки возникают, когда учащиеся не выполняют манипуляции или алгоритмы, они показывают неспособность обучающегося правильно проводить

преобразования технического, формального характера, даже если концепции понятны.

Концептуальное понимание в нашем случае означает, что студент свободно владеет различными представлениями тригонометрических функций (алгебраическими, графическими, понимает тригонометрические соотношения в прямоугольном треугольнике), может легко переходить от одной формы к другой и знает связи между различными тригонометрическими формулами. К концептуальным ошибкам можно отнести непонимание понятия функции, неумение распознавать свойства сложных тригонометрических функций на основе знаний свойств основных элементарных тригонометрических функций.

Эмпирический этап исследования был проведен на базе Казанского государственного архитектурно-строительного университета. В нем приняли участие 102 студента из групп первого курса направления подготовки «Строительство». Все респонденты на момент участия в исследовании были проинформированы о цели исследования и выразили готовность к сотрудничеству. Исследование проводилось поэтапно. На первом этапе (теоретическом) были уточнены концептуальные вопросы исследования, научно обоснованы и разработаны основные разделы опросника, позволяющие проверить готовность студентов к пониманию и оценить стадии понимания математических объектов согласно теории APOS. Применялись методы системного анализа литературы по обозначенной проблеме, методы статистической обработки информации. На втором этапе (экспериментальном) производился опрос, в котором респондентам предлагалось выполнить задания разработанного на первом этапе опросника, направленного на выявление ошибок и выяснения того, на какой стадии понимания понятия находится тот или иной студент.

Третий этап включал количественную и качественную обработку результатов (с применением методов аналитической группировки, контент-анализа и математической статистики) и их систематизацию и интерпретацию.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ письменных работ, проведенных в рамках эксперимента, позволил сформулировать методические «пустоты» в изучении соответствующего раздела математики. Авторами представлены ошибки, совершаемые студентами, отдельно по каждой стадии APOS, по вопросам, разработанным для каждой стадии.

Для выяснения ошибок на уровне Action stage были заданы два вопроса: «1. Напишите чему равно: $\sin(\pi/2)$, $\sin(\pi/3)$, $\sin 30^\circ$. 2. Запишите в порядке возрастания чисел $\sin 115^\circ$, $\sin 250^\circ$, $\sin 370^\circ$ ». При этом, как показал опрос, проведенный авторами статьи, эти знания студентами поняты и освоены хорошо, ошибки преимущественно носят процессуальный характер. Студенты справились с заданиями этой стадии преимущественно без ошибок, особенно при работе с табличными значениями (98,2 и 77,4% опрошенных по каждому вопросу соответственно). 0,9 и 17,6% допустили процессуальные ошибки по двум вопросам соответственно. Концептуальные ошибки совершили 0,9 и 7% по каждому из двух вопросов.

Process stage возникает при изучении тригонометрических функций, когда вводится понятие единичного круга, с помощью которого изучаются некоторые свойства этих функций. Стадия Process представлена тремя вопросами: «1. Для каких x функция синус убывает, почему? 2. Верна ли формула $\sin(x+y) = \sin x \cdot \sin y$? Если нет, напишите правильную формулу. 3. Покажите на единичном круге решение уравнений: $\sin x = 0,5$, $\sin x = 1$, $\sin x = 1,5$ ». На этой стадии количество концептуальных ошибок выросло по сравнению с предыдущей стадией. Авторами установлено, что хуже всего студенты владеют свойствами функции синуса и формулами, связывающими тригонометрические функции, эти вопросы сопровождаются и концептуальными, и процессуальными ошибками. Так, 6,8; 33,6 и 32,3% соответственно по каждому вопросу этой стадии имеют концептуальные ошибки, 8,9 и 25,5% имеют ошибки процессуальные, т.е. технического характера.

Стадия Object представлена тремя заданиями: «1. Опишите своими словами функцию $\sin x$. 2. Существуют ли $x \in \mathbb{R}$, решения неравенства $\sin x \geq 1/2$? Если нет, объясните почему. 3. Что означает периодичность функции $\sin x$ и какой у нее период? Какой период функции $\sin 2x$?» Опрос по стадии Object показал, что задачи, связанные с применением свойств тригонометрических функций, сопровождаются повышением концептуальных ошибок. На первый вопрос наибольшее количество процессуальных ошибок (90,2%), это свидетельствует о том, что студенты плохо владеют понятием функция, у них не сформировалось концептуальное понимание этого математического объекта и слабо развиты способности к обобщению и систематизации. В среднем процент концептуальных ошибок составляет 59,8 (от 44,2 до 90,2%).

Процессуальные ошибки на данной стадии возникают лишь в тех задачах, где имеется процесс вычисления, небольшого преобразования, последовательности формальных действий, например, задачи решения неравенств, определения соответствия. Наибольшие трудности возникли у студентов в области теоретического понимания объекта тригонометрической функции, что сопровождается значительным количеством концептуальных ошибок, поэтому, авторы статьи могут утверждать, что данная стадия наиболее слабо представлена в процессе обучения математике.

Стадия Schema связана с глубинным пониманием математического объекта, способностью обобщения полученных результатов, поэтому на этом этапе были предложены вопросы: «1. Чему равно $\sin^2 x + \cos^2 x$ и почему? 2. Постройте график функции $y = a \cdot \sin x$, выразите постоянную a . И на том же графике изобразите график функции $y = a \cdot \sin 3x$ ». Результаты ответа на первый вопрос показывают, что большинство студентов ни показать, ни доказать основное тригонометрическое тождество не могут (84,3% концептуальных ошибок). Такая же картина вырисовывается и с графическим представлением функции синуса (55,9% концептуальных ошибок). Тем самым показано, что понятие тригонометрических функций у чуть более чем половины выпускников школ, поступивших в технический вуз, не освоено, преимущественно преобладают концептуальные ошибки, а незначительное число процессуальных ошибок связано с описками технического характера. Последняя стадия, Schema, связана с применением математических понятий для построения новых задач, теоретических или практических, например трансформация графика или вывод формул. Для решения задач этой стадии студент должен не только знать основные свойства объекта, но и применять их. Опрос показал, что доля концептуальных ошибок на этой стадии наибольшая среди остальных стадий и составляет 70,1%. Процессуальные ошибки присутствуют лишь в задаче, связанной с построением графика, и соответствуют в основном небольшим погрешностям и неаккуратности чертежа.

По результатам исследования приведена общая диаграмма распределения ошибок, относящихся ко всем стадиям APOS (рисунок).

Из рисунка видно, что лучше всего студенты в школе освоили табличные значения, работа с тригонометрическими функциями на окружности ими также освоена и поведение синуса в первой четверти тоже известно.

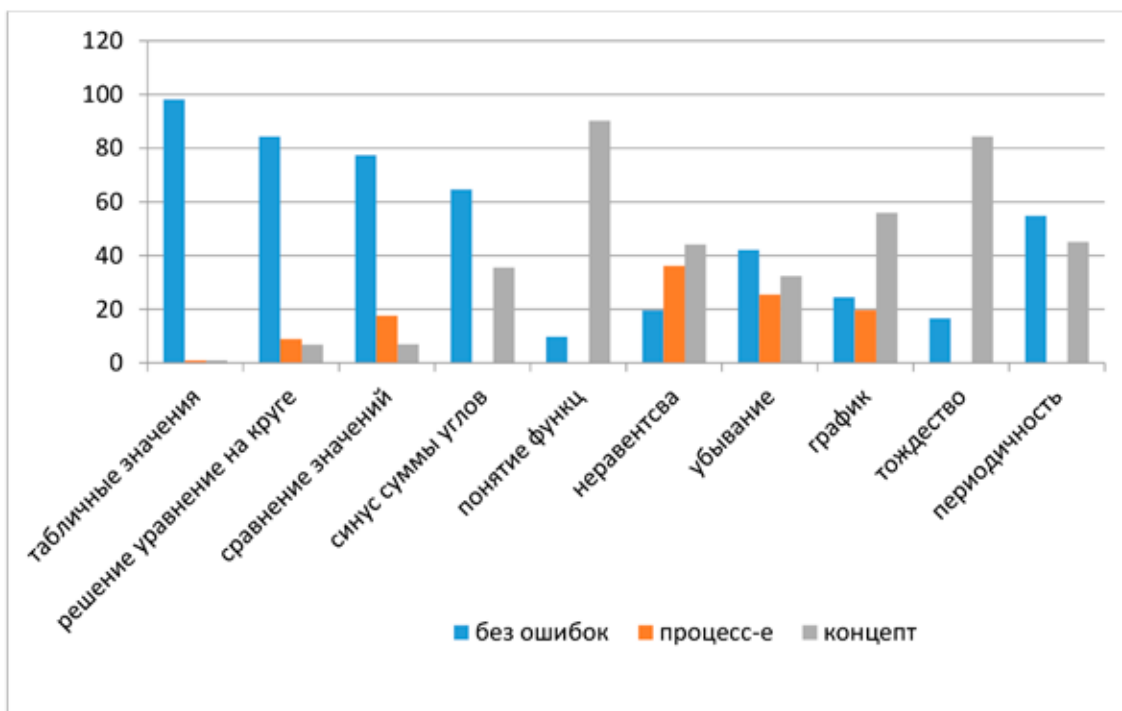


Диаграмма ошибок

Но тригонометрические формулы они знают плохо, только те, что часто использовались в простых задачах по тригонометрии, на это и указывает рост концептуальных ошибок. Однако с теоретическим пониманием функции вообще и функции синуса в частности, у студентов наблюдаются трудности.

Теория APOS, опирающаяся на поэтапное исследование когнитивного процесса, дает возможность преподавателю определить действия обучающихся на каждом этапе познавательного процесса. Подавляющее большинство студентов (в среднем 87,8%) в изучении тригонометрических функций находится на стадии Action, то есть они способны выполнять простейшие операции с тригонометрическими функциями, знают базовые формулы и табличные значения и способны с помощью преподавателя выполнить задание, требующее применения базовых формул. В результате обработки данных эксперимента установлено, что при переходе от стадии к стадии в среднем число студентов, владеющих пониманием сути понятия тригонометрических функций, снижается. Так, на стадии Action в среднем 87,8% опрошенных, Process – в среднем около 64%, Object – 28,1%, Schema – 20,5%.

Как показали эксперименты, причиной ошибок является неточное понимание сту-

дентами определения функции, неумение делать алгебраические преобразования, плохое и зачастую формальное понимание свойств тригонометрических функций, неумение связать символическую и визуальную области (подтверждает результаты, полученные в работе [13]). Использование теории APOS в данной работе показало, что с помощью этой теории можно не только выявить ошибки, но выделить этапы познавательного процесса и уточнить характер затруднений.

Выводы

Результаты, полученные в данном исследовании, позволяют сделать следующие выводы.

1. Теория APOS дает эффективную возможность выявить и исследовать трудности в понимании математических понятий. Выводы, связанные со снижением от стадии к стадии числа студентов, хорошо знающих математику, подтверждают результаты других работ [12].

2. Ошибки, носящие концептуальный и процессуальный характер, совершаемые студентами в ходе обучения на разных стадиях теории APOS, отличаются своей концентрацией: наиболее часто концептуальные ошибки совершаются на стадиях Object и Schema, а процессуальные – на стадиях Action и Process. Теория APOS позволяет

на каждом этапе выявить характер совершаемых студентами ошибок и дает ориентацию на проведение соответствующих методических мероприятий по устранению появившихся трудностей с учетом индивидуальности обучающегося.

3. Практическая значимость исследования, как показано в работе, заключается в том, что с помощью теории APOS можно оценить уровень владения математическими понятиями каждого студента, что дает возможность сделать обучение более продуктивным и в комплексе с другими методами позволяет повысить эффективность образовательного процесса.

Материалы статьи могут быть использованы как школьными учителями математики, так и преподавателями вузов.

Список литературы

1. Далингер В.А. Типичные ошибки учащихся по математике и их причины // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 12–1. С. 94–97.
2. Пиаже Ж. Психогенез знаний и его эпистемологическое значение Семиотика. М.: Радуга, 1983. С. 90–101.
3. Dubinsky E., McDonald M. APOS: A constructivist theory of learning in undergraduate mathematics education research // *The teaching and learning of mathematics at university level: An ICMI study*. 2001. P. 273–280. DOI: 10.1007/0-306-47231-7_25
4. Trigueros M., Possani E. Using an economics model for teaching linear algebra // *Linear Algebra and Its Applications*. 2013. Vol. 438 (4). P. 1779–1792. DOI: 10.1016/j.laa.2011.04.009.
5. Arnon I., Cottrill J., Dubinsky E., Oktaç A., Fuentes S.R., Trigueros M., Weller K. APOS Theory: a framework for research and curriculum development in mathematics education. London: Springer, 2014. 254 p.
6. Özgün Ş., Özge E.U., Şenol D. Content Analysis of the APOS Theory Studies on Mathematics Education Conducted in Turkey and Internationally: A Meta-Synthesis Study // *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*. 2021. Vol. 15, Is. 2. P. 404–428. DOI: 10.17522/balikesirnef.1020526.
7. Churun L.M., Rizky R., Al J. Epistemological Obstacle in Trigonometry // *Mathematics Teaching Research Journal*. 2022. Vol. 14, Is. 2. P. 5–25. DOI: 10.1063/5.0102638.
8. Клинич Е.Д. Проблемное обучение тригонометрии в 10 классе // *Сборник материалов научно-практической конференции*. Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2022. С. 2608–2613.
9. Афанасьев А.Н. Тригонометрия и решение задач по геометрии // *Математическое образование*. 2022. № 1 (101). С. 12–20.
10. Гусев В.А. Теория и методика обучения математике: психолого-педагогические основы. М.: Лаборатория знаний, 2017. 455 с.
11. Громова Е.В., Сафуанов И.С. Применение компьютерной математической программы GEOGEBRA в обучении понятия функции // *Образование и наука*. 2014. № 4 (113). С. 113–131.
12. Siyepu S.W. Analysis of errors in derivatives of trigonometric functions // *International Journal of STEM Education*. 2015. № 2. P. 16. DOI: 10.1186/s40594-015-0029-5.
13. Туктамышов Н.К., Горская Т.Ю. О роли визуализации в обучении математике (на примере понятия функции) // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета*. Серия: Педагогика, психология. 2022. № 3 (50). С. 51–58.