



ИД «Академия Естествознания»

**СОВРЕМЕННЫЕ
НАУКОЕМКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Научный журнал

№ 2 2025



**MODERN
HIGH
TECHNOLOGIES**

Scientific journal

No. 2 2025



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 ориентирован 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.,

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Дудкина Н.А.

д.т.н., проф. Айдосов 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. Баубеков С.Д. (Тараз); д.т.н., проф. Беззубова 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. Делятовский 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., проф. 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. Ижуктин 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. Маргис 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.п.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. (Ожно-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. Скрыпник О.Н. (Иркутск); д.п.н., проф. Собянин Ф.И. (Белгород); д.т.н., проф. Страбькин 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. Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., проф. Шарафеев И.Ш. (Казань); д.т.н., проф. Шишков В.А. (Самара); д.т.н., проф. Шипицын 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

Телефон

+7 (499) 705-72-30

Подписано в печать

28.02.2025

Дата выхода номера

31.03.2025

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

17,75

Тираж

1000 экз.

Заказ

СНТ 2025/2

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. Aidosov (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. Belozеров (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. Zavrazhnov (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. Sobyanin 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	28.02.2025	Number issue date	31.03.2025
Format	60x90 1/8	Conditionally printed sheets	17,75
Circulation	1000 copies	Order	CHT 2025/2

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

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СБОРКИ ПРОДУКЦИИ НА ПУБЛИЧНОМ
АКЦИОНЕРНОМ ОБЩЕСТВЕ «ТУЙМАЗИНСКИЙ ЗАВОД
АВТОБЕТОНОВОЗОВ»

Арысланов Ф.С., Авсиевич А.В., Авсиевич В.В. 8

РАЗРАБОТКА НОВОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ РАДИАЛЬНОГО
ПОДШИПНИКА ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ТРЕНИЯ

Болгова Е.А., Мукутадзе М.А., Чуб Е.Г. 16

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ
ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ

*Булатов В.В., Джаошвили Н.Г., Нуйя О.С., Рудаков Р.В.,
Сержантова М.В., Савельев Н.В.* 24

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ КАМЕР РАДИАЦИИ
ПЕЧЕЙ ПИРОЛИЗА УГЛЕВОДОРОДОВ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ
ЯРУСОВ ГОРЕЛОК

Вафин Д.Б., Ваньков Ю.В. 30

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРИОРИТЕТНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ
В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Гоосен Е.В., Каган Е.С., Королев М.К., Никитенко С.М. 36

ВНЕДРЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПОТОКОВОЙ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Ермаков С.Р., Зыков С.В. 45

ОЦЕНКА АЛГОРИТМОВ DOCUMENT OBJECT MODEL, SIMPLE
API FOR XML И STREAMING API FOR XML ДЛЯ РАБОТЫ
С XML В ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Золотухина Д.Ю. 54

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА УДЕРЖИВАНИЕ РАСПЛАВА ПРИ ЛЕВИТАЦИОННОЙ ПЛАВКЕ

Кульчицкий А.А., Пайор В.А. 60

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОКСИ-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГРАММ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ

Тютяев А.В., Кадет В.В., Васильев И.В., Павлов А.Е., Макаров И.Ю., Макаров Д.Ю. 65

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ МАСШТАБА
И ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Юсупова А.Р., Исмагилов М.И., Бархнина В.Б., Исмагилова С.М., Фёдорова Н.В. 73

НАУЧНЫЙ ОБЗОР**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ
УПРАВЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ**

Хазиахметова Г.А., Мубаракишина Д.Н., Ахмадеева Л.Р. 82

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)**СТАТЬИ****РЕЗУЛЬТАТЫ ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ
СРЕДИ АСПИРАНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА**

Алтатова А.И., Коломиец О.М., Алтатова М.П. 88

**ТЕХНОЛОГИЯ ЭДЬЮТЕЙНМЕНТ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ**

Буракова Д.А., Иванова Е.А., Большакова А.В., Абакумова М.В. 94

**ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «ИНФОРМАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ
СИСТЕМЫ»**

Быков А.А., Киселева О.М. 101

**РАЗРАБОТКА И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА
В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ»**

Камаева С.С., Меркурьева Г.Ю. 106

**ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ С ОБУЧАЮЩИМИСЯ МЛАДШИХ
КЛАССОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКОВ СОЦИАЛЬНО
БЕЗОПАСНОГО ПОВЕДЕНИЯ**

Колесникова Д.С., Панкова Е.С., Казакова Г.Н., Веселов О.Б. 112

**ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПОСРЕДСТВОМ РЕАЛИЗАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩИХ
ПРОГРАММ ПО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЮ В ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ВУЗА**

Коротков С.Г., Севастьянова Е.О. 117

**ВЛИЯНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ФОРМИРОВАНИЯ
ГЛОБАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ВУЗЕ НА УРОВЕНЬ
МЕЖКУЛЬТУРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (НА ПРИМЕРЕ
КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА)**

Лесев В.Н. 123

**ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ДЕТЕЙ МИГРАНТОВ В ПРОЦЕССЕ
ИЗУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ПРЕДМЕТОВ**

Лихачева Д.Л. 130

**ОРГАНИЗАЦИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ
ПРЕДЛОЖНО-ПАДЕЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДОШКОЛЬНИКОВ С ОБЩИМ
НЕДОРАЗВИТИЕМ РЕЧИ**

Парфёнова Т.А. 136

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

ANALYSIS OF THE PROCESS OF ASSEMBLING PRODUCTS AT ANALYSIS OF THE PRODUCT ASSEMBLY PROCESS AT THE PUBLIC JOINT-STOCK COMPANY “TUYMAZINSKY PLANT OF CONCRETE TRUCKS” <i>Aryslanov F.S., Avsievich A.V., Avsievich V.V.</i>	8
DEVELOPMENT OF A NEW MATHEMATICAL MODELING METHOD FOR EVALUATING THE WEAR RESISTANCE OF A MODIFIED RADIAL BEARING DESIGN BASED ON THE COEFFICIENT OF FRICTION <i>Bolgova E.A., Mukutadze M.A., Chub E.G.</i>	16
DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL OF INTERSECTION OF MOTION TRAJECTORIES OF ROBOT MANIPULATORS <i>Bulatov V.V., Dzhaoshvili N.G., Nuyya O.S., Rudakov R.V., Serzhantova M.V., Savelev N.V.</i>	24
MODELING OF THE THERMAL STATE OF THE RADIATION CHAMBERS OF HYDROCARBON PYROLYSIS FURNACES WITH A LARGE NUMBER OF BURNER TIERS <i>Vafin D.B., Vankov Yu.V.</i>	30
METHODOLOGY FOR ASSESSING THE PRIORITY OF TECHNOLOGIES IN THE COAL INDUSTRY <i>Goosen E.V., Kagan E.C., Korolev M.K., Nikitenko S.M.</i>	36
DEPLOYMENT AND OPERATION OF MACHINE LEARNING MODELS IN A STREAMING INTELLIGENT EDUCATIONAL SYSTEM <i>Ermakov S.R., Zykov S.V.</i>	45
EVALUATION OF DOCUMENT OBJECT MODEL, SIMPLE API FOR XML AND STREAMING API FOR XML ALGORITHMS FOR XML PROCESSING IN HIGH-LOAD APPLICATIONS <i>Zolotukhina D.Yu.</i>	54
ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELD INHOMOGENEITY ON MELT RETENTION DURING LEVITATION MELTING <i>Kulchitskiy A.A., Payor V.A.</i>	60
NEURAL NETWORK PROXY MODELING OF TECHNOLOGICAL INTERVENTION PROGRAMS AT OIL WELLS <i>Tyutyayev A.V., Kadet V.V., Vasilev I.V., Pavlov A.E., Makarov I.Yu., Makarov D.Yu.</i>	65
GEOINFORMATION MODEL FOR PREDICTING THE SCALE AND CONSEQUENCES OF AN ACCIDENT AT A RADIATION-HAZARDOUS FACILITY <i>Yusupova A.R., Ismagilov M.I., Barakhnina V.B., Ismagilova S.M., Fedorova N.V.</i>	73

REVIEW

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES
FOR OPTIMIZING MANAGEMENT PROCESSES
IN PRODUCTION SYSTEMS

Khaziakhmetova G.A., Mubarakshina D.N., Akhmadeeva L.R. 82

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

ARTICLES

RESULTS OF FORMATION OF UNIVERSAL COMPETENCIES
AMONG POSTGRADUATE STUDENTS OF A MEDICAL UNIVERSITY

Alpatova A.I., Kolomiets O.M., Alpatova M.P. 88

EDUTAINMENT TECHNOLOGY AS A WAY TO OPTIMIZING THE PROCESS
OF FOREIGN LANGUAGE TEACHING IN A TECHNICAL UNIVERSITY

Burakova D.A., Ivanova E.A., Bolshakova A.V., Abakumova M.V. 94

ELEMENTS OF THE ELECTIVE COURSE “INFORMATION AND LEGAL
SYSTEMS”

Bykov A.A., Kiseleva O.M. 101

DEVELOPMENT AND EXPERIENCE OF USING A DISTANCE COURSE
IN TEACHING THE DISCIPLINE “PHARMACEUTICAL ECOLOGY”

Kamaeva S.S., Merkureva G.Yu. 106

EXPERIENCE IN ORGANIZING CLASSES WITH ELEMENTARY SCHOOL
STUDENTS TO DEVELOP SKILLS OF SOCIALLY SAFE BEHAVIOR

Kolesnikova D.S., Pankova E.S., Kazakova G.N., Veselov O.B. 112

FORMATION OF TECHNICAL THINKING OF SCHOOLCHILDREN
THROUGH THE IMPLEMENTATION OF ADDITIONAL GENERAL
DEVELOPMENTAL PROGRAMS ON 3D-MODELING IN THE DIGITAL
LABORATORY OF THE UNIVERSITY

Korotkov S.G., Sevastyanova E.O. 117

THE IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF A GLOBAL COMPETENCE
DEVELOPMENT PROGRAM IN A UNIVERSITY ON THE LEVEL
OF INTERCULTURAL INTERACTION (BASED ON THE EXAMPLE
OF KABARDINO-BALKARIAN STATE UNIVERSITY)

Lesev V.N. 123

PEDAGOGICAL ADAPTATION OF MIGRANT CHILDREN IN THE PROCESS
OF STUDYING NATURAL SCIENCE SUBJECTS

Likhacheva D.L. 130

ORGANIZATION AND RESULTS OF THE STUDY OF THE FORMATION
OF PREPOSITIONAL-CASE CONSTRUCTIONS IN PRESCHOOLERS
WITH GENERAL SPEECH UNDERDEVELOPMENT

Parfenova T.A. 136

СТАТЬИ

УДК 658.511.3

DOI 10.17513/snt.40297

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СБОРКИ ПРОДУКЦИИ
НА ПУБЛИЧНОМ АКЦИОНЕРНОМ ОБЩЕСТВЕ
«ТУЙМАЗИНСКИЙ ЗАВОД АВТОБЕТОНОВОЗОВ»****¹Арысланов Ф.С., ²Авсиевич А.В., ³Авсиевич В.В.**¹ПАО «Туймазинский завод автобетоновозов», Туймазы, e-mail: AryslanovFS@kamaz.ru;²ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара,

e-mail: a.v.avsievich@samsmu.ru;

³ООО «Открытый код», Самара, e-mail: avsievichv@yandex.ru

Работа посвящена анализу процесса сборки выпускаемой продукции на ПАО «Туймазинский завод автобетоновозов». Цель исследования заключается в анализе существующей системы управления процессом сборки продукции, выявлении недостатков и приведении системы управления процессом сборки продукции к требованиям менеджмента качества для поддержания ритмичного выпуска продукции заданного качества в запланированной номенклатуре и объемах в соответствии с установленными сроками ее поставок потребителям и повышения производительности труда на производстве. В статье описывается разработанная система управления процессом сборки продукции в соответствии с требованиями менеджмента качества, системы экологического менеджмента и системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда на ПАО «Туймазинский завод автобетоновозов». Результаты, полученные в ходе проведенных исследований, показали, что не все нормативные акты и технологические регламенты выполняются в полной мере, отдельные технологические процессы устарели, поэтому необходима их модернизация. В результате проведенного анализа процесса сборки продукции на основе требований менеджмента качества сделаны выводы, что для успешного функционирования предприятия необходимо провести аудит всех технологических процессов по подготовке комплектующих и сборке продукции, привести их в соответствие с новыми требованиями предприятия, провести работу с персоналом и разработать систему мотивации. В отдельных случаях требуется полная модернизация процессов и разработка новых методологий сборки продукции.

Ключевые слова: процесс сборки, анализ, Туймазинский завод автобетоновозов, карта процесса, процессный подход

**ANALYSIS OF THE PROCESS OF ASSEMBLING PRODUCTS
AT ANALYSIS OF THE PRODUCT ASSEMBLY PROCESS
AT THE PUBLIC JOINT-STOCK COMPANY
“TUUMAZINSKY PLANT OF CONCRETE TRUCKS”****¹Aryslanov F.S., ²Avsievich A.V., ³Avsievich V.V.**¹PJSC Tuymazy plant of concrete trucks, Tuymazy, e-mail: AryslanovFS@kamaz.ru;²Samara State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,

Samara, e-mail: a.v.avsievich@samsmu.ru;

³Open Source LLC, Samara, e-mail: avsievichv@yandex.ru

The work is devoted to the analysis of the assembly process of manufactured products at PJSC Tuymazinsky Plant of concrete trucks. The purpose of the study is to analyze the existing product assembly process management system, identify deficiencies and bring the product assembly process management system to the quality management requirements to maintain a rhythmic output of products of a given quality in the planned range and volumes in accordance with the established deadlines for its delivery to consumers and increase productivity in production. The article describes the developed product assembly process management system in accordance with the requirements of quality management, environmental management system and occupational health and safety management system at PJSC Tuymazinsky Concrete Truck Plant. The results obtained during the conducted research have shown that not all regulations and technological regulations are fully implemented, some technological processes are outdated, therefore their modernization is necessary. As a result of the analysis of the product assembly process based on the requirements of quality management, it was concluded that for the successful functioning of the enterprise it is necessary to audit all technological processes for the preparation of components and assembly of products, bring them in line with the new requirements of the enterprise, work with staff and develop a motivation system. In some cases, complete modernization of processes and the development of new methodologies for product assembly are required.

Keywords: assembly process, analysis, Tuymazy concrete truck plant, process map, process approach

Введение

Публичное акционерное общество «Туймазинский завод автобетоновозов» (ПАО ТЗА) – это современное высокотехнологичное предприятие, на котором осуществляется полный производственный цикл от разработки конструкторской документации до сборки готовой продукции и ее испытания. ПАО ТЗА входит в состав группы компаний Публичное акционерное общество «КАМАЗ» (ПАО «КАМАЗ») с 2004 г. В настоящее время ПАО ТЗА имеет 10 цехов основного и вспомогательного производства, располагает новейшими технологиями сварочного производства и высокоэффективным сварочным оборудованием концерна ESAB (Elektriska Svetsnings-Aktiebolaget, Швеция), обеспечивающим высокое качество сварных конструкций. Точный раскрой деталей обеспечивает современное оборудование термической резки «Кристалл» с числовым программным управлением. Заготовительно-сварочное и механообрабатывающее производства оснащены станками и оборудованием лучших производителей фирм России и Европы (Италия, Германия). Внедряются новые технологии окраски, прорабатывается вопрос по реконструкции устаревшей окрасочной линии.

Однако в условиях современного производства наличие у компаний высокопроизводительного оборудования и высококлассных специалистов оказывается недостаточным для достижения конкурентного преимущества. Рост эффективности производства и повышение качества выпускаемой продукции возможны только в условиях рационального сочетания передовых технологий с высоким научным уровнем организации производства [1–3].

Руководителям предприятий необходимо принимать управленческие решения с учетом возникающих политических, информационных, технологических, экономических, социальных и экологических вызовов, где наиболее критичным фактором является время [4–6]. Предприятия, руководители которого своевременно принимают обоснованные управленческие решения, внедряют автоматизированные средства контроля процесса производства в систему управления предприятием, получают ключевое конкурентное преимущество [7–9].

Целью исследования является проведение углубленного анализа процесса сборки продукции, выявление узких мест в организации производства и выбор методов и форм дальнейшего совершенствования системы принятия управленческих решений.

Материалы и методы исследования

В данной статье описывается система управления процессом сборки продукции на ПАО ТЗА, разработанная в соответствии с требованиями менеджмента качества ISO 9000:2015 и ISO 9001:2015, а также с учетом системы экологического менеджмента ISO 14001:2015 и системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда ISO 45001:2018, которая позволит:

- закрепить за процессом владельца процесса и исполнителей процесса;
- установить ответственность и полномочия владельца и исполнителей процесса;
- определить этапы выполнения процесса;
- закрепить ответственных лиц за каждым этапом процесса;
- обеспечить управляемость и контролируемость процесса на каждом этапе;
- достичь положительной результативности на каждом этапе выполнения процесса;
- минимизировать риски по данному процессу для дальнейшей автоматизации системы управления сборкой продукции на заводе.

Одним из современных инструментов повышения эффективности управления является процессный подход, основанный на выделении бизнес-процессов в системе управления предприятием. Для анализа процесса сборки продукции на заводе ПАО ТЗА на основе процессного подхода составлена Карта процесса, которая включает цикл «Планируй – Выполняй – Проверяй – Действуй» (ПВПД), рискориентированное мышление с учетом внутренних (внешних) нормативно-регламентирующих документов (ВНРД) и концепт аппаратно-программного комплекса для мониторинга и управления производственными процессами (АПК). Укрупненная схема процесса сборки продукции приведена в табл. 1.

Процесс «Сборка продукции» в своей структуре имеет 3 основных подпроцесса (в системе ПВПД):

1. «Расчет суточной/сменной плановой загрузки производства».
2. «Комплектация».
3. «Сборка по линиям».

Также неотъемлемой составляющей процесса «Сборка продукции» является модуль «Мониторинг, анализ и измерение», выходом которого является информация о факте выполнения производства (в том числе по отметкам в маршрутных картах) для корректировки плановой загрузки и анализа результативности/эффективности.

Таблица 1

Укрупненная схема процесса

Поставщики процесса	Управляющие воздействия	Потребители процесса
<ul style="list-style-type: none"> – Смежные участки производства комплектующих – Поставщики материалов, комплектующих 	<ul style="list-style-type: none"> – Политика и цели в области качества и устойчивого развития – План / программа производства – Бюджет – Требования настоящего процесса, ВНРД – Комплекточные листы по каждой номенклатуре продукции – Комплект конструкторско-технологической документации – Норма затрат/трудозатрат (в том числе плановое число персонала) – Матрица компетентности 	<ul style="list-style-type: none"> – Склад готовой продукции – ПАО «Камаз» – Индивидуальные потребители продукции
Вход процесса	«Сборка продукции»	Выход процесса
<ul style="list-style-type: none"> – Информация о фактическом выходе людей – Информация о фактической готовности оборудования – Информация о полноте комплектующих на складе закупаемых материалов / на складе собственного производства / смежных цехов – Комплектующие 	<ul style="list-style-type: none"> – ритмичный выпуск продукции заданного качества в запланированной номенклатуре и объемах в соответствии с установленными сроками ее поставок потребителям; – повышение производительности труда при минимальных издержках. <p>Владелец процесса – Заместитель генерального директора по производству</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Готовая продукция на склад – Информация о процессе (по критериям результативности/ эффективности / рискам)
	<ul style="list-style-type: none"> – Исправное технологическое оборудование – Средства измерения для контроля качества продукции – Средства мониторинга (аппаратно-программный комплекс) – Комфортная производственная среда – Квалифицированный персонал – Финансы 	
	Ресурсное обеспечение	

Источник: составлено авторами.

Алгоритм расчета суточной/сменной плановой загрузки производства разработан с учетом применения аппаратно-программного комплекса и представлен в табл. 2.

При этом данные, указанные для расчета в табл. 2, берутся из ранее заполненных форм, где:

Форма 1 (Матрица компетенций) является постоянным документом и формируется Дирекцией по персоналу по данным, предоставленным начальником участка сборки. Матрица компетенций отражает квалификационные требования производственного персонала. Внесение изменений в матрицу осуществляется при приеме на работу нового производственного персонала либо при получении новой специаль-

ности или новых навыков существующего персонала.

Форма 2 (Матрица исправности технологического оборудования и инструмента) является постоянным документом, формируется службой главного инженера. Внесение изменений в матрицу осуществляется при введении нового технологического оборудования/инструмента.

Форма 3 (Матрица информации о полноте/наличии закупаемых комплектующих) является постоянным документом, внесение в документ изменений происходит регулярно.

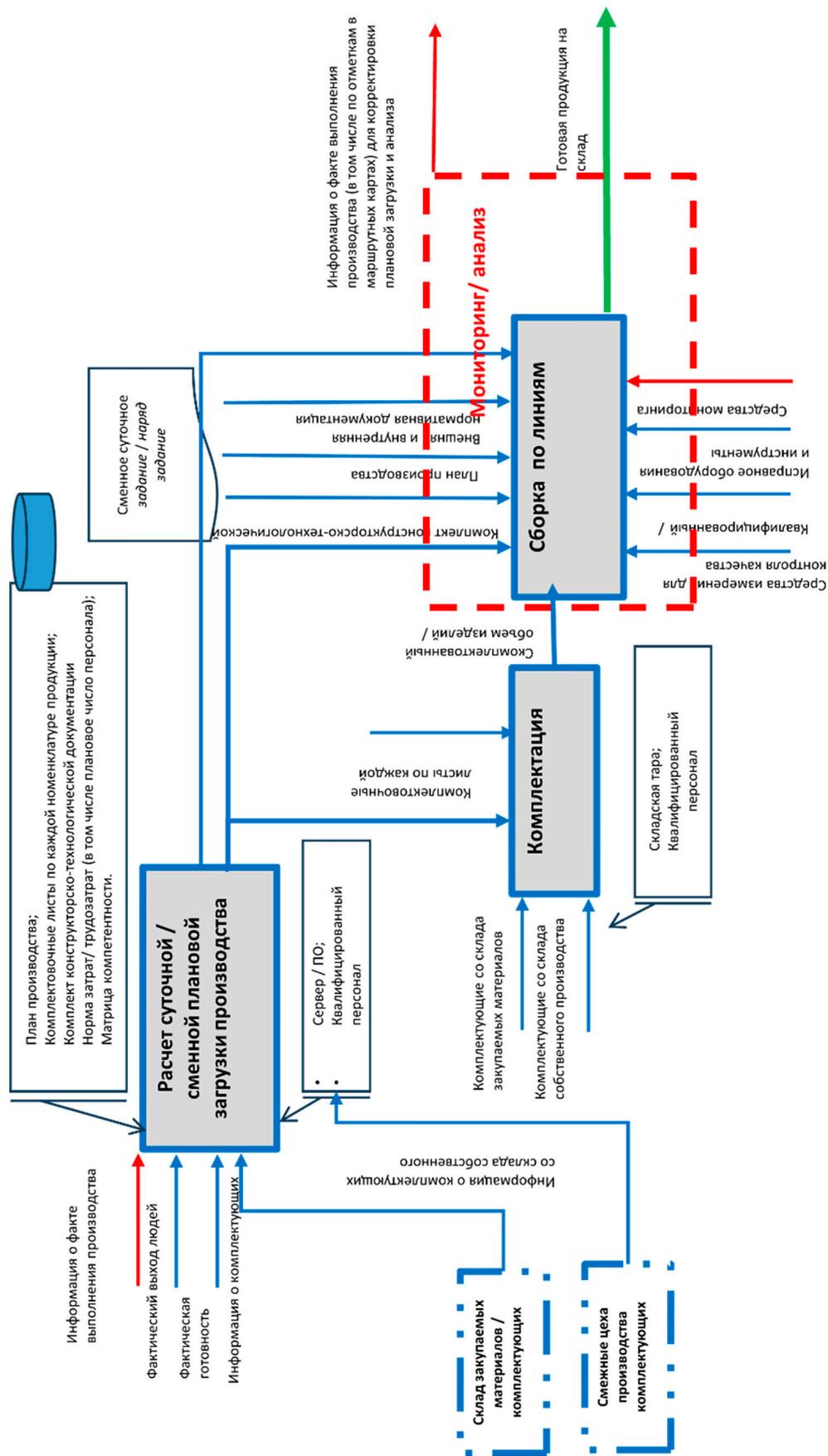
Форма 4 (Суточное/сменное задание на производство) является постоянным документом, составляется на каждый рабочий день.

Таблица 2

Алгоритм расчета суточной/сменной плановой загрузки производства

Входные данные	Этап процесса	Ответственность/участники	Требования	Выходные данные/результат
Сводная ведомость / информация о фактическом выходе производственного персонала в смену по меткам	Расчет фактических ресурсов производственного персонала	АПК	При пересменке АПК учитывает план производства (в том числе перемены объемов работ), трудозатраты (плановое число персонала) и информацию о фактическом выходе производственного персонала, формирует Суточное задание на производство с расстановкой производственного персонала по рабочим местам / операциям (форма 1)	Электронное Суточное задание на производство (форма 4) / промежуточная оценка
Информация о фактической готовности оборудования	Оценка готовности инфраструктуры	Структурные подразделения главного инженера. АПК	За 30 мин до конца смены ответственные вносят в систему информацию о полноте/наличии и исправности технологического оборудования и инструмента (форма 2). В течение смены могут вноситься уточняющие данные о состоянии и готовности оборудования. АПК, учитывая технологические карты и информацию о фактической готовности оборудования и инструмента, формирует/уточняет/ подтверждает возможность выполнения плана производства	Электронное Суточное задание на производство (форма 4) / промежуточная оценка
Информация о полноте комплектующих на складе закупаемых материалов	Оценка возможности сборки по наличию комплектующих	Отдел планирования закупок / склад. АПК	За 30 мин до конца смены ответственные вносят в систему информацию о полноте/наличии закупаемых комплектующих (форма 3). В течение смены могут вноситься уточняющие данные о полноте комплектующих. АПК, учитывая уточняющие карты, план производства (в том числе перемены объемов работ), комплектовочные листы по каждой номенклатуре продукции и информацию о фактическом наличии комплектующих, формирует/ уточняет/ подтверждает возможность выполнения плана производства	Электронное Суточное задание на производство (форма 4) / промежуточная оценка
Информация о полноте комплектующих на складе собственного производства / смежных цехов	Оценка возможности сборки по наличию комплектующих	Руководители смежных цехов производства комплектующих. АПК	За 30 мин до конца смены ответственные вносят в систему информацию о полноте/наличии комплектующих (форма 3). В течение смены могут вноситься уточняющие данные о полноте комплектующих. АПК, учитывая технологические карты, план производства (в том числе перемены объемов работ), комплектовочные листы по каждой номенклатуре продукции и информацию о фактическом наличии комплектующих, формирует/ уточняет/ подтверждает возможность выполнения плана производства	Электронное Суточное задание на производство (форма 4) / промежуточная оценка
Информация о факте выполнения производства за предыдущую смену/сутки. Электронное Суточное задание на производство / промежуточная оценка	Расчет суточной/сменной плановой загрузки производства	АПК	На основе промежуточной оценки АПК формирует окончательное суточное/сменное задание на производство, учитывая наличие комплектующих, фактический выход производственного персонала и состояние готовности оборудования/ инструмента. В процессе выполнения сменного/ суточного задания могут вноситься корректировки по людям, оборудованию, комплектующим. На основе изменений АПК осуществляет расчет/прогноз следующего сменного задания	Суточное/сменное задание на производство (форма 4)

Источник: составлено авторами.



*Процесс сборки продукции
Источник: составлено авторами*

Таблица 3

Алгоритм процесса сборки по линиям

Входные данные	Этап процесса	Ответственность/ участники	Требования	Выходные данные/ результат
Суточное/сменное задание на производство (форма 4)	Расстановка персонала	Начальник участка сборки / мастера участков	– Суточное/сменное задание на производство (форма 4) – Норма затрат/ трудозатрат (в том числе плановое число персонала) – Матрица компетентности	Персонал на конвейере
Комплекующие в тара-комплектах	Сборка продукции	Производственный персонал	– План производства – Комплектовочные листы по каждой номенклатуре продукции – Комплект конструкторско-технологической документации Согласно конструкторско-технологической документации в процессе сборки представителями ОТК осуществляется операционный контроль	Готовая продукция для контроля
Данные по факту выполнения суточного/ сменного задания на производство	Мониторинг выполнения	Начальник участка сборки / мастера участков	В процессе производства начальник участка сборки вносит информацию в базу данных о фактическом выполнении объемов работ по операциям	Информация в базе данных
Готовая продукция для контроля	Приемка продукции	ОТК	Комплект конструкторско-технологической документации. ВНРД	Готовая продукция на склад готовой продукции

Источник: составлено авторами.

Процесс комплектации осуществляется в процессе формирования суточного и сменного задания следующим образом. На основании сменного/суточного задания специалистами по комплектации осуществляется формирование полного комплекта деталей для сборки. Комплектация осуществляется в тара-комплектах с обозначением принадлежности к сборочной единице. Поставка комплекующих на участок сборки осуществляется согласно порядку сборки (технологическим картам). Все комплекующие, поступающие в зону комплектации, обязаны быть идентифицированы и иметь отметку отдела технического контроля (ОТК). Поставка комплекующих без идентификации и отметки ОТК не допускается.

Процесс сборки по линиям осуществляется в соответствии с алгоритмом, представленным в табл. 3.

Роли, ответственность и полномочия работников при выполнении обязанностей в процессах и деятельности, включенных в систему менеджмента качества (СМК), определены в документах СМК (стандартах предприятия, картах процессов), а также

в документах общего менеджмента компании: положениях о подразделениях, должностных инструкциях, рабочей и нормативной документации.

Мониторинг процесса (и измерение, где это применимо) осуществляют владелец процесса и другие участники процесса (каждый в своей сфере ответственности) в соответствии с намеченными целями. В табл. 4 приведены возможные риски при недостаточном мониторинге процесса «Сборка продукции».

Контрольные цифры выполнения процесса «Сборка продукции», фиксируемые аппаратно-программным комплексом, при которых рассчитывается ежемесячное выполнение плана работ, приведены в табл. 5.

В случае неэффективности процесса владелец процесса анализирует причины и разрабатывает корректирующие действия.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного исследования процесса сборки продукции выявлены узкие места в организации производства.

Таблица 4

Риски процесса «Сборка продукции»

Риск процесса	Последствия	Управление рисками
Недостоверность вводимых данных	Неправильное планирование системы Снижение производительности труда	Периодический контроль достоверности вводимых данных Мотивация персонала
Нехватка производственного персонала	Невыполнение плана производства	Обучение производственного персонала смежным операциям/ профессиям Автоматизация производства
Саботаж персонала	Невыполнение плана производства Снижение качества Снижение производительности труда	Мотивация персонала Регулярные предстарты
Сбой в комплектации	Невыполнение плана производства Снижение качества Снижение производительности труда	Внедрение автоматизации в учет комплектаций
Отсутствие адекватного комплекта конструкторско-технологической документации. ВНРД	Снижение качества Снижение производительности труда	Регулярное проведение контроля соблюдения технологической дисциплины Вовлеченность/мотивация персонала
Сбой в АПК	Неправильное планирование системы Невыполнение плана производства Снижение производительности труда	Поддержание АПК на аутсорсинге с разработчиками
Несоблюдение норм охраны труда и промышленной безопасности	Травмы / потеря трудоспособности Невыполнение плана производства Снижение производительности труда	Мотивация персонала Регулярные предстарты

Источник: составлено авторами.

Таблица 5

Контрольные цифры выполнения процесса «Сборка продукции»

Критерии результативности/ эффективности процесса	Плановые Показатели результативности/ эффективности процесса	Ответственный за регистрацию и периодичность
Выполнение плана	Не менее 98 %	Начальник участка сборки / ежемесячно
Перерасход материалов	Не более 2 %	АПК по данным брака. Вносятся в систему мастером (ОТК) / ежемесячно
Коэффициент загрузки технологического оборудования	Не менее 95 %	Главный инженер / ежемесячно
Отсутствие инцидентов	0	Начальник участка сборки / ежемесячно
Количество нарушений ОТ	Не более 5 %	АПК / ежемесячно
Производительность труда	Не менее 95 %	АПК / ежемесячно

Источник: составлено авторами.

Выбраны методы и формы дальнейшего совершенствования системы принятия управленческих решений. На основании принятых решений разработана карта процесса, которая легла в основу документа «Процесс сборки продукции», принятого на ПАО ТЗА.

Переход на новый процесс сборки запла-нирован совместно с внедрением на предприятии АПК для мониторинга и управления производственными процессами, что позволит оптимизировать производственный процесс на ПАО ТЗА, повысить производительность труда, организовать

ритмичный выпуск продукции заданного качества в запланированной номенклатуре и объемах в соответствии с установленными сроками ее поставок потребителям.

Заключение

Проведенное исследование показало:

- не все нормативные акты и технологические регламенты выполняются на предприятии;
- отдельные процессы устарели и требуют модернизации;
- сотрудникам не хватает мотивации, что может привести к невыполнению планов;
- сложно увеличить производительность и уменьшить стоимость единицы продукции.

По итогам исследований проведен аудит технологических процессов по подготовке комплектующих и сборке продукции. Ведется работа по приведению процессов в соответствие с новыми требованиями, разработка системы мотивации и программы модернизации производственных процессов.

Список литературы

1. Егорова А.О., Курылева О.И. Анализ основных показателей работы организаций по виду экономической деятельности «производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов» в Российской Федерации // *Modern Economy Success*. 2020. № 2. С. 68–73. URL: [https://mes-](https://mes-journal.ru/wp-content/uploads/2020/05/mes_2.pdf)

[journal.ru/wp-content/uploads/2020/05/mes_2.pdf](https://mes-journal.ru/wp-content/uploads/2020/05/mes_2.pdf) (дата обращения: 28.01.2025).

2. Акимов С.С., Трипош В.А. Оптимизация производственных потоков на основе алгоритма распознавания производственных ситуаций // *Современные наукоемкие технологии*. 2024. № 5–1. С. 10–15. DOI: 10.17513/snt.39997.

3. Ivaschenko A., Avsievich V., Golovnin O., Aleksandrova M., Sitnikov P. Production control based on a quality guarantor computer vision system // *Studies in Systems, Decision and Control*. 2023. Vol. 457. P. 85–95. DOI: 10.1007/978-3-031-22938-1_6.

4. Додонова Е.А., Головнин О.К., Иващенко А.В. Анализ календарно-сетевых графиков в цифровой системе управления организацией // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2023. Т. 12, № 3 (63). С. 10–15.

5. Галеев Р.И. ОАО «Туймазинский завод автобетонозавод» стремится к росту устойчивости и снижению себестоимости продукции // *Тяжелое машиностроение*. 2008. № 7. С. 38–39.

6. Щедров И.С., Шурыгин Д.Н. Экономико-математическое моделирование информационных потоков в системах мониторинга оборудования и персонала при цифровизации машиностроительного предприятия // *Дружковский вестник*. 2024. № 1 (57). С. 178–191. DOI: 10.17213/2312-6469-2024-1-178-191.

7. Арысланов Ф.С., Авсиевич А.В., Авсиевич В.В., Иващенко А.В., Сурнин О.Л. Автоматизация выявления простоев и задержек в производственных процессах // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2024. № 6. С. 127–129.

8. Мичурова Н.Н., Мичуров Н.С., Мирошин Д.Г. Системы управления гибкими производственными системами // *Тенденции развития науки и образования*. 2023. № 94–95. С. 45–48. DOI: 10.18411/trnio-02-2023-242.

9. Вайтекунене Е.Л., Волнейкина Е.С., Козлова А.В., Кузьмич Е.А. Подсистема контроля и управления технологическими процессами в автоматизированных системах // *Глобальный научный потенциал*. 2024. № 9 (162). С. 199–201.

УДК 621.822.17

DOI 10.17513/snt.40298

РАЗРАБОТКА НОВОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ РАДИАЛЬНОГО ПОДШИПНИКА ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ТРЕНИЯ

Болгова Е.А., Мукутадзе М.А., Чуб Е.Г.

*ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,
Ростов-на-Дону, e-mail: murman1963@yandex.ru*

Цель данной работы заключалась в создании модели, позволяющей спрогнозировать поведение смазочного материала в условиях эксплуатации подшипника скольжения с учетом более сложных факторов, таких как сжимаемость и изменение вязкости под воздействием давления. Разработка модели учитывает комплексное поведение микрополярного смазочного материала, который проявляет изменение вязкости под воздействием давления. Кроме того, необходимо учитывать взаимодействие смазочного материала с атмосферными газами, что может влиять на его сжимаемость и, следовательно, на общие эксплуатационные свойства. Основным аспектом предлагаемой модификации конструкции радиального подшипника – наличие полимерного покрытия с канавкой. Такое решение позволяет достичь более равномерного и эффективного распределения смазочного материала по поверхности подшипника. Канавка, выполненная в слое полимерного покрытия, способствует направлению смазки в зону трения, минимизируя контактный износ и снижая коэффициент трения. Разработанный подход основывается на интеграции методов математического моделирования и экспериментального анализа, что позволяет учитывать сложные физико-химические свойства смазочного материала. Для оценки сжимаемости конструкции радиального подшипника скольжения применяется нелинейная модель. В рамках этой модели давление и температура рассматриваются как взаимосвязанные параметры, оказывающие влияние на вязкость микрополярного смазочного материала. Итогом исследования является новая расчетная модель, способствующая повышению точности определения эксплуатационных характеристик подшипника на стадии его проектирования.

Ключевые слова: радиальный подшипник, оценка износостойкости, антифрикционное полимерное покрытие, канавка, гидродинамический режим, верификация

DEVELOPMENT OF A NEW MATHEMATICAL MODELING METHOD FOR EVALUATING THE WEAR RESISTANCE OF A MODIFIED RADIAL BEARING DESIGN BASED ON THE COEFFICIENT OF FRICTION

Bolgova E.A., Mukutadze M.A., Chub E.G.

Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, e-mail: murman1963@yandex.ru

The purpose of this work was to create a model that makes it possible to predict the behavior of a lubricant under the operating conditions of a sliding bearing, taking into account more complex factors, such as compressibility and changes in viscosity under pressure. The development of the model takes into account the complex behavior of a micropolar lubricant that exhibits changes in viscosity under pressure. In addition, it is necessary to take into account the interaction of the lubricant with atmospheric gases, which can affect its compressibility and, consequently, its overall performance properties. The main aspect of the proposed modification of the radial bearing design is the presence of a polymer coating with a groove. This solution makes it possible to achieve a more uniform and efficient distribution of lubricant over the bearing surface. The groove made in the polymer coating layer helps guide the lubricant into the friction zone, minimizing contact wear and reducing the coefficient of friction. The developed approach is based on the integration of mathematical modeling and experimental analysis methods, which makes it possible to take into account the complex physico-chemical properties of the lubricant. A nonlinear model is used to evaluate the compressibility of the radial sliding bearing structure. In this model, pressure and temperature are considered as interrelated parameters that affect the viscosity of a micropolar lubricant. The result of the study is a new calculation model that helps to increase the accuracy of determining the bearing's performance characteristics at the design stage.

Keywords: radial bearing, wear resistance assessment, antifriction polymer coating, groove, hydrodynamic mode, verification

Введение

Разработка новых фторопластовых покрытий – сложный многоэтапный процесс, ключевым звеном которого являются всесторонние испытания. Успешное применение этих материалов, основанных на полифторированных углеводородах (ПФУ), во многом

зависит от их способности противостоять износу, воздействию высоких температур и агрессивных химических сред. Испытания на износостойкость, проводимые на разных этапах разработки, включают в себя определение коэффициента трения, износа и устойчивости к абразивному воздействию [1].

Изучение трибологических характеристик материалов покрытий для подшипников скольжения – важная задача, напрямую влияющая на их износостойкость и срок службы. Трибологические свойства определяются комплексом факторов, таких как трение, износ, адгезия и прочность покрытия [2]. Проведение лабораторных испытаний позволяет выявить слабые места материалов и разработать рекомендации по улучшению их состава. Так, использование различных наполнительных веществ, добавок и модификаторов может значительно повысить эксплуатационные характеристики полимерных покрытий [3].

Процессы оптимизации состава полимерных покрытий охватывают как практические, так и теоретические аспекты. Практические методы основаны на испытаниях различных составов и параметров нанесения, что помогает выявлять основные закономерности и устанавливать наилучшие условия для формирования качественного покрытия [4]. В свою очередь, теоретические методы включают моделирование и численные вычисления, что позволяет прогнозировать функционирование покрытий в разнообразных условиях эксплуатации и уменьшить объем дорогих и времязатратных испытаний [5].

Основные цели проведения исследований в области моделирования взаимодействий в системе «материал покрытия – базовый материал подшипника» включают: детализацию механизмов взаимодействия на микроструктурном уровне, установление ключевых факторов, которые способствуют износу и разрушению системы, разработку более совершенных моделей для повышения точности предсказаний поведения материалов [6]. Для достижения целей требуется междисциплинарное взаимодействие, включающее следующие направления: материаловедение, для изучения характеристик используемых покрытий и основы подшипников; механику, для моделирования того, как материалы ведут себя под воздействием нагрузок; трибологию, для анализа процессов, связанных с трением, износом и смазкой [7].

Исследования показали, что изменения в температуре оказывают значительное воздействие на молекулярную структуру полимерных покрытий. При повышении температуры наблюдается увеличение подвижности молекул в полимерах, что приводит к эффекту «размягчения» материала. Этот эффект, в свою очередь, сопровождается снижением прочности на разрыв и модуля упругости, что может вызвать нежелательное увеличение коэффициента трения и ускорение износа материала [8, 9].

Давление – еще один важный эксплуатационный фактор, влияющий на работу трибоузлов с полимерными покрытиями. Увеличение давления на контактную поверхность приводит к снижению толщины полимерного слоя, что может вызывать его преждевременный выход из строя. Оптимизация давления позволяет не только увеличить срок эксплуатации покрытия, но и улучшить нагрузочную способность трибоузлов [10].

Покрытие подшипников полиамидными и полиуретановыми материалами способствует значительному снижению коэффициента трения. Это достигается за счет образования стабильной смазочной пленки при гидродинамическом и граничном трении, которая минимизирует прямой контакт между поверхностями, тем самым уменьшая износ и повышая срок службы подшипников [11, 12].

Моделирование процессов в зоне трения представляет собой ключевое направление в исследовании износостойкости и долговечности механических систем. В рамках исследований, проведенных в работах, акцент делается на взаимодействии геометрии поверхности подшипника и эксплуатационных характеристик смазочных материалов [13, 14]. Параметрическая оптимизация является важным инструментом, позволяющим находить оптимальные соотношения между геометрическими параметрами, механическими свойствами и режимами нагружения.

Цель данной работы заключалась в создании модели, позволяющей спрогнозировать поведение смазочного материала в условиях эксплуатации подшипника скольжения с учетом более сложных факторов, таких как сжимаемость и изменение вязкости под воздействием давления.

Материалы и методы исследования

В рамках настоящей работы рассматривается модифицированный радиальный подшипник с целью оценки его износостойкости. Для выполнения задачи предполагается соблюдение нескольких основных допущений: течение жидкости турбулентное, а также жидкость является сжимаемой и обладает микрополярыми свойствами.

Рассматриваются уравнения контуров для различных элементов в полярной системе координат: вала с полимерным покрытием, вала без покрытия (с канавкой) и подшипниковой втулки. Полнос системы координат расположен в центре вала (рисунок):

$$r' = r_0, \quad r' = r_0 - \tilde{h}, \quad r' = r_1(1 + H). \quad (1)$$

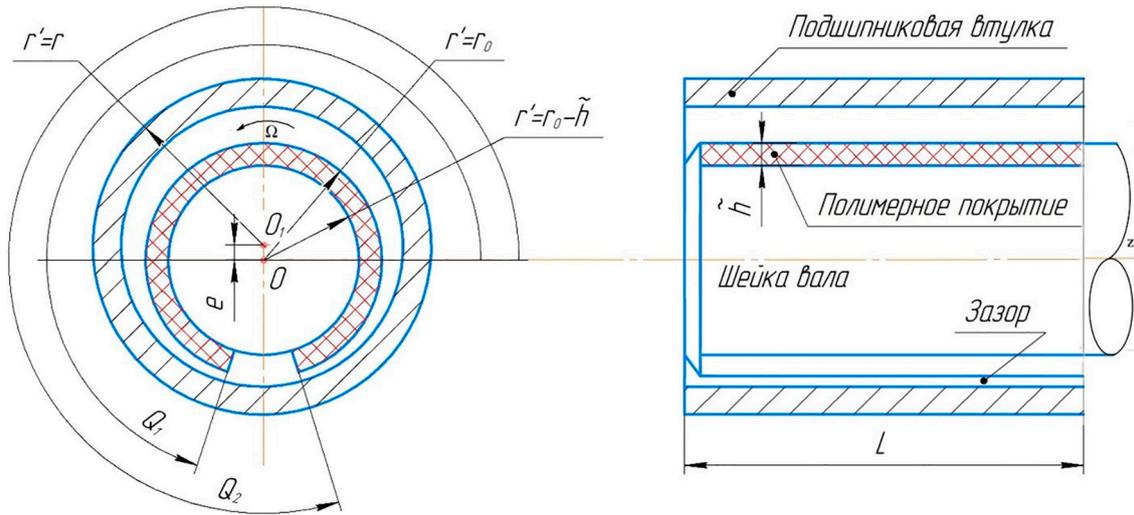


Схема трибоконтакта
Источник: составлено авторами

Для жидкостей зависимость вязкости от температуры может быть описана уравнениями, которые показывают экспоненциальное уменьшение вязкости с повышением температуры:

$$\mu' = \mu_0 e^{\alpha' p' - \beta' T'}, \quad \kappa' = \kappa_0 e^{\alpha' p' - \beta' T'}, \quad \gamma' = \gamma_0 e^{\alpha' p' - \beta' T'}. \quad (2)$$

Для разработки расчетной модели, которая учитывает динамику жидкости, используются три основных уравнения. Эти уравнения формируют основу для понимания и моделирования движения жидкости в различных условиях: уравнение, учитывающее динамику и взаимодействие жидкости внутри рабочего зазора; уравнение в механике жидкостей, которое обеспечивает сохранение массы в системе; уравнение, учитывающее изменения в физическом состоянии жидкости:

$$\begin{aligned} (2\mu' + \kappa') \left(\frac{\partial^2 v_{\theta_i}}{\partial r'^2} + \frac{1}{r'} \frac{\partial v_{\theta_i}}{\partial r'} \right) &= \frac{1}{r'} \frac{dp'_i}{d\theta} - \kappa' \frac{\partial v'_{r'_i}}{\partial r'}, \\ \gamma' \left(\frac{\partial^2 v'_i}{\partial r'^2} + \frac{1}{r'} \frac{\partial v'_i}{\partial r'} \right) &= \kappa' v'_i + \kappa' \frac{\partial v_{\theta_i}}{\partial r'}, \quad \frac{\partial(\rho' v'_{r'_i})}{\partial r'} + \frac{(\rho' v'_{r'_i})}{r'} + \frac{1}{r'} \frac{\partial(\rho' v_{\theta_i})}{\partial \theta} = 0, \\ p' &= \frac{\lambda \Omega^2 r'^2}{2} \rho'. \end{aligned} \quad (3)$$

Поведение скорости жидкости на границах исследуемого объема:

$$v_{\theta} = 0, \quad v_{r'} = 0 \quad \text{при} \quad r' = r_1(1+H);$$

$$v_{r'} = 0, \quad v_{\theta} = \Omega(r_0 - \tilde{h}) \quad \text{при} \quad r' = r_1 - \tilde{h};$$

$$v'_{r'} = 0, \quad v_{\theta} = \Omega r_0 \quad \text{при} \quad r' = r_0;$$

$$p(0) = p(\theta) = p_g; \quad r_0 - \tilde{h} = h^* \quad \text{при} \quad \theta_1 < \theta < \theta_2. \quad (4)$$

Для удобства решения применяем стандартную методику перехода к безразмерным величинам:

$$\begin{aligned}
 r' &= (r_0 - \tilde{h}) + \delta r; & \delta &= r_1 - (r_0 - \tilde{h}); & v_{r'} &= \Omega \delta u, & v_\theta &= \Omega v (r_0 - \tilde{h}); \\
 p' &= p^* p; & p^* &= \frac{(2\mu_0 + \kappa_0) \Omega (r_0 - \tilde{h})^2}{2\delta^2}; \\
 v' &= v, & \mu' &= \mu_0 \mu, & \kappa' &= \kappa_0 \kappa, & \gamma' &= \gamma_0 \gamma, \\
 N^2 &= \frac{\kappa_0}{2\mu_0 + \kappa_0}; & N_1 &= \frac{2\mu_0 l^2}{\delta^2 \kappa_0}; & l^2 &= \frac{\gamma_0}{4\mu_0}. & \rho^* &= \frac{2p_g}{\lambda \Omega^2 r_0^2}, & \rho' &= \rho^* \rho. & (5) \\
 T^* &= \frac{\mu_0 \Omega^2 (r_0 - \tilde{h})^2}{J \lambda}, & \beta &= T^* \beta', & T' &= T^* T.
 \end{aligned}$$

Выполняя подстановку (5) в систему дифференциальных уравнений (3)–(4), получим

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial^2 u_i}{\partial r^2} + N^2 \frac{\partial v_i}{\partial r} &= \frac{1}{\Lambda} \cdot \frac{1}{j e^{\alpha p - \beta T}} \frac{dp_i}{d\theta}, \\
 \frac{\partial^2 v_i}{\partial r^2} - \frac{v_i}{N_1} - \frac{1}{N_1} \cdot \frac{du_i}{dr} &= 0, & \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial \theta} + \frac{\partial(\rho v_i)}{\partial r} &= 0, & p &= \rho, & (6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u &= 0, & v &= 0, & v &= 0 & \text{при } r = 1 + \eta \cos \theta = h(\theta); \\
 u &= 1, & v &= 0, & v &= 1 & \text{при } r = r_0, & 0 \leq \theta \leq \theta_1 & \text{и } \theta_2 \leq \theta \leq 2\pi; \\
 u &= 1, & v &= 0, & v &= 1 & \text{при } r = r_0 - \tilde{h}, & \theta_1 \leq \theta \leq \theta_2;
 \end{aligned}$$

$$p(0) = p(\theta_1) = p(\theta_2) = p(2\pi) = \frac{p_g}{p^*}.$$

$$Q = \text{const}, \quad p_3(\theta_2) = p_2(\theta_2), \quad p_1(\theta_1) = p_2(\theta_1).$$

Для определения влияния ключевых факторов учитывается малость зазора и условия при которых параметр $(1/N_1) \ll 1$:

$$\begin{aligned}
 v_i &= \frac{1}{2h} (r^2 - rh), \\
 \frac{\partial^2 u_i}{\partial r^2} + \frac{N_i^2}{2h} (2r - h) &= \frac{1}{\Lambda} \cdot \frac{1}{j e^{\alpha p - \beta T}} \frac{dp_i}{d\theta}, \\
 \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial \theta} + \frac{\partial(\rho v_i)}{\partial r} &= 0, & p &= \rho. & (7)
 \end{aligned}$$

Для упрощения анализа системы применим известный метод [15]:

$$\begin{aligned} \rho v_i &= \frac{\partial \Psi_i}{\partial r} + V_i(r, \theta), \quad \rho u_i = -\frac{\partial \Psi_i}{\partial \theta} + U_i(r, \theta), \\ \Psi_i(r, \theta) &= \tilde{\Psi}_i(\xi_i), \quad V_i(r, \theta) = p \tilde{v}'_i(\xi_i), \\ U_i(r, \theta) &= -p \tilde{u}_i(\xi_i) \cdot h'(\theta), \\ \xi_i &= \frac{r_i}{h(\theta)} \text{ при } 0 \leq \theta \leq \theta_1 \text{ и } \theta_2 \leq \theta \leq 2\pi, \\ \xi_i &= \frac{r + \tilde{h}}{h(\theta) + \tilde{h}} \text{ при } \theta_1 \leq \theta \leq \theta_2 \\ u'_i(\xi_i) + \frac{h(\theta)}{h'(\theta)} \frac{1}{p} \frac{dp}{d\theta} - \xi_i \tilde{v}'_i(\xi_i) &= 0, \\ \frac{p}{\Lambda} \frac{1}{je^{\alpha p - \beta T}} \frac{dp_i}{d\theta} &= \left[\frac{b_i}{h^2(\theta)} + \frac{a_i}{h^3(\theta)} \right], \quad (i=1,3), \\ \frac{p}{\Lambda} \frac{1}{je^{\alpha p - \beta T}} \frac{dp_2}{d\theta} &= \left[\frac{b_2}{(h(\theta) + \tilde{h})^2} + \frac{a_2}{(h(\theta) + \tilde{h})^3} \right]. \end{aligned} \quad (8)$$

В результате интегрирования были получены аналитические выражения, которые описывают поле скоростей и гидродинамическое давление в системе:

$$\tilde{\Psi}'_1(\xi_1) = a_1 \frac{\xi_1}{2} (\xi_1 - 1), \quad \tilde{u}_1(\xi_1) = b_1 \frac{\xi_1^2}{2} - \frac{N^2}{2} \left(\frac{\xi_1^3}{3} - \frac{\xi_1^2}{2} \right) - \left(\frac{N^2}{12} + \frac{b_1}{2} + 1 \right) \xi_1,$$

$$p_1 = \frac{p_g}{p^*} + 6\Lambda \left(1 + \alpha \frac{p_g}{p^*} - \frac{\alpha^2}{2} \left(\frac{p_g}{p^*} \right)^2 \right) \left((\theta - 2\eta \sin \theta) - \frac{2(1-\eta^2)}{(2+\eta^2)p} (\theta - 3\eta \sin \theta) \right);$$

$$\tilde{\Psi}'_2(\xi_2) = a_2 \frac{\xi_2^2}{2} - a_2 \frac{\xi_2}{2}, \quad \tilde{u}_2(\xi_2) = b_2 \frac{\xi_2^2}{2} - \frac{N^2}{2} \left(\frac{\xi_2^3}{3} - \frac{\xi_2^2}{2} \right) - \left(\frac{N^2}{12} + \frac{b_2}{2} + 1 \right) \xi_2 + 1;$$

$$\begin{aligned} p_2 &= \frac{p_g}{p^*} + \frac{6\Lambda(\theta - \theta_1)}{(1 + \tilde{h})^2} \left(1 + \alpha \frac{p_g}{p^*} - \frac{\alpha^2}{2} \left(\frac{p_g}{p^*} \right)^2 \right) \left[\frac{\theta_1^2}{4\pi^2} + \frac{\tilde{\eta}(\sin \theta - \sin \theta_1)}{\theta - \theta_1} \times \right. \\ &\quad \left. \times \left(1 - \frac{3\theta_1^2}{4\pi^2} \right) + \frac{\tilde{\eta}}{2\pi p} \sin \theta_1 \left(1 - \frac{5\theta_1}{2\pi} \right) \right]; \end{aligned}$$

$$\tilde{\Psi}'_3(\xi_3) = a_3 \frac{\xi_3^2}{2} - a_3 \frac{\xi_3}{2}, \quad \tilde{u}_3(\xi_3) = b_3 \frac{\xi_3^2}{2} - \frac{N^2}{2} \left(\frac{\xi_3^3}{3} - \frac{\xi_3^2}{2} \right) - \left(\frac{N^2}{12} + \frac{b_3}{2} + 1 \right) \xi_3 + 1;$$

$$p_3 = \frac{P_g}{p^*} + 6\Lambda(\theta - \theta_2) \left(1 + \alpha \frac{P_g}{p^*} - \frac{\alpha^2}{2} \left(\frac{P_g}{p^*} \right)^2 \right) \left[\frac{\theta_2^2}{4\pi^2} + \frac{\eta}{\theta - \theta_2} (\sin \theta - \sin \theta_2) \times \right. \\ \left. \times \left(1 - \frac{3\theta_1^2}{4\pi^2} \right) + \frac{\eta}{2\pi p} \sin \theta_2 \left(1 - \frac{5\theta_2}{2\pi} \right) \right] \quad (9)$$

Гидродинамическое давление можно определить из аналитических уравнений

$$\frac{p}{\Lambda} \frac{1}{j\mu_i(\theta)} \frac{dp_i}{d\theta} = \left[\frac{b_i}{h^2(\theta)} + \frac{a_i}{h^3(\theta)} \right], \quad (i=1,3), \\ \frac{p}{\Lambda} \frac{1}{j\mu_2(\theta)} \frac{dp_2}{d\theta} = \left[\frac{b_2}{(h(\theta) + \tilde{h})^2} + \frac{a_2}{(h(\theta) + \tilde{h})^3} \right]. \quad (10)$$

С учетом закономерностей изменения скорости диссипации механической энергии из (7) определяется функция $\mu(\theta)$:

$$\frac{p}{\Lambda} \frac{1}{j\mu_i^2(\theta)} \frac{d\mu_i}{d\theta} = \frac{\alpha b_i}{h^2(\theta)} + \frac{\alpha a_i}{h^3(\theta)} + \\ + \frac{24\mu_0\beta\Omega r_0(h(\theta))}{T^*C_p\delta^2 a_i} \int_0^1 \left(\frac{\tilde{\psi}''(\xi_i)}{h^2(\theta)} + \frac{\tilde{v}'(\xi_i)}{h^3(\theta)} \right)^2 d\xi, \quad (i=1,3); \\ \frac{p}{\Lambda} \frac{1}{j\mu_2^2(\theta)} \frac{d\mu_2}{d\theta} = \frac{\alpha b_2}{(h(\theta) + \tilde{h})^2} + \frac{\alpha a_2}{(h(\theta) + \tilde{h})^3} + \\ + \frac{24\mu_0\beta\Omega r_0(h(\theta) + \tilde{h})}{T^*C_p\delta^2 a_2} \int_0^1 \left(\frac{\tilde{\psi}''(\xi_i)}{(h(\theta) + \tilde{h})^2} + \frac{\tilde{v}'(\xi_i)}{(h(\theta) + \tilde{h})^3} \right)^2 d\xi. \quad (11)$$

Аналитические выражения для давления:

$$p_i = \Lambda\mu_i(\theta) \left(b_i I_2(\theta) + \frac{a_i}{p} I_3(\theta) \right) + \frac{P_g}{p^*}. \quad (12)$$

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 представлены результаты численных проверок на основе предложенной теоретической модели. Были протестированы значения параметра сжимаемости $\Lambda = 0,1-0,5$, напряжения σ в диапазоне 4–20 МПа, чтобы убедиться в точности и применимости модели в широком диапазоне сценариев.

Экспериментальные исследования металлополимерных подшипников, покрытых полимерным композитом на основе фторопласта и оснащенных маслоподдерживаю-

щими канавками, направлены на проверку разработанных теоретических моделей.

Первая часть исследований сосредоточена на проверке теоретических расчетных моделей, учитывающих влияние маслоподдерживающих канавок на основные эксплуатационные характеристики подшипников.

Методика включала моделирование различных условий эксплуатации с учетом варьирующейся скорости, нагрузки и температур. Эти данные позволили судить о валидности моделей и откалибровать их в отношении разнородных сред и эксплуатационных ситуаций.

Таблица 1

Результаты теоретического исследования

№	σ , МПа	Параметр сжимаемости А				
		0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
		Коэффициент трения				
1	4	0,0095	0,0130	0,0091	0,0078	0,0052
2	8	0,0073	0,0074	0,0075	0,0058	0,0044
3	12	0,0050	0,0042	0,0041	0,00207	0,00204
4	16	0,0039	0,0041	0,0040	0,00201	0,00202
5	20	0,00208	0,0040	0,0039	0,00205	0,00201

Таблица 2

Сравнительный анализ результатов исследования

№ п/п	Режим		Коэффициент трения		
	σ , МПа	V , м/с	Теоретический результат		Экспериментальное исследование
			без учета сжимаемости	с учетом сжимаемости	
1	4	0,3	0,0170	0,0161	0,0163
2	8	0,3	0,0130	0,0122	0,0125
3	12	0,3	0,0095	0,0083	0,0085
4	16	0,3	0,0085	0,0078	0,0080
5	20	0,3	0,0077	0,0072	0,0074

Вторая часть сфокусирована на проведении комплексного эксперимента. Подшипники тестировались с различными профилями канавок, наполненных маслом. Эксперименты проводились в условиях, указанных в табл. 2, которая охватывает разнообразные режимы работы, включая изменение скорости вращения, разнообразные уровни нагрузки, различные температуры окружающей среды. Эти эксперименты преследовали цель выявления зависимости эксплуатационных параметров подшипников от условий работы. Собранные данные служат подтверждением способности моделей представлять реальное поведение системы, и предложенные подходы к оптимизации канавок показали увеличение эффективности подшипников в большинстве изученных режимов.

Заключение

Проведенное исследование позволило разработать расчетную модель, повышающую точность установления эксплуатационных характеристик подшипника на этапе проектирования.

Благодаря проведенному теоретическому анализу были достигнуты следующие результаты:

- Уточнение несущей способности на 5–7%. Это достижение позволяет более точно оценивать и прогнозировать поведение подшипников под нагрузкой.

- Уточнение коэффициента трения на 6–8%. Более точные данные о коэффициенте трения позволяют оптимизировать конструкцию и материалы, снижая износ и энергопотребление в процессе эксплуатации.

Практическое значение: итогом проведенного исследования стала возможность устанавливать основные эксплуатационные характеристики подшипника на этапе проектирования.

Условные обозначения

r_0 – радиус вала с полимерным покрытием;
 r_1 – радиус подшипниковой втулки; e – эксцентриситет; ε – относительный эксцентриситет; \tilde{h} – высота канавки; μ' – коэффициент динамической вязкости смазочного материала; κ' , γ' – коэффициенты вязкости микрополярного смазочного материала; μ_0 –

характерная вязкость неньютоновского смазочного материала; α' – экспериментальная постоянная величина; p' – гидродинамическое давление в смазочном слое; κ_0 , γ_0 – характерная вязкость микрополярного смазочного материала; v_{θ_1} , v_{r_1} – компоненты вектора скорости смазочной среды; Λ – параметр сжимаемости; $\eta = 1 / \delta$ – конструктивный параметр; θ_1 , θ_2 – соответственно угловые координаты канавки; $u^*(\theta)$ и $v^*(\theta)$ – известные функции, обусловленные наличием полимерного покрытия на поверхности подшипниковой втулки; Q – расход смазочного материала в единицу времени.

Список литературы

1. Хасьянова Д.У., Мукутадзе М.А. Повышение износостойкости радиального подшипника скольжения, смазываемого микрополярными смазочными материалами и расплавами металлического покрытия // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2022. № 4. С. 46–53. DOI: 10.31857/S0235711922040101.
2. Хасьянова Д.У., Мукутадзе М.А. Исследование на износостойкость радиального подшипника с нестандартным опорным профилем с учетом зависимости вязкости от давления и температуры // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2023. № 3. С. 42–49. DOI: 10.52261/02346206-2023-3-42.
3. Polyakov R., Majorov S., Kudryavcev I., Krupenin N. Predictive analysis of rotor machines fluid-film bearings operability // *Vibroengineering Procedia*: 44, *Vibration and Acoustics in Civil Engineering and Fault Diagnostics*. Dubai, 2020. P. 61–67. DOI: 10.21595/vp.2020.21379.
4. Kornaeva E.P., Kornaev A.V., Kazakov Yu.N., Polyakov R.N. Application of Artificial Neural Networks to Diagnostics of Fluid-Film Bearing Lubrication // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 734. P. 012154. DOI: 10.1088/1757-899X/734/1/012154.
5. Shutin D.V., Polyakov R.N. Active hybrid bearings as mean for improving stability and diagnostics of heavy rotors of power generating machinery // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 862. P. 032098. DOI: 10.1088/1757-899X/862/3/032098. EDN ALEEJ.
6. Поляков Р.Н., Савин Л.А., Внуков А.В. Математическая модель бесконтактного пальчикового уплотнения с активным управлением зазором // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. 2018. № 1 (327). С. 66–71. URL: https://oreluniver.ru/public/file/archive/ZHurnal_1.pdf (дата обращения: 12.01.2025).
7. Сайфуллаева Г.И., Негматов С.С., Абед Н.С., Негматова К.С., Камалова Д.И. Исследование электропроводящих композиционных термореактивных полимерных материалов и покрытий на их основе для триботехнического назначения // *Universum: технические науки*. 2020. № 12 (81). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11102> (дата обращения: 15.10.2024).
8. Икромов Н.А., Расулов Д.Н. Объекты и методики исследования композиционных полимерных материалов // *Современные научные исследования и инновации*. 2020. № 10. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2020/10/93640> (дата обращения: 15.10.2024).
9. Zinoviev V.E., Kharlamov P.V., Zinoviev N.V., Kornienko R.A. Analysis of Factors Affecting the Strength of Fixed Bonds Assembled Using Metal-Polymer Compositions // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 900. P. 012009. DOI: 10.1088/1757-899X/900/1/012009.
10. Харламов П.В. Мониторинг изменений упруго-диссипативных характеристик для решения задач по исследованию трибологических процессов в системе «железнодорожный путь – подвижной состав» // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2021. № 1. С. 122–129. DOI: 10.46973/0201-727X-2021-1-122.
11. Харламов П.В. Применение физико-химического подхода для изучения механизма образования вторичных структур фрикционного переноса на поверхности контртела // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. 2021. № 3. С. 37–45. DOI: 10.46973/0201-727X-2021-3-37.
12. Шаповалов В.В., Щербак П.Н., Богданов В.М., Фейзов Э.Э., Харламов П.В., Фейзова В.А. Повышение эффективности фрикционной системы «колесо – рельс» // *Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта*. 2019. Т. 78, № 3. С. 177–182. DOI: 10.21780/2223-9731-2019-78-3-177-182.
13. Shapovalov V.V., Kolesnikov V.I., Kharlamov P.V., Kornienko R.A., Petrik A.M. Improving the efficiency of the path – rolling stock system based on the implementation of anisotropic frictional bonds // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 900 (1). P. 012011. DOI: 10.1088/1757-899X/900/1/012011.
14. Киришичева В.И., Мукутадзе М.А. Исследование износостойкости радиального подшипника с полимерным покрытием, работающего на микрополярном смазочном материале // *Омский научный вестник*. 2022. № 4 (184). С. 41–45. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-184-41-45.
15. Мукутадзе М.А., Абдулрахман Х.Н., Шведова В.Е., Бадахов Г.А., Зиновьев Н.В. Исследования на износостойкость конструкции радиального подшипника с учетом реологических свойств микрополярного смазочного материала // *Омский научный вестник*. 2023. № 3 (187). С. 5–14. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-5-14.

УДК 681.5

DOI 10.17513/snt.40299

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ

Булатов В.В., Джаошвили Н.Г., Нуйя О.С.,
Рудаков Р.В., Сержантова М.В., Савельев Н.В.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: xyz43210@mail.ru

Цель исследования – повышение гибкости производственного процесса за счет сокращения аварий и повышения скорости совместной работы роботов-манипуляторов. В работе предложено обеспечивать совместную безаварийную работу роботов-манипуляторов на основе расчета координат возможного пересечения траекторий движения их звеньев в процессе совместного выполнения различных технологических операций в одной рабочей зоне на гибком производстве. Отметим, что предложенный подход сокращает время технологического цикла для изготовления одного изделия не за счет остановки роботов-манипуляторов с последующим возобновлением их работы, а за счет своевременной корректировки их траектории. Данная постановка задачи является критически важной, потому что ее реализация обеспечит слаженную работу движущегося оборудования – одновременное выполнение технологических операций роботами-манипуляторами в общей рабочей зоне при непосредственной близости друг от друга с соблюдением безопасности. Актуальность исследования обусловлена непрерывно возрастающей потребностью в автоматизации производственных процессов, в том числе с применением роботов-манипуляторов. Повышение технологической гибкости производства можно обеспечить за счет перехода от индивидуальной работы роботов-манипуляторов к их совместному взаимодействию в общей рабочей зоне для различных технологических задач производственной деятельности. Для решения поставленной задачи – нахождения координат пересечения траекторий перемещения звеньев роботов-манипуляторов и дальнейшего расчета безопасных траекторий перемещений использован метод Денавита – Хартенберга, позволивший решить с помощью программного вычисления задачу совместного безаварийного взаимодействия роботов-манипуляторов в общей рабочей зоне.

Ключевые слова: роботы-манипуляторы, координаты рабочего органа (схват, рабочий орган), программное обеспечение безаварийной работы манипуляторов, метод Денавита – Хартенберга, алгоритм расчета безопасной траектории

DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL OF INTERSECTION OF MOTION TRAJECTORIES OF ROBOT MANIPULATORS

Bulatov V.V., Dzhaoshvili N.G., Nuyya O.S.,
Rudakov R.V., Serzhantova M.V., Savelev N.V.

*Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,
Saint Petersburg, e-mail: xyz43210@mail.ru*

The aim of the research is to increase the flexibility of the production process by reducing accidents and increasing the speed of joint operation of robots-manipulators. The paper proposes to ensure accident-free joint operation of robots-manipulators on the basis of calculating the coordinates of possible intersection of movement trajectories of their links in the process of joint performance of various technological operations in one working area in flexible production. It should be noted that the proposed approach reduces the time of technological cycle for manufacturing one product due to timely correction of their motion trajectory rather than stopping robots-manipulators with subsequent resumption of their work. This problem statement is critical, because its realization will ensure smooth operation of moving equipment – simultaneous execution of technological operations by robot manipulators in a common working area in close proximity to each other with safety. The relevance of the study is due to the ever-increasing need for automation of production processes, including the use of robots-manipulators. Increasing the technological flexibility of production can be achieved by switching from the individual operation of robotic manipulators to their joint interaction in a common work area for various technological tasks of production activities. To solve the problem of finding the coordinates of the intersection of the trajectories of movement of robot manipulators and further calculating safe movement trajectories, the Denavit-Hartenberg method was used, which made it possible to solve, using software computing, the problem of joint trouble-free interaction of robot manipulators in a common work area.

Keywords: robot manipulators, coordinates of the working body (grip, working body), Denavit – Hartenberg method, software for accident-free operation of manipulators, algorithm for calculating the safe trajectory

Введение

Робот-манипулятор достаточно универсален благодаря [1; 2; 3, с. 54] возможности замены рабочего органа в зависимости от поставленной задачи для выполнения различного типа операций и наличием устрой-

ства для программного управления выполнением технологических операций согласно разработанному алгоритму программного кода. Отметим, что в зависимости от задачи он может выполнять функции основного и вспомогательного оборудования в составе

гибкого производства [2; 3, с. 86] с заданной точностью и скоростью.

Роботы-манипуляторы применяются в производстве для автоматизации технологических процессов [4]. Примером его применения, при использовании как основного оборудования, может быть отрасль автомобилестроения, в которой он осуществляет сборку кузова автомобиля, покрасочные работы, установку различных компонентов. Также в автоматизированных линиях сборки различных электронных и механических изделий в качестве вспомогательного оборудования – для обслуживания станков ЧПУ (числовое программное управление) при установке и снятии заготовок, при подаче заготовок в рабочее пространство пресового и кузнечного оборудования.

Применение роботов-манипуляторов позволяет повысить скорость и качество выпускаемой продукции, исключить нахождение человека в опасной для него среде.

Роботы-манипуляторы в большинстве случаев работают на больших скоростях в ограниченной рабочей зоне. Нахождение человека в таких зонах исключается, для этого устанавливаются защитные ограждения или применяются системы защиты, например световые барьеры безопасности. И в том и в другом случае при попадании человека в рабочую зону робота-манипулятора система автоматически остановит его.

Роботы-манипуляторы – это системы с избыточным числом степеней свободы, благодаря чему удается модифицировать качество движений манипулятора. Например, если манипулятор должен вкручивать гайки, то его задача состоит не только в том, чтобы покрыть сетью траекторий заданный кусок поверхности, но и в том, чтобы во время движения оказывать определенное давление при закручивании – и вот эту вторую задачу оказывается удобнее всего решить, управляя избыточной степенью свободы.

Избыточные степени свободы оказываются полезными при работе с неудобно расположенными предметами или при совместной работе двух независимых манипуляторов, когда нужно, например, при автоматизированной сборке автомобиля, не имея визуальной информации, выполнить некоторое действие.

При совместной работе нескольких роботов-манипуляторов возникает необходимость в координации их работы, чтобы предотвратить столкновение сегментов, рабочих органов и изделий, находящихся в рабочих органах роботов-манипуляторов [5; 6, с. 230], между собой, с другим технологическим оборудованием и стационарными конструкциями. Возможные стол-

кновения могут привести не только к выходу из строя частей робота-манипулятора, но и к повреждению технологического оборудования и стационарных конструкций, находящихся в рабочей зоне.

В связи с этим данная работа сосредоточена на исследовании проблемы пересечения траекторий движения роботов-манипуляторов при выполнении совместных операций.

Программное вычисление пересечения траекторий перемещения сегментов роботов-манипуляторов – это процесс определения точки или области, где два или более сегмента роботов-манипуляторов, перемещаясь по заданным траекториям, могут пересечься [7]. Это является важным аспектом планирования движения сегментов роботов-манипуляторов, особенно в задачах координации при выполнении технологических операций совместно или в одной рабочей зоне.

В данной работе рассматриваются n-звенные роботы-манипуляторы, выполняющие технологические операции, связанные, например, с перемещением заготовок, находящихся в хвате, соединение элементов кузова автомобиля между собой группой роботов с последующим скреплением сваркой этих элементов между собой, обслуживание двумя и более роботами станков с ЧПУ. Вся работа по перемещению заготовок, элементов кузова автомобиля и т.п. проводится в совместном пространстве одной рабочей зоны, при этом траектории перемещения сегментов и схватов с заготовками роботов-манипуляторов находятся рядом и могут пересекаться.

Проблема столкновения сегментов роботов-манипуляторов в настоящее время решается разными способами, такими как программные, в которых операторы изначально программируют роботов-манипуляторов и технологическое оборудование, чтобы исключить возможность пересечения траекторий сегментов роботов-манипуляторов, в данном случае перемещения выполняются последовательно, что приводит к увеличению времени перемещения и не исключает возможность применять распределенный метод программирования. Отметим, что при программировании роботов-манипуляторов [8, с. 436; 9] распределенным способом уменьшается время перемещения сегментов роботов-манипуляторов, что приводит к увеличению производительности, но при этом необходимо использовать физические меры защиты от столкновений сегментов, например такие, как датчики, концевые выключатели, которые при столкновении останавливают роботов-манипуляторов, когда корректиру-

ются их траектории. Для увеличения производительности необходимо планировать траекторию движения сегментов роботоманипуляторов в реальном времени, просчитывая возможные пересечения сегментов и корректируя их перемещение. Для этого необходимо программное обеспечение с возможностью планирования траекторий сегментов роботоманипуляторов.

Цель исследования – повышение гибкости производственного процесса за счет сокращения аварий и повышения совместной скорости работы роботоманипуляторов. Для ее достижения сформированы следующие задачи:

- сформировать алгоритм проверки траекторий роботов на безаварийное движение в пространстве;
- ускорить совместную работу роботоманипуляторов;
- написать программный код, обеспечивающий работу алгоритма.

Материалы и методы исследования

В рамках задачи планирования движения робота-манипулятора [10, с. 205; 11] составлена обобщенная структурная схема планирования траектории его движения с учетом препятствий и предотвращения столкновений.

Рассмотрим обобщенную структурную схему управления роботоманипулятором, представленную на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема системы управления робота-манипулятора

Структурная схема в общем виде состоит из двух частей: системы управления и манипулятора.

Система управления включает:

- адаптивное управление промышленным роботом [12] – управление исполнительным устройством промышленного робота с автоматическим изменением управляющей программы в функции от контролируемых параметров состояния внешней среды;
- программное управление промышленным роботом – автоматическое управление исполнительным устройством промышленного робота по заранее введенной управляющей программе.

Манипулятор состоит из:

- исполнительных механизмов, которые управляют звеньями манипулятора.
- датчиков, собирающих информацию о состоянии элементов робота-манипулятора, их положении относительно друг друга и в пространстве, о рабочем пространстве, о расположении в пространстве элементов другого робота-манипулятора. Совокупное использование разнообразных типов датчиков, таких как датчики определения местоположения, касания, скольжения и силы движения, в одной конструкции позволит более точно оценить состояние оборудования и нахождение его элементов в пространстве и относительно друг друга.

Для реализации программы, обеспечивающей расчет координат пересечения траекторий сегментов роботоманипуляторов, при их совместной работе в одной рабочей зоне воспользуемся методом Денавита – Хартенберга [13; 14].

Прямая задача кинематики, как известно [13], состоит в расчете координат системы, связанных с рабочим органом, в зависимости от обобщенных координат манипулятора. Положение и ориентация твердого тела в пространстве описывается шестью координатами, три из которых – декартовы (линейные) и еще три – угловые (описываемые, например, углами Эйлера). Вышеупомянутый метод сокращает число параметров до четырех. Параметры Денавита – Хартенберга удается получить с помощью привязки систем координат к звеньям манипулятора.

Результаты исследования и их обсуждение

В построенном алгоритме, показанном на рис. 2, рассматривается работа двух роботоманипуляторов в общей рабочей зоне.

На первом этапе задаются параметры для звеньев первого и второго робота-манипулятора.

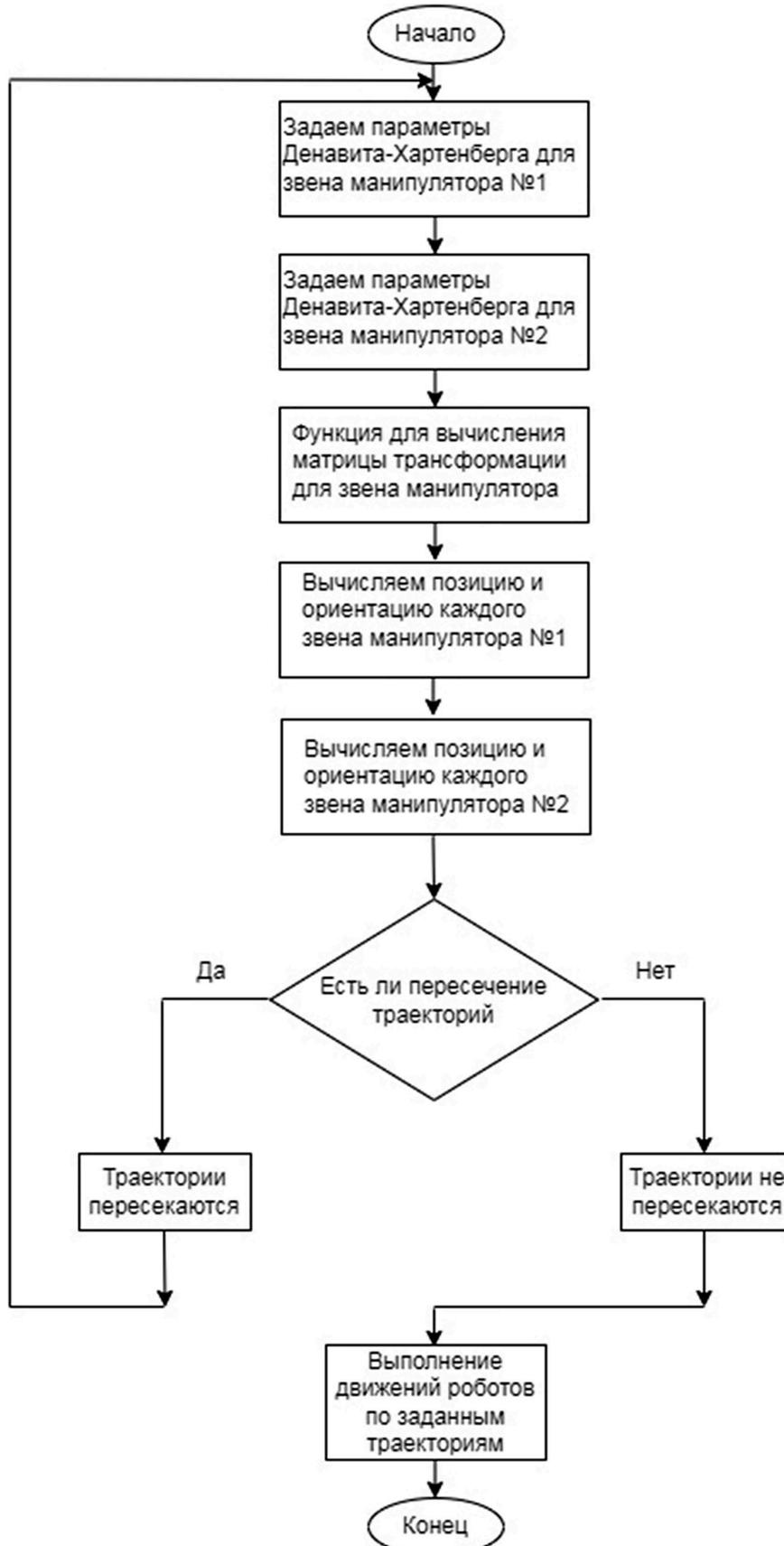


Рис. 2. Алгоритм

```

import numpy as np
import time

def dh_transform(theta, d, a, alpha):
    return np.array([
        [np.cos(theta), -np.sin(theta) * np.cos(alpha), np.sin(theta) *
np.sin(alpha),
        a * np.cos(theta)],
        [np.sin(theta), np.cos(theta) * np.cos(alpha), -np.cos(theta) *
np.sin(alpha),
        a * np.sin(theta)],
        [0, np.sin(alpha), np.cos(alpha), d],
        [0, 0, 0, 1]
    ])

def forward_kinematics(theta_list, dh_params):
    T = np.eye(4)
    for i in range(len(theta_list)):
        T_i = dh_transform(theta_list[i], dh_params[i][0], dh_params[i][1],
dh_params[i][2])
        T = np.dot(T, T_i)
    return T[:3, 3] # Положение конечного эффектора

def check_intersection(pos_a, pos_b, prohibited_area):
    return np.linalg.norm(pos_a - pos_b) < prohibited_area

def avoid_collision(theta_a, theta_b, adjustment=0.1):
    # Простейший алгоритм избегания: изменяем углы для уменьшения вероятности
#пересечения
    theta_a[1] += adjustment
    theta_b[1] -= adjustment

# Параметры ДХ (d, a, alpha) для двух манипуляторов
dh_params_robot_a = [(0.5, 0.5, 0), (0, 0.5, 0), (0, 0.5, 0)]
dh_params_robot_b = [(0.5, 0.5, 0), (0, 0.5, 0), (0, 0.5, 0)]

# Углы суставов
theta_list_a = [0, np.pi / 4, np.pi / 2] # Углы первого робота
theta_list_b = [0, np.pi / 4, np.pi / 2] # Углы второго робота

# Параметры запретной области
prohibited_area = 0.1 # Радиус запретной области

# Главный бесконечный цикл, имитирующий долгую работу роботов
try:
    while True: # Бесконечный цикл
        # Рассчитываем положения конечных эффекторов
        end_effector_a = forward_kinematics(theta_list_a, dh_params_robot_a)
        end_effector_b = forward_kinematics(theta_list_b, dh_params_robot_b)

        # Проверяем пересечение
        if check_intersection(end_effector_a, end_effector_b,
prohibited_area):
            print("Пересечение траекторий! Изменение углов.")
            avoid_collision(theta_list_a, theta_list_b, adjustment=0.1)
        else:
            print("Нет пересечения траекторий.")

        time.sleep(1) # Задержка на 1 секунду между итерациями для имитации
времени выполнения
except KeyboardInterrupt:
    print("Работа завершена пользователем.")

```

Рис. 3. Программный код

На втором этапе по заданным параметрам вычисляются позиции и ориентации звеньев манипуляторов. На третьем этапе происходит проверка пересечения траекторий. В случае отсутствия подтверждения пересечений траекторий движения работа роботов-манипуляторов продолжается. В случае, если есть пересечение траекторий, задаются новые параметры для звеньев и расчет повторяется.

На основе построенного алгоритма был разработан программный код для вычисления координат рабочего органа на Python, показанный на рис. 3, который позволяет определить матрицы преобразования для каждого звена робота и вычислить положение конечного сегмента манипулятора в пространстве для различных значений углов.

Заключение

Для обеспечения эффективной и безопасной работы роботов-манипуляторов на производстве необходимо тщательно планировать их движение и рабочие зоны. Перед внедрением в реальное производство необходимо проводить симуляции взаимодействия роботов-манипуляторов, чтобы убедиться в правильности их настройки. Разработанный код позволит на этапе моделирования исключить коллизии роботов-манипуляторов при совместном взаимодействии. Также необходимо, несмотря на использование точных математических моделей, интегрировать в систему безопасности датчики аварийной остановки.

Список литературы

1. Бойков В.И., Рудаков Р.В., Сержантова М.В. Идентификация n-звенных робототехнических манипуляторов // Международный научно-исследовательский журнал. 2024. № 1(139). URL: <https://research-journal.org/archive/1-139-2024-january/10.23670/IRJ.2024.139.166> (дата обращения: 04.02.2025). DOI: 10.23670/IRJ.2024.139.166.
2. Рудаков Р.В., Бойков В.И., Бушуев А.Б., Быстров С.В., Литвинов Ю.В., Нуйя О.С., Сержантова М.В. Адаптивное

управление роботами для работы в условиях действия высоких температур // Информационно-управляющие системы. 2024 № 4. С. 12–23. DOI: 10.31799/1684-8853-2024-4-12-23.

3. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. М.: СОЛОН-Пресс, 2018. 484 с.

4. Дунаева Е.С. Специфика применения роботов-манипуляторов в производстве // Актуальные вопросы современной экономики. 2021. № 10. С. 50–55. DOI: 10.34755/IROK.2021.42.87.007.

5. Xu P., Zheng J., Zhang J., Zhang K., Cui Y., Tang Q. Distributed position-force control for cooperative transportation with multiple mobile manipulators // Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 2021. Vol. 12690 LNCS. P. 111–118. DOI: 10.1109/TCST.2017.2720673.

6. Козлов В.В., Макарычев В.П., Тимофеев А.В., Юревич Е.И. Динамика управления роботами. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. 336 с.

7. Тачков А.А., Козов А.В., Яковлев Д.С., Бузлов Н.А., Курочкин С.Ю. Принципы построения систем автономного управления движением наземных робототехнических комплексов специального назначения // Робототехника и техническая кибернетика. 2022. № 10 (2). С. 121–132. DOI: 10.31776/RTCJ.10205.

8. Spong M.W., Hutchinson S., Vidyasagar M. Robot modeling and control. John Wiley & Sons, 2020. 608 с.

9. Kantaros Y., Guo M., Zavlanos M. Temporal logic task planning and intermittent connectivity control of mobile robot networks // IEEE Transactions on Automatic Control. 2019. Vol. 64 (10). P. 4105–4120. DOI: 10.1109/TAC.2019.2893161.

10. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин, 4-е изд., перераб., доп. М.: Наука, 1988. 384 с.

11. Bill M., Muller C., Kraus W., Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots, International Federation of Robotics, 2019. С. 13–16. URL: <https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf> (дата обращения: 09.01.2025).

12. Zhang J., Wang S., Wang H., Lai J., Bing Z., Jiang Y., Zheng Y., Zhang Z. An adaptive approach to wholebody balance control of wheel-bipedal robot Ollie. In 2022 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). P. 12835–12842. DOI: 10.1109/IROS47612.2022.9981985.

13. Хомченко В.Г. Метод виртуальных поворотов в решении обратной задачи кинематики платформенного типа // Омский научный вестник. 2015. № 2 (140). С. 41–44.

14. Ту Р. Разработка программного модуля для моделирования кинематики и динамики манипулятора // Прикладная математика & Физика. 2023. № 55 (1). С. 70–83. URL: <https://maths-physics-journal.ru/index.php/journal/article/view/187> (дата обращения: 04.02.25). DOI: 10.52575/2687-0959-2023-55-1-70-83.

УДК 536.3:535.34
DOI 10.17513/snt.40300

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ КАМЕР РАДИАЦИИ ПЕЧЕЙ ПИРОЛИЗА УГЛЕВОДОРОДОВ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ ЯРУСОВ ГОРЕЛОК

Вафин Д.Б., Ваньков Ю.В.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
Казань, e-mail: vafdanil@yandex.ru

Цель работы: моделирование процессов, происходящих в топочных камерах трубчатых печей пиролиза углеводородов, в случае расположения ярусов настенных горелок как на боковых стенах, так и на поду и своде печи. Взаимосвязанные процессы описываются системой дифференциальных уравнений в частных производных, которые включают условия сохранения энергии и количества движения, уравнения модели горения топливного газа в воздухе и уравнения переноса лучистой энергии. Проведены численные исследования с целью прогнозирования температурного состояния элементов печи в случае изменения расположения ярусов большого количества горелок небольшой мощности на футерованных стенах топочной камеры печи в виде прямоугольного параллелепипеда. Применение горелок, расположенных в различных местах топки печи, приводит к образованию сложных полей температуры и скоростей дымовых газов в радиантной камере. Теплота для проведения крекинга углеводородов в трубчатых реакторах в основном поступает за счет переноса энергии излучения продуктов сгорания, микроскопических частиц сажи и футеровок топки. В некоторых действующих установках по 8 ярусов горелки расположены только на двух боковых стенках радиантной камеры топки, что приводит к неравномерному распределению тепловых потоков по высоте трубчатого змеевика. В результате численного интегрирования системы дифференциальных уравнений получены поля скоростей и температуры в объеме топки, а также теплонпряженности реакционных труб. Расчеты показали, что при модернизации действующей печи путем расположения некоторых ярусов горелок на поду и на своде топки сохранением их общего количества удастся добиться более равномерного распределения поверхностных плотностей тепловых потоков вдоль реакционных труб.

Ключевые слова: теплообмен, излучение, горение, турбулентность, моделирование, численный эксперимент, пиролиз этана

MODELING OF THE THERMAL STATE OF THE RADIATION CHAMBERS OF HYDROCARBON PYROLYSIS FURNACES WITH A LARGE NUMBER OF BURNER TIERS

Vafin D.B., Vankov Yu.V.

Kazan State Power Engineering University, Kazan, e-mail: vafdanil@yandex.ru

The purpose of the work is to model the processes occurring in the combustion chambers of tubular hydrocarbon pyrolysis furnaces, in the case of tiers of wall burners located both on the side walls and on the hearth and roof of the furnace. Interrelated processes are described by a system of partial differential equations, which include the conditions of conservation of energy and the amount of motion, the equations of the model of gorenje gas in air and the equations of radiant energy transfer. Numerical studies have been carried out in order to predict the temperature state of the furnace elements in the event of a change in the location of the tiers of a large number of low-power burners on the lined walls of the furnace chamber in the form of a rectangular parallelepiped. The use of burners located in various places of the furnace furnace leads to the formation of complex fields of temperature and flue gas velocities in the radiant chamber. The heat for cracking hydrocarbons in tubular reactors is mainly supplied by energy transfer.

Keywords: heat transfer, radiation, combustion, turbulence, modeling, numerical experiment, ethane pyrolysis

Введение

В нефтехимической промышленности для производства этилена в основном применяются трубчатые печи пиролиза углеводородов. Оптимальный выход этилена зависит от возможности интенсивного подвода теплоты к смеси углеводородов и водяного пара, перемещающихся внутри реакционных труб за как можно короткий период времени. Тепловые потоки к реакционным трубам зависят от распределения температуры и концентрации излучающих компонентов дымовых газов и сажи в объеме топочной камеры печи. Локальные значения темпе-

ратуры и тепловых потоков можно определить использованием дифференциальных методов теплового расчета топок [1]. Применяемые при проектировании нормативные методы расчета основаны на использовании критериальных уравнений и опытных данных, которые не всегда известны. Такие методы позволяют определить только суммарный тепловой баланс печи.

Цель исследования – математическое моделирование топочных процессов в топках трубчатых печей с большим количеством ярусов горелок; изучение влияния расположения настенных горелок малой мощности на боковых стенах радиантной

камеры, на поду и на своде камеры печей пиролиза углеводородов на температурное состояние в топке и на распределение тепловых потоков по высоте трубчатого экрана путем численных решений системы дифференциальных уравнений, которые описывают разнообразные процессы в топочной камере печи.

Материалы и методы исследования

Обзор публикаций, посвященных вопросам получения этилена путем пиролиза углеводородов, приведен в работе [2]. Особенности имеющихся методов теплового расчета топок анализируются в работах [1, 3]. Анализ показывает, что только дифференциальные методы тепловых расчетов топок дают возможность учитывать многообразные взаимосвязанные процессы, протекающие в топках без использования многочисленных опытных данных. В настоящее время такие методы используются для решения разнообразных задач [4-6].

Для термического разложения этана, бутан-пропановых фракций и легких бензинов в настоящее время используются трубчатые печи со свободно висящими вертикальными змеевиками (рис. 1). Целевые продукты процесса пиролиза, которыми являются ненасыщенные углеводороды, только при температурах выше 750°C становятся термодинамически стабильными. Выход целевых продуктов получается максимальным при температурах 780–870°C в зависимости от состава сырья [7]. Интенсификация процесса пиролиза углеводородов осуществляется за счет повышения температуры процесса крекинга и уменьшения продолжительности пребывания сырья в трубчатых реакторах до 0,4 с. В результате температура поверхности металла выходных проходов труб змеевика может достигнуть значений 1100–1150°C, что является пределом жаропрочности большинства легированных

сталей [8]. Поэтому при проектировании новых и модернизации существующих печей желательнее прогнозировать влияние изменений их конструкции на локальные значения температуры и тепловых потоков.

Влияние изменения расположения ярусов горелок небольшой мощности на поле температуры и на распределение тепловых потоков в камерах радиации изучено недостаточно. Поэтому работа актуальна как с научной, так и практической точек зрения.

В действующих печах пиролиза подобного типа, проанализированных в работах [1, 3], настенные горелки типа LPMW-5 расположены только на боковых стенах топки в восьми рядах. В каждом ярусе с одной стороны расположено по 8 горелок мощностью 186 кВт. В данной работе предполагается, что 7 ярусов горелок с правой стороны расположены на боковой стенке камеры, а 1 ряд – на поду. Предполагается, что в левой части 1 ряд таких же горелок установлен на своде, 1 ряд – на поду и 6 ярусов – на боковой стенке. Предполагается, что такое расположение горелок обеспечит более равномерный обогрев змеевиков радиационной секции печи.

В непосредственной близости от амбразур горелок движение продуктов сгорания является трехмерным, однако потоки от множества горелок вблизи трубчатого реактора образуют практически двухмерное течение. Поэтому, пренебрегая небольшими изменениями параметров течения по глубине печи вдоль оси Ox , с достаточной точностью для проектирования тепловые расчеты можно провести в двухмерной постановке. В этом случае изменение значений температуры T смеси дымовых газов вдоль осей Oy и Oz в топке описывается двухмерным дифференциальным уравнением, вытекающим из условий сохранения энергии в элементарном объеме области интегрирования:

$$\zeta c_{см} w \frac{\partial T}{\partial z} + \zeta c_{см} u \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial z} (\kappa_{кф} \frac{\partial T}{\partial z}) + \frac{\partial}{\partial y} (\kappa_{эф} \frac{\partial T}{\partial y}) + (q_{об} - \text{div} \mathbf{q}_p), \quad (1)$$

где ζ – плотность смеси продуктов сгорания в данном месте, кг/м³; $c_{см}$ – удельная теплоемкость смеси, Дж/кг; w и u – составляющие скорости течения вдоль осей Oz и Oy , м/с; $\kappa_{кф}$ – эффективный коэффициент теплопроводности, учитывающий как молекулярную, так и турбулентные составляющие, Вт/(м·К); $q_{об}$ – выделение теплоты в единице объема за счет горения топлива, Дж/м³.

Дивергенция потоков излучения $\text{div} \mathbf{q}_p$ определяется решением уравнения переноса лучистой энергии в каждом спектральном диапазоне:

$$\chi_m \frac{\partial I_m^k}{\partial z} + \iota_m \frac{\partial I_m^k}{\partial y} = k_{n\lambda} \int_{\lambda_{k-1}}^{\lambda_k} I_{bk} d\lambda - (k_{nk} + k_{pk}) I_m^k + \frac{k_{pk}}{4\pi} \sum_{m'=1}^{N_0} \omega_{m'} \Psi_{m'm} I_{m'}^k, \quad (2)$$

где χ_m, ι_m – наборы угловых координат, вводимых в приближении метода дискретных ординат; I_m^k – суммарная интенсивность излучения в пределах k -й спектральной полосы

вдоль направлений $\sum_m \{m = 1, N_o\}$, Вт/м⁴; $I_{bk}(T)$ – суммарная по Планку интенсивность излучения абсолютно черного тела в пределах спектральной полосы, Вт/м⁴; k_{nl} , k_{pk} – осредненные в каждой полосе спектральные коэффициенты поглощения и рассеяния; ω_m – весовые коэффициенты [1].

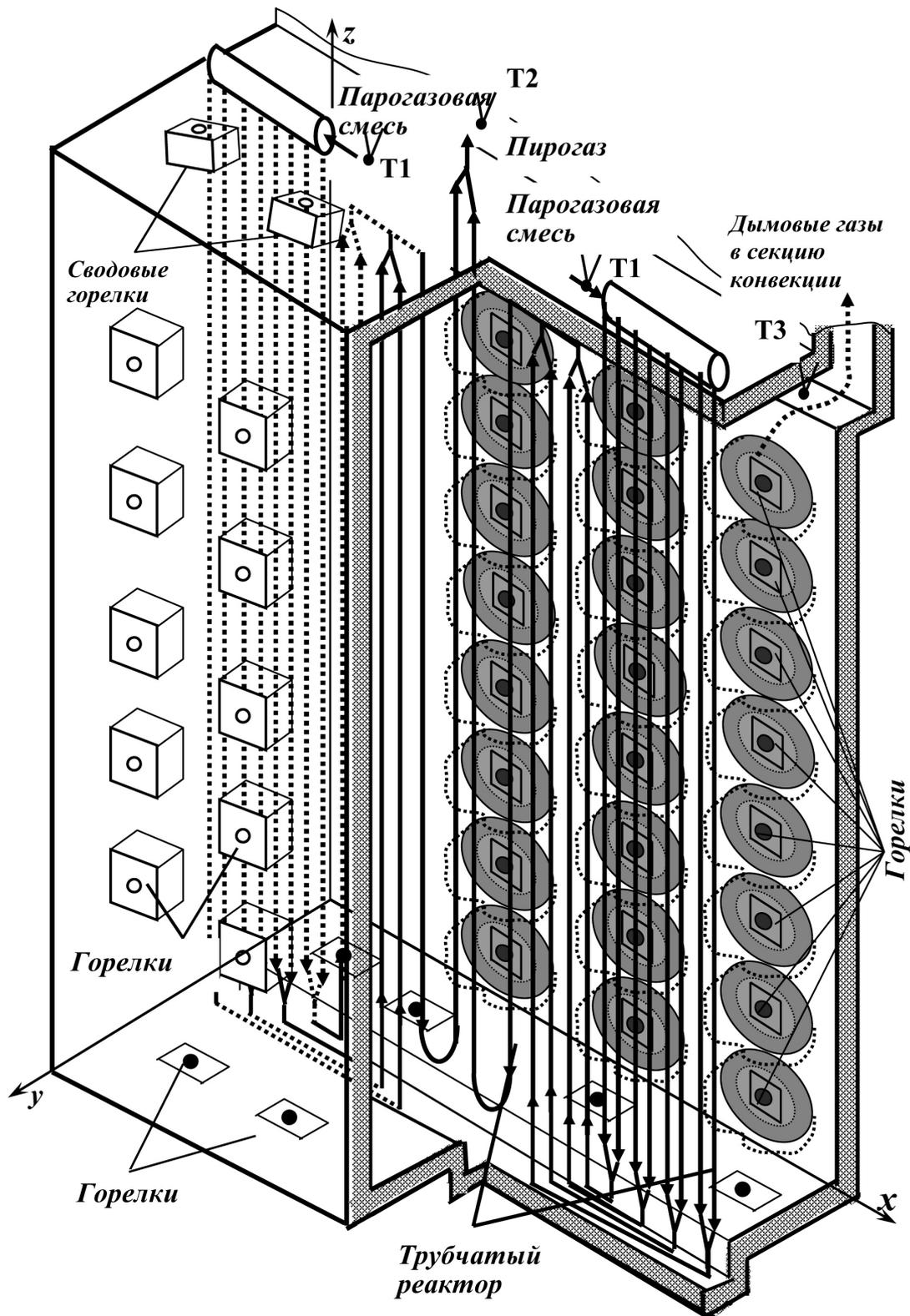


Рис. 1. Эскиз части камеры радиации трубчатой печи пиролиза

Объемная плотность тепловых выделений $q_{об}$ получается в результате решения дифференциальных уравнений диффузии для реагирующих компонентов топливного газа, ниже они представлены в обобщенном виде:

$$\frac{\partial}{\partial z} (\zeta w \phi) + \frac{\partial}{\partial y} (\zeta v \phi) = \frac{\partial}{\partial z} (\Phi_\phi \frac{\partial \phi}{\partial z}) + \frac{\partial}{\partial y} (\Phi_\phi \frac{\partial \phi}{\partial y}) + \Psi_\phi, \quad (3)$$

где $\phi = \{m_{CH_4}, m_{C_2H_6}, m_{H_2}, m_{O_2}, m_{CO}, m_{CO_2}, m_{H_2O}, k, \epsilon, \} - k, \epsilon - m_{CH_4}, m_{CH_4}, m_{C_2H_4}, m_{H_2}, m_{O_2}, m_{CO}, m_{CO_2}, m_{H_2O}$ – массовые концентрации метана, этана, водорода в составе топливного газа, кислорода воздуха на горение, окиси углерода, двуокиси углерода, водяных паров в продуктах сгорания; кинетическая энергия турбулентных пульсаций и скорость ее диссипации, так как уравнение применяемой модели турбулентности в обобщенном виде также записывается в виде (3); $\Phi_\phi = m / \sigma_t$ – коэффициент переноса для соответствующих величин, σ_t – Шмидта число; Ψ_ϕ – источниковый член [1].

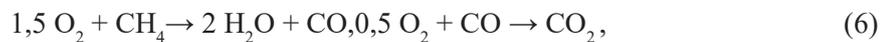
Составляющие вектора скорости w, v в направлениях осей $0z$ и $0y$ вычисляются в ходе интегрирования уравнений сохранения количества движения:

$$\left. \begin{aligned} \zeta w \frac{\partial w}{\partial z} + \zeta v \frac{\partial w}{\partial y} &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} (M_{ef} (2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{2}{3} \text{div } \mathbf{v})) + \frac{\partial}{\partial y} (M_{ef} (\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z})) + \zeta_1, \\ \zeta w \frac{\partial v}{\partial z} + \zeta v \frac{\partial v}{\partial y} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} (M_{ef} (\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z})) + \frac{\partial}{\partial y} (M_{ef} (2 \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{2}{3} \text{div } \mathbf{v})). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Эффективные коэффициенты вязкости M_{ef} и переноса Φ_ϕ определяются в результате интегрирования уравнения k - ϵ модели турбулентности. Для замыкания системы к перечисленным уравнениям добавляются уравнения неразрывности и состояния газовой смеси:

$$\frac{\partial(\zeta w)}{\partial z} + \frac{\partial(\zeta v)}{\partial y} = 0, \quad p = \frac{\zeta}{\mu_{см}} RT. \quad (5)$$

Для вычисления коэффициентов поглощения излучающих компонентов газов в отдельных спектральных диапазонах необходимо знать значения мольных долей водяного пара, двуокиси углерода и окиси углерода в объеме топки. Эти данные находятся применением модели полного сгорания основного компонента природного газа в две стадии:



и уравнения горения водорода и этана:



Уравнение переноса лучистой энергии (2) решается для спектральных полос с учетом полос 1,5; 2,7; 6,3; 10 мкм водяного пара и 2,7; 4,3; 15 мкм двуокиси углерода модели широкой полосы. При этом полосы 2,7 мкм H_2O и CO_2 учли совместно. Уравнение (2) решается также для оставшейся суммарной прозрачной для излучения полосы в пределах от 0,5 до 20 мкм. Суммированием по перечисленным полосам излучения в пределах каждого конечного элемента области интегрирования определены интегральные поверхностные плотности лучистой энергии в данном элементе.

Уравнения (1–4) требуют задания граничных условий. Общая толщина стенок камеры радиации 0,31 м, температура их наружных поверхностей 40°C, эффективный коэффициент теплопроводности 0,35 Вт/(м·К). При двухмерном моделировании ряд горелок каждого яруса заменяется узкой щелью, площадь которой равняется суммарной площади выходного сечения амбразуры горелок дан-

ного ряда. Задаются мольные доли горючих компонент топливного газа, кислорода воздуха на горение, их температура и скорость на выходе из амбразуры грелок, степень черноты стенок камеры. Эффективная степень черноты трубчатого экрана принята равной 0,79. Более подробные вопросы постановки краевых условий, описание методов дискретизации уравнений (1–5) и обсуждение особенностей их численного решения имеются в публикациях [1, 3].

Рассматриваемая печь имеет большое количество входов, что приводит к уменьшению сходимости при численном решении системы дифференциальных уравнений. Устойчивость итерационного процесса решения удалось обеспечить применением метода нижней релаксации.

Результаты исследования и их обсуждение

Уравнения (1–5), описывающие процессы в камере радиации, решаются с по-

мощью разработанного пакета прикладных программ. В целях возможности модернизации печи пиролиза этана проведены тепловые расчеты для определения характера поля температуры в радиантной камере действующей и предлагаемой печи.

Поле температуры в радиационной секции печи с расположением рядов горелок на стенках, а также на полу и на своде левой половины топочной камеры показано на рисунке 2а, на рисунке 2б – в правой половине камеры действующей печи.

Как видно из рисунка 2, наличие большого количества горелок малой мощности, расположенных в разных местах радиантной камеры, приводит к образованию сложных полей температуры, которые являются далеко не однородными, даже при большом их количестве.

На рисунке 3 приведены графики изменения поверхностной плотности тепловых потоков по высоте трубчатого реактора в камере радиации для трех вариантов расчетов.

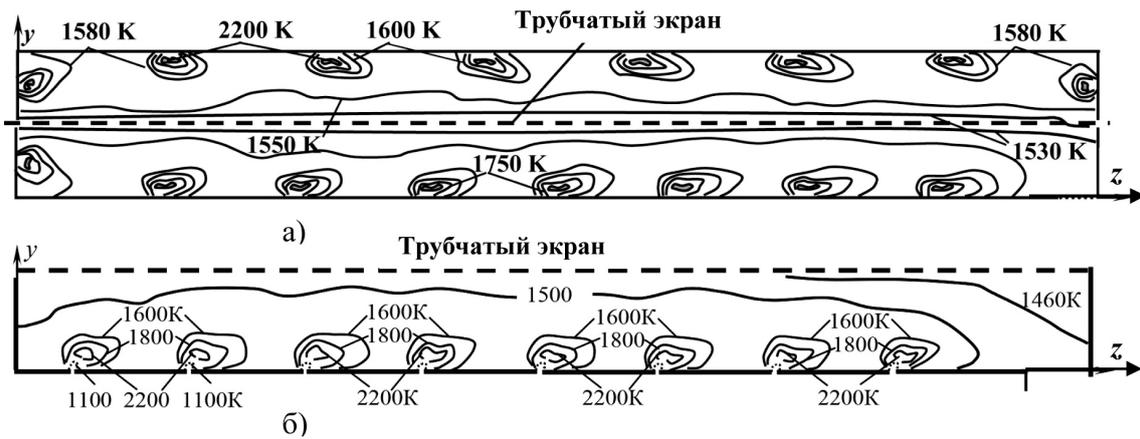


Рис. 2. Вид изотерм в камерах радиации предлагаемой и существующей печи

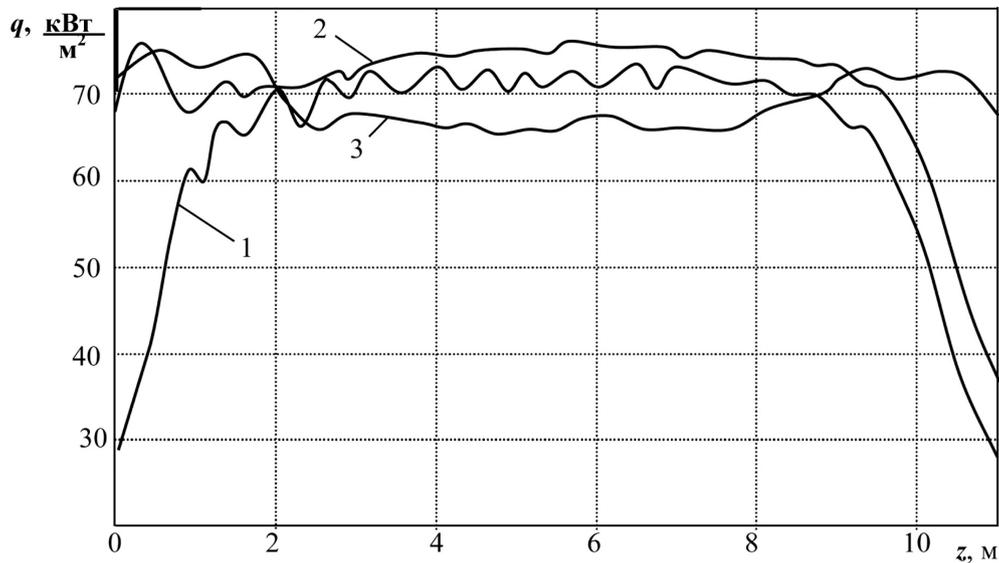


Рис. 3. Графики изменения плотностей тепловых потоков по высоте трубчатого экрана: 1 – в действующей печи; 2 – один ряд горелок на полу камеры; 3 – в левой части секции еще один ряд горелок размещен на своде камеры

Тепловой баланс печи

$Q_{\text{воз}}, \text{ МВт}$	$Q_{\text{топ}}, \text{ МВт}$	$Q^{\text{н}}, \text{ МВт}$	$Q_{\text{пир}}, \text{ МВт}$	$Q_{\text{ст}}, \text{ МВт}$	$Q_{\text{кон}}, \text{ МВт}$	$Q_{\text{ух}}, \text{ МВт}$
0,043	0,13	44,1	21,8	0,47	18,503	3,5

Линия 1 на рисунке 3 означает изменение поверхностных плотностей тепловых потоков по высоте реакционных труб в условиях радиационной секции действующей установки, когда ярусы горелок в количестве по 8 шт. расположены только на боковых стенах. В таком варианте значения тепловых потоков вблизи пода и свода камеры значительно меньше, чем в середине камеры. Это можно объяснить более низким уровнем температур поверхностей пода и свода топочной камеры, а также соответствующих участков боковых стен, что приводит к снижению уровня лучистых потоков от раскаленных поверхностей, особенно в окнах прозрачности дымовых газов для теплового излучения. Для сравнения были проведены расчеты в предположении размещения по одному ряду горелок в каждой половине на поду камеры (линия 2) и для случая, когда по одному ряду горелок были бы на поду камеры радиации, а в левой части еще один ряд горелок размещен на своде (линия 3). Во всех трех вариантах общее количество горелок и их ярусов считалось одинаковым. Для получения температуры дымовых газов на переходе из радиационной секции в конвекционную примерно такого же уровня, как и в действующей печи, расход топливного газа на подовые и сводовые горелки задали примерно на 14% меньше, чем на ярусы горелок, размещенных на боковых стенах камеры. Как видно из рисунка 3, распределение тепловых потоков по высоте реакционных труб получается более равномерным для варианта 3.

Тепловой баланс печи представлен в таблице, где $Q_{\text{воз}}$ – теплота, вводимая воздухом на горение; $Q_{\text{топ}}$ – мощность ввода теплоты в камеру радиации топливом; $Q^{\text{н}}$ – мощность тепловыделений за счет сгорания топливного газа; $Q^{\text{н}}$ – расход теплоты на нагрев и проведение эндотермических реакций в трубчатых реакторах; $Q_{\text{ст}}$ – мощность потери теплоты в окружающую среду через стенки радиантной камеры; $Q_{\text{кон}}$ – теплота, переходящая в конвекционную часть; $Q_{\text{ух}}$ – потеря теплоты с уходящими из печи газами. Полученные данные соответствуют опытным данным действующей печи, что подтверждает достоверность данных и для предлагаемой для модернизации печи (таблица).

Выводы

Проведенные расчеты показывают, что получаются результаты, хорошо совпадающие с имеющимися опытными данными для действующей печи. В частности, расчетные значения температуры продуктов сгорания на переходе в конвекционную секцию совпадают со значениями, измеренными штатными термопарами ТЗ (рис. 1).

Температура продуктов сгорания сильно изменяется только в непосредственной близости от горелок. Расчеты также показывают, что для увеличения тепловых потоков к трубчатому экрану в нижней и в верхних частях камеры радиации по одному ряду горелок желательно расположить на поде и своде камеры радиации.

Применение большого количества горелок малой мощности уменьшает области с высоким уровнем температур, что приводит к уменьшению образования окислов азота.

Список литературы

1. Вафин Д.Б. Тепловые и аэродинамические параметры камеры радиации печи пиролиза углеводородов // Известия вузов: Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 3, С. 198-210. DOI: 10.30724/1998-9903-2022-24-3-198-210.
2. Fairuzov D., Gerzeliev I., Maximov A., Naranov E. Catalytic Dehydrogenation of Ethane: A Mini Review of Recent // Catalysts. 2021. Т. 11, № 833. DOI: 10.3390/catal11070833.
3. Вафин Д.Б., Ваньков Ю.В. Тепловой расчет камеры радиации пиролиза углеводородов с несимметричным расположением расположения настенных горелок // Известия высших учебных заведений: Проблемы энергетики. 2023. Т. 25, № 5. С. 126-140. DOI: 10.30724/1998-9903-2023-25-5-126-140.
4. Xiangcum Qi, Mo Yang, Yuwen Zhang. Numerical analysis of NOx production under the air staged combustion // Frontiers in Heat and Mass Transfer (FHMT). 2017. Т. 8, № 3. DOI: 10.5098/hmt.8.3.
5. Oyewola O.M., Ismail O.S., Bosomo J.O. Numerical simulations of the turbulence in the thermal-radiation flow field // Frontiers in Heat and Mass Transfer (FHMT). 2022. V. 8. DOI: 10.5098/hmt.17.8.
6. Sebastian E., Georg L., Kai S., Gabor J., Dominique T. Optimal tube bundle arrangements in side-fired methane steam reforming furnaces // Frontiers in Energy Research. 2020. V. 8. № 583346.
7. Долганов И.М., Бунаев А.А. Математическое моделирование пиролиза пропан-бутановой фракции с учетом накопления кокса // Neftegaz.RU. 2020. № 3. С. 17-20. URL: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/pererabotka/536605-matematicheskoe-modelirovanie-piroliza-propan-butanovoy-fraktsii-s-uchetom-nakopleniya-koksa/?ysclid=m711bd5f6i129243962> (дата обращения: 15.11.2024).
8. Afanasiev S.V., Ismaylov O.Z., Pyrkin A.V., Kravtsova M.V., Pisklova O.P. Structural heterogeneity of reaction pipes from austenitic hightemperature alloys // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. V. 537. № 022049. DOI: 10.1088/1757-899X/537/2/022049.

УДК 004:65.012.1:65.015
DOI 10.17513/snt.40301

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРИОРИТЕТНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

¹Гоосен Е.В., ²Каган Е.С., ¹Королев М.К., ¹Никитенко С.М.

*ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения
Российской академии наук», Кемерово, e-mail: egoosen@yandex.ru, nsm-nis@mail.ru;*

²ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, e-mail: kaganes@mail.ru

Цель работы – разработка и апробация методики комплексной оценки приоритетности технологий на примере угольной отрасли. Выявление и оценка потенциала перспективных технологий – важное условие экономического роста и национальной энергетической безопасности страны. Для оценки потенциала был разработан алгоритм вычисления интегрального показателя применимости технологий, который на основе многомерного набора факторов и критериев позволил оценить приоритетность технологий для формирования высокотехнологичных цепочек создания стоимости в угольной и смежных отраслях, способных обеспечить устойчивый рост и технологический суверенитет в условиях нечеткой входной информации (субъективных оценок экспертов). При разработке и апробации интегрального показателя использовались методы патентного анализа и нечетко-логический алгоритм поддержки принятия решений Fuzzy Analytic Hierarchy Process. Исследование проведено на примере отечественной угольной отрасли, в которой проблемы формирования технологического суверенитета стоят наиболее остро. Источниками информации послужили патентная информация, размещенная в патентно-аналитической системе Orbit Intelligence Premium edition, результаты экспертного опроса. Предлагаемая методика включает в себя пять этапов: 1) формирование патентной коллекции; 2) отбор и оценка наиболее технологически значимых патентных семейств; 3) опрос экспертов; 4) построение иерархической модели, 5) расчет интегрального показателя применимости технологий. Методика может быть использована для выявления и оценки приоритетности технологий и для других отраслей.

Ключевые слова: технологический суверенитет, патентная аналитика, нечетко-логический алгоритм поддержки принятия решений, патентная коллекция, интегральный показатель применимости технологий

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25–28–01232, <https://rscf.ru/project/25-28-01232/>.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE PRIORITY OF TECHNOLOGIES IN THE COAL INDUSTRY

¹Goosen E.V., ²Kagan E.C., ¹Korolev M.K., ¹Nikitenko S.M.

*¹The Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, e-mail: egoosen@yandex.ru, nsm-nis@mail.ru;*

²Kemerovo State University, Kemerovo e-mail: kaganes@mail.ru

The purpose of the work is to develop a methodology for a comprehensive assessment of priority from the standpoint of the ability to ensure the achievement of technological sovereignty via the example of the coal industry. Identification and assessment of the potential of advanced technologies is a critical condition for economic growth and national energy security. For this purpose, an algorithm was developed for calculating the integral indicator of technology applicability, which, based on a multidimensional set of factors and criteria, made it possible to assess the priority of technologies for the formation of high-tech value chains in the coal industry and related industries capable of ensuring sustainable growth and technological sovereignty of the industry, in the context of fuzzy input information (subjective expert assessments). When developing and testing integral indicator, patent analysis methods and the fuzzy-logical algorithm for decision support Fuzzy Analytic Hierarchy Process were used. The study was conducted on the example of the domestic coal industry, since the problems of forming technological sovereignty in it are most acute. The sources of information for writing the work were patent information posted in the patent-analytical system Orbit Intelligence Premium edition, the results of an expert survey. The proposed methodology includes five stages: (1) formation of a patent collection; (2) selection and evaluation of the most technologically significant patents; (3) survey of experts; (4) construction of a hierarchical model, (5) calculation of the integral indicator of technology applicability. Methodology can be used to identify and evaluate the priority of technologies and their ability to ensure the achievement of technological sovereignty not only in the coal industry, but also for a wide range of industries.

Keywords: technological sovereignty, patent analytics, patent collection, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, integral indicator of technology applicability

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 25–28–01232, <https://rscf.ru/project/25-28-01232/>.

Введение

Проблема технологической независимости и технологического суверенитета стоит на повестке еще с начала 2000 годов. Она стала особенно актуальной в период введения санкций со стороны недружественных западных стран, которые длительное время были основными поставщиками машин и оборудования для нашей страны. С целью достижения технологического суверенитета и обеспечения технологического лидерства страны реализуется концепция технологического развития на период до 2030 года, где определены цели технологического развития и некоторые передовые и критические технологии, которые предстоит развивать в первую очередь. Однако до сих пор отсутствует методика поиска и оценки их приоритетности. Поэтому научный поиск к решению этих проблем делает исследования в этой области крайне актуальными. Особенно сложно найти и оценить приоритетность внедрения технологий в таких секторах экономики, как угольная отрасль, где, по разным оценкам, доля импортного оборудования доходит до 80% [1; 2], а по некоторым позициям составляет 100%.

Для выявления приоритетных технологий, оценки перспектив и потенциальных тенденций развития все чаще используются методы патентной аналитики [3; 4]. Патентные документы предоставляют информацию для анализа инновационной активности как на уровне отдельных компаний – микроуровень, так и на уровне стран и отраслей – макро- и мезоуровень [5; 6]. Однако патентной аналитики недостаточно для комплексной оценки перспектив коммерциализации технологий на ранних стадиях внедрения. В комплексной оценке потенциала коммерциализации технологий на уровне компаний патентная аналитика дополняется SWOT-анализом, технологическим маркетингом, GAP-анализом – методом преодоления разрывов между текущим положением и целевыми результатами компании, методикой технологического аудита бизнес-процессов Linking Innovation, Finance & Technology (LIFT) и методикой технологического аудита бизнес-процессов Technology And Market Evaluation (TAME) [7]. Менее разработаны методики оценки приоритетности технологий с позиций отраслевой эффективности [8; 9], в них чаще всего обращаются к опросам экспертов. Для объективизации оценок используют методы нечеткой логики [10].

Целью данной работы является разработка и апробация методики комплексной оценки отраслевой приоритетности угольных технологий на основе патентной ана-

литики, экспертных оценок и методов нечеткой логики.

Материал и методы исследования

Для достижения поставленной цели использовались методы патентного анализа и нечетко-логический алгоритм поддержки принятия решений Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) [11-13]. Источниками информации для написания работы послужили патентная информация, размещенная в патентно-аналитической системе Orbit Intelligence Premium edition (ПАС ОI) по всем доступным патентным ведомствам, результаты опроса 10 экспертов – специалистов в сфере технологий переработки угля.

Результаты исследования и их обсуждение

В обновленном варианте стратегии научно-технологического развития Российской Федерации технологический суверенитет определен как «способность государства создавать и применять наукоемкие технологии, критически важные для обеспечения независимости и конкурентоспособности, и иметь возможность на их основе организовать производство товаров в стратегически значимых сферах деятельности общества и государства». Для выявления таких технологий методика использует алгоритмы постепенного сужения патентной коллекции (совокупности патентных семейств), полученной на основе патентного поиска, и включает в себя следующие этапы: I этап – патентный поиск с формированием исходной патентной коллекции; II этап – отбор и оценка наиболее технологически значимых патентных семейств; III этап – опрос экспертов; IV этап – построение иерархической модели, V этап – расчет интегрального показателя применимости технологий (INT).

На первом этапе проводится процедура стандартного предметного патентного поиска на основе индексов международной патентной классификации (МПК), а если индексы МПК не известны, то по ключевым словам. Результатом является исходная патентная коллекция. Серьезным ограничением для привлечения экспертов для оценки отраслевой эффективности технологий является значительный объем данных. Поэтому одной из задач первого и второго этапов является сокращение патентной коллекции без потери ее репрезентативности. Для этого уже на первом этапе может быть проведено частичное сокращение коллекции за счет сужения предметной области, например за счет включения стоп-слов. Более подробно этот этап описан в предыдущих исследованиях авторов [14; 15].

Таблица 1

Критерии отбора данных ПАС ОI для формирования сокращенной патентной коллекции

Показатель	Описание	Диапазон измерения
Сила патента	Комплексный показатель, рассчитываемый на основе возраста патентного семейства, географического охвата правовой охраны на него, числа цитирований другими патентными документами, количества пунктов формулы, случаев правовых событий	От 0 до ∞
Возраст патентного семейства	Продолжительность правовой охраны	Количество лет, прошедших с даты первого приоритета. Чем больше возраст, тем более значимо патентное семейство
Значимость технологии	Наличие у патентного семейства правовых событий, свидетельствующих о значимости раскрываемых в них технологий: лицензирование или отчуждение прав собственности на ОИС, судебные разбирательства	Бинарная оценка: 1 – наличие событий (востребованность патентного семейства, необходимость правовой защиты) 0 – отсутствие событий
Значимость правообладателя	Способность правообладателя влиять на приоритеты научно-технологического развития	1 – ключевой игрок 0 – незначимый игрок

Источник: составлено авторами на основе данных ПАС ОI.

На втором этапе происходит отбор и оценка наиболее технологически значимых патентных семейств. Для этого используются показатели и критерии оценки патентных семейств, применяемые в патентно-аналитических системах. В данной работе использованы показатели и критерии оценки ПАС ОI: сила патента, возраст патентного семейства (совокупности патентных документов, относящихся к одному конкретному технологическому решению), значимость технологии, значимость правообладателя. Более подробное описание этих критериев приведено в таблице 1.

Сильными сторонами методики оценки приоритетности технологий, предлагаемой ПАС ОI, являются: комплексность, легкость интерпретации, автоматический расчет, учет готовности ключевых участников внедрять технологии. Однако такой подход не годится для оценки технологий, находящихся на первых стадиях развития. Он исключает из выборки «молодые патенты» и зарождающиеся технологические направления. При этом важно учитывать, что оценка «1» в двух последних показателях может свидетельствовать о качестве патентной защиты технологии, а не о ее потенциальной эффективности. Поэтому на втором этапе после автоматической оценки патентных семейств с целью ограничения доли «старых» технологий проводится корректировка коллекции и вводятся дополнительные ограничения: устанавливаются предельная сила патента и нижняя граница показателя силы патента,

предельный возраст патентного семейства. Одновременно в коллекцию производится добор за счет патентных семейств, значимых по показателям 3 и 4 вне зависимости от их силы и возраста. Для сохранения репрезентативности выборки при внесении и исключении патентных семейств контролируется структура долей основных групп патентных семейств. Если число патентных семейств остается слишком большим, то для проведения экспертного опроса выполняется дополнительный этап сокращения выборки пропорционально долям основных групп семейств.

На третьем этапе на основе опроса экспертов осуществляется отбор критериев, предположительно способствующих или препятствующих внедрению технологии в отрасли, и производится их оценка для каждого патентного семейства сокращенной коллекции. Для этого экспертам предлагается ответить на следующие вопросы: 1) назвать факторы, которые способствуют/препятствуют внедрению технологий в отрасли; 2) оценить степень влияния факторов на потенциал и эффективность внедрения технологий.

Для оценки значений критерия используется шкала в диапазоне от 0 до 10, где крайние значения диапазона соответствуют: 0 – отсутствию перспектив, 10 – наиболее высокой перспективе. Так как полученные экспертные оценки носят качественный характер, то при дальнейшем их использовании применяется нечеткий подход.

Каждый критерий представляется в виде лингвистических переменных (ЛП) с терм-множеством, состоящим из трех термов, которые характеризуют уровень компоненты: $T = \{T1 - \text{низкий}, T2 - \text{средний}, T3 - \text{высокий}\}$. В качестве функций принадлежности (ФП) термов использовались ФП треугольного и трапециевидного вида, основными точками которых являются: $k1, k4$ – соответственно левый и правый ноль; $k2, k3$ – интервал толерантности, в котором ФП принимает единичное значение. Достоинства применения таких ФП рассматриваются в [16]. Задание основных точек для ФП термов определяется экспертами. Далее проводится процедура фаззификации – перевод оценок экспертов (четких значений) в значения термов ЛП.

На четвертом этапе факторы объединяются в близкие группы и на их основе строится двухуровневая иерархическая модель, фокусом иерархии которой является интегральный показатель приоритетности технологий INT (АНР). Оценка интегрального показателя представляет собой взвешенную аддитивную оценку компонент нижнего уровня иерархической модели [12].

Пятый этап. Так как для оценки компонент модели используется нечеткий подход (ФАНР), то интегральный показатель INT также представляет собой ЛП. Получение четкой оценки привлекательности технологии осуществляется путем применения процедуры дефаззификации центроидным способом [12].

Для j -й составляющей первого уровня модели (K_j) ее комплексная оценка осуществлялась по формуле:

$$K_j = \sum_{i=1}^2 w_{ij} \cdot (T_{i1}^j \cdot 1,72 + T_{i2}^j \cdot 5 + T_{i3}^j \cdot 8,28), \quad (1)$$

где w_{ij} – весовой коэффициент i -й компоненты ($i = 1, 2$) j -й группы критериев ($j = 1, 3$);

$T_{i1}^j, T_{i2}^j, T_{i3}^j$ – значения ФП термов i -го критерия j -й группы.

Расчет интегрального показателя осуществляется по формуле:

$$INI = 0,5 \cdot K_1 + 0,3 \cdot K_2 + 0,2 \cdot K_3 \quad (2)$$

С целью апробации предложенной методики оценки была проведена оценка приоритетности технологий приготовления угольных и пылеугольных смесей. В результате патентного поиска в системе ПАС ОI была сформирована исходная патентная коллекция на тему «Технологии приготовления угольных и пылеугольных смесей», в которую первоначально вошло 906 па-

тентных семейств, включающих в себя способы, технологии и рецепты приготовления угольных и пылеугольных смесей, а также технологии их применения, включающие в себя специфику их приготовления. Из патентной коллекции были исключены устройства для приготовления угольных и пылеугольных смесей, поскольку они не соответствуют предметной области исследования. Глубина патентного поиска составила 20 лет (по датам первого приоритета с 2004 по 2023 г.).

Сбор и учет патентной информации осуществлялся по патентным семействам – совокупностям патентных документов, относящихся к одному конкретному технологическому решению.

Далее была сформирована сокращенная коллекция на основании критериев, представленных в таблице 1. На основе данных ПАС ОI и опроса экспертов были отобраны патентные семейства с показателем силы патента, рассчитываемым патентно-аналитической системой Orbit Intelligence $\in [0; 5,88]$. Коллекция была дополнена патентными семействами, имеющими технологическую значимость и находящимися в собственности наиболее значимых для исследуемой технологической области правообладателей – организаций, способных оказывать существенное влияние на рынок (в рамках исследуемой технологической области) за счет больших производственных мощностей, известного бренда или прав интеллектуальной собственности на технологии, критические для данного сектора экономики.

В таблице 2 представлены различные сценарии формирования сокращенной патентной коллекции, основанные на отборе наиболее молодых технологий (1, 2 или 3 года с даты первого приоритета) и наиболее «сильных» (входящих в топ 10%, топ 15% или топ 20% по показателю силы патента). Даже в случае выбора наиболее широкого сценария формирования сокращенной патентной коллекции (где включаются патентные семейства возрастом не старше 3 лет, а также патентные семейства, входящие в топ 20% по показателю силы патента) патентная коллекция, передаваемая на экспертную оценку технологий, по существу, сокращается более чем вдвое.

С целью сокращения выборки на третьем этапе были случайным образом отобраны по 5 патентных семейств, относящихся к группам топ 10%, топ 15% и топ 20% по показателю силы патента, а также 15 патентных семейств, не вошедших ни в один из вариантов сокращенной патентной коллекции. Таким образом, объем итоговой выборки составил 30 объектов.

Таблица 2

Структура сокращенной патентной коллекции

Показатели		Возраст патентного семейства (не старше)		
		1 год (от 2023 г.)	2 года (от 2022 г.)	3 года (от 2021 г.)
Сила патента	топ 10% (от 2,32)	164 / 18,1%	245 / 27,0%	312 / 34,4%
	топ 15% (от 2,16)	207 / 22,8%	286 / 31,2%	351 / 38,7%
	топ 20% (от 1,97)	247 / 27,3%	324 / 35,8%	389 / 42,9%

Источник: расчеты авторов на основе данных ПАС ОI.

Таблица 3

Критерии и правила экспертной оценки перспектив внедрения перспективных технологий

Группа критериев	Критерий	Диапазон изменения экспертной оценки с качественной интерпретацией
Спрос (D)	Уровень рыночного спроса (D_1)	0 – отсутствие перспективы, 10 – наиболее высокая перспектива
	Адаптивность – способность приспособиться к изменениям спроса (D_2)	0 – отсутствие перспективы, 10 – наиболее высокая перспектива
Сырье (R)	Сырьевая база (входящие ресурсы); требования к входному сырью (R_1)	0 – отсутствие перспективы, 10 – наиболее высокая перспектива
	Чувствительность к качеству и возможным изменениям сырья (R_2)	0 – наиболее высокая перспектива, 10 – отсутствие перспективы
Материальная база (MB)	Стоимость материальной базы производства (капитальные затраты и логистика) (MB_1)	0 – наиболее высокая перспектива, 10 – отсутствие перспективы
	Наличие и доступность производителей материальной базы (MB_2)	0 – отсутствие перспективы, 10 – наиболее высокая перспектива

Источник: расчеты авторов на основе данных ПАС ОI.

На следующем этапе был проведен опрос 10 экспертов с целью формирования группы критериев, на основании которых предполагалось проводить комплексную оценку перспектив внедрения технологий в угольную отрасль (INT). Отобранные на этом этапе критерии были объединены в 3 группы.

1. Группа критериев «спрос (D)» отвечала на вопрос о наличии спроса на продукт, получаемый в результате внедрения технологии (D_1) и способности данной технологии гибко адаптироваться к колебанию спроса (D_2).

2. Группа критериев «сырье (R)» давала оценку технологии с точки зрения ее требовательности к входящему в переработку сырью. Она оценивала степень соответствия между качественными характеристиками угля и технологией, с помощью которой эти угли предполагалось перерабатывать. Оценивались сырьевая база (R_1) – качество входящих ресурсов и требования к ним, а также чувствительность технологии к колебанию качества (R_2).

3. Группа критериев «материальная база» (MB) оценивала потенциальную стоимостную доступность технологий. Оценивались стоимость организации производства логистики с использованием изучаемой технологии (MB_1) и степень готовности минимальной материальной базы, необходимой для ее внедрения (MB_2). Разбиение критериев на группы и шкала их оценки представлены в таблице 3.

Для комплексной оценки перспектив внедрения технологий в угольную отрасль на основе отобранной группы критериев была построена двухуровневая иерархическая модель (рисунок).

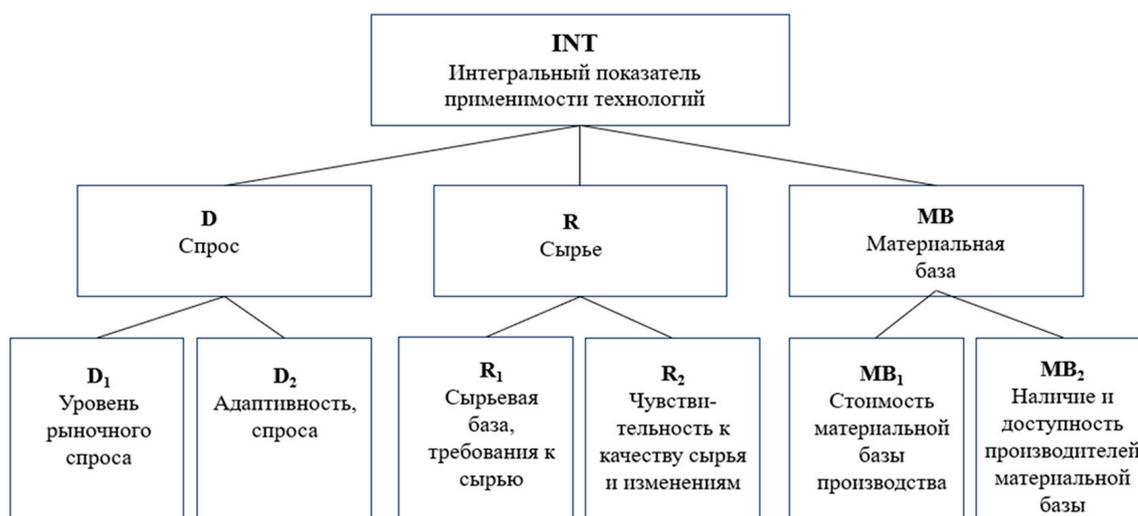
По мнению экспертов, данные компоненты модели оказывают разную степень влияния на интегральный показатель, поэтому были введены их весовые коэффициенты. Вес критериев определялся экспертным путем для составляющих каждого уровня модели (табл. 4). Так, например, для составляющих I уровня экспертам необходимо было ответить на вопрос: «При оценке перспектив внедрения технологии в уголь-

ную отрасль что является более важным: наличие спроса, требования к входящему в переработку сырью или необходимость соответствия материальной базы? Необходимо задать весовые коэффициенты, отражающие важность компоненты таким образом, чтобы их сумма равнялась 1». На втором уровне модели весовые коэффициенты определялись для критериев одной группы. Например, для группы критериев «Спрос» эксперту необходимо было ответить на вопрос: «Что важнее? Наличие спроса на продукт, получаемый в результате внедрения технологии (D_1), или возможности с использованием данной технологии гибко адаптироваться к колебанию спроса?».

В последнем столбце таблицы показано значение весового коэффициента, полученного путем проведения операции синтеза приоритетов [12], значения которых харак-

теризуют непосредственную степень влияния показателей нижнего уровня модели на интегральный показатель.

Оценка значений компонент нижнего уровня иерархической модели для каждого из 30 патентных семейств из отобранной группы осуществлялась экспертным путем на основании шкал, представленных в таблице 3. Значение критерия выбиралось группой экспертов (специалистов-технологов из областей обогащения, углерепереработки и углехимии) из диапазона от 0 до 10, где крайние значения диапазона соответствовали: 0 – отсутствию перспективы, 10 – наиболее высокой перспективе (кроме критериев R_2 и MB_1). Так как полученные таким образом экспертные оценки носят качественный характер, то для дальнейшего их использования был применен нечеткий подход.



Двухуровневая иерархическая модель

Источник: составлено авторами

Примечание: подробное описание критериев в таблице 3

Таблица 4

Оценка компонентов иерархической модели с учетом их весовых коэффициентов

Компоненты I уровня	Вес I уровня	Компоненты II уровня	Вес II уровня	Вес (синтез)
Спрос (D)	0,5	Наличие рыночного спроса (D_1)	0,4	0,2
		Адаптивность спроса (D_2)	0,6	0,3
Сырье (R)	0,3	Требования к сырью (R_1)	0,7	0,21
		Чувствительность к изменениям сырья (R_2)	0,3	0,09
Материальная база (MB)	0,2	Кап. затраты + логистика (MB_1)	0,8	0,16
		Наличие и доступность (MB_2)	0,2	0,04

Источник: расчеты авторов.

Таблица 5

Фрагмент перевода значений экспертных оценок патентных семейств по критериям D_1 и D_2 в значения термов ЛП

Патентное семейство	D_1	D_2	$T1(D_1)$	$T2(D_1)$	$T3(D_1)$	$T1(D_2)$	$T2(D_2)$	$T3(D_2)$
CN101134900	0	0	1	0	0	1	0	0
WO2013083091	3	9	0,5	0,5	0	0	0	1
....								
EP2832823	7	4	0	0,5	0,5	0,25	0,75	0
EP2980187	9	8	0	0	1	0	0,25	0,75

Источник: расчеты авторов.

Таблица 6

Описательные статистики комплексных оценок иерархической модели и силы патента

Показатель	N набл.	Среднее	Медиана	Минимум	Максим.	Ст. откл.
$D (K_1)$	30	3,4	2,15	0	9,23	3,43
$R (K_2)$	30	3,68	1,88	0	9,5	3,8
$MB (K_3)$	30	3,68	1,5	0	10	3,98
INT	30	3,4	2,15	0	9,22	3,43
Сила патента	30	2,4	2,29	0	5,57	1,27

Источник: расчеты авторов.

Каждая компонента второго уровня модели была представлена в виде лингвистических переменных (ЛП) с термножеством, состоящим из трех термов, характеризующих уровень компоненты: $T = \{T1 - \text{низкий}, T2 - \text{средний}, T3 - \text{высокий}\}$. В качестве функций принадлежности (ФП) термов использовались ФП треугольного и трапециевидного вида, основными точками которых являются $k1, k4$ – соответственно левый и правый ноль, $k2, k3$ – интервал толерантности, в котором ФП принимает единичное значение. Достоинства применения таких ФП рассматриваются в [12]. Задание основных точек для ФП термов определялось экспертами:

$$\mu(T1) = \mu(0; 0; 1; 5);$$

$$\mu(T2) = \mu(1; 5; 5; 9);$$

$$\mu(T3) = \mu(5; 9; 10; 10).$$

В таблице 5 представлен фрагмент фазификации экспертных оценок патентных семейств по критериям: D_1 – наличие рыночного спроса и D_2 – адаптивность спроса в значения принадлежности термам лингвистических переменных.

Аналогичным образом была проведена оценка по критериям R_1, R_2, MB_1 и MB_2 .

Достоинством применения ФАНР в задачах построения интегральных показателей является возможность вычисления комплексной оценки не только фокуса иерархической модели, но и составляющих первого уровня модели. Так, для j -й составляющей первого уровня модели (K_j) ее четкая комплексная оценка осуществлялась по формуле:

$$K_j = \sum_{i=1}^2 w_{ij} \cdot (T_{i1}^j \cdot 1,72 + T_{i2}^j \cdot 5 + T_{i3}^j \cdot 8,28), \quad (3)$$

где w_{ij} – весовой коэффициент i -й компоненты ($i = 1, 2$) j -й группы критериев ($j = 1, 3$) (4-й столбец таблицы 4);

$T_{i1}^j, T_{i2}^j, T_{i3}^j$ – значения ФП термов i -го критерия j -й группы;

1,72; 5; 8,28 – значения центров тяжести термов $T1, T2, T3$.

Тогда расчет интегрального показателя осуществляется по формуле:

$$INI = 0,5 \cdot K_1 + 0,3 \cdot K_2 + 0,2 \cdot K_3 \quad (4)$$

В таблице 6 представлены описательные статистики комплексных оценок D, R, MB (составляющие первого уровня иерархической модели) и интегрального показателя, характеризующего применимость

технологии INI, а также показателя патентной аналитики силы патента для исследуемой выборки.

Выводы

1. В результате проведенных исследований из 30 отобранных патентов 11 получили нулевую оценку их возможности использовать для развития угольной отрасли. Среди этой группы патентных семейств 4 (36,36%) относятся к группе слабых, 6 (54,54%) относятся к группе средних патентных семейств и 1 (9,1%) – к группе сильных. Анализ этой группы патентных семейств показал, что 5 патентных семейств имеет срок действия более 13 лет, 3 патента имеют высокий уровень цитирования и нулевой географический охват. Остальные 6 патентных семейств имеют жизненный срок 6 лет (2 патента) и 4 патентных семейства – «молодые» (3–4 года). Для этих патентных семейств характерен низкий уровень цитирования (практически отсутствует) и нулевой либо единичный географический охват. Наиболее высокую экспертную оценку получила заявка, которая была отозвана авторами, что может указывать на значимость проведения патентной аналитики на основе патентных семейств, а не отдельных патентов.

2. Полученные результаты относятся к конкретной технологической области и не являются универсальными. Количественные оценки зависят от качества исходной патентной коллекции, методов формирования выборки, методов отбора экспертов и тщательности проведения экспертного опроса. Важно, что критерии отбора и проведения экспертной оценки технологий могут отличаться в зависимости от выбранного направления исследований. Однако применение комплексной оценки результатов патентной аналитики с использованием нечеткой методологии позволяет снизить неопределенность и нечеткость, являющиеся следствием того, что объектом анализа являются только зарождающиеся технологии, траектории развития которых только формируются. Использование нечеткой методологии также снижает неопределенность субъективных лингвистических оценок, делая результаты более обоснованными.

Заключение

В статье предложен комплексный подход к оценке применимости технологий с использованием методов патентной аналитики и нечеткой логики. Для этого авторами были разработаны методика и алгоритм вычисления интегрального пока-

зателя применимости технологий (INT), который на основе многомерного набора факторов и критериев позволил оценить приоритетность технологий для формирования высокотехнологичных цепочек создания стоимости в угольной отрасли и смежных отраслях, способных обеспечить устойчивый рост и технологический суверенитет отрасли в условиях нечеткой входной информации (субъективных оценок экспертов).

Проведенная апробация методики показала, что разработанный авторами интегральный показатель (INT) позволяет дать комплексную оценку технологической значимости и применимости технологий для формирования новых направлений развития угольной и связанных с ней отраслей. При этом патентная аналитика позволяет вовлечь в исследование и структурировать максимально широкий объем информации, а нечеткая методология – совместить их с субъективными экспертными оценками, формализовать входные данные. Разработанная авторами методика может быть использована для выявления и оценки приоритетности различных технологий и их способности обеспечить достижение технологического суверенитета в угольной отрасли.

Список литературы

1. Рожков А.А. Структурный анализ импортозамещения в угольной промышленности России: реальность и прогноз // Горная промышленность. 2017. № 6(136). С. 4. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-00-00.
2. Колпаков А.Ю., Саенко В.В. Анализ зависимости секторов топливно-энергетического комплекса России от импортного оборудования на основе публичных данных // Проблемы прогнозирования. 2023. № 1(196). С. 144-155. DOI: 10.47711/0868-6351-196-144-155.
3. Ена О.В., Попов Н.В. Методология разработки патентных ландшафтов проектного офиса ФИПС // Станкоинструмент. 2019. № 1(14). С. 28–35. DOI: 10.22184/2499-9407.2019.14.01.28.35.
4. Гохберг Л.М., Стрельцова Е.А., Нестеренко А.В. Патентные ландшафты: разработка и использование для анализа технологических трендов. М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 108 с.
5. Bathelt H., Cohendet P., Henn S., Simon L. The Elgar Companion to Innovation and Knowledge Creation, Cheltenham: Edward Elgar, 2017. DOI: 10.4337/9781782548522.
6. Mendonça S., Schmoch U., Neuhäusler P. Interplay of Patents and Trademarks as Tools in Economic Competition. In: Springer Handbook of Science and Technology Indicators (eds. W. Glänzel, H.F. Moed, U. Schmoch, M. Thelwall). Berlin: Springer, 2019. P. 1023–1035. DOI: 10.1007/978-3-030-02511-3_42.
7. Савина М.В., Степанов А.А., Солодкова К.А. Вопросы теории коммерциализации инноваций // Управление экономическими системами. 2018. № 5(110). С. 8. URL: <http://uecs.ru/uecs-111-1112018> (дата обращения: 21.12.2024).
8. Mendonça S., Confraria H., Godinho M.M. Appropriating the Returns of Patent Statistics: Take-up and Development in the Wake of ZviGriliches // SWPS Paper. 2021. №7. DOI: 10.2139/ssrn.3971764.

9. Silva J., Távora G., Mendonça S. Reconfiguring the Battery Innovation Landscape // Foresight and STI Governance. 2023. № 17(1). P. 34–50. DOI: 10.17323/2500-2597.2023.1.34.50.
10. Мухаметзянов И.З. Нечеткий логический вывод и нечеткий метод анализа иерархий в системах поддержки принятия решений: приложение к оценке надежности технических систем // Кибернетика и программирование. 2017. № 2. С. 59-77. DOI:10/7256/2306-4196.2017.2.21794.
11. Korolev M.K., Nikitenko S.M., Goosen E.V. Patent Analytics Based Identification of Potential Coal Production Chains // Chemistry for Sustainable Development. 2023. Vol. 31(5). P. 598-604. DOI: 10.15372/CSD2023506.
12. Saaty TL (2013) Analytic Hierarchy Process. In: Gass SI, Harris CM (eds) Encyclopedia of Operations Research and Management Science. Springer, Boston, 2013. P 52–64. URL: <https://www.springer.com/gp/book/9781402006111> (дата обращения: 21.12.2024).
13. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / Пер. с англ. 5-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2024. 801 с.
14. Никитенко С.М., Гоосен Е.В., Кавкаева О.Н. Моделирование гибких цепочек добавленной стоимости на основе «чистых» технологий переработки угля // Горная промышленность. 2023. № S2. С. 126-134. DOI: 10.30686/1609-9192-2023-S2-126-134.
15. Goosen E.V., Kagan E.S., Nikitenko S.M., Pakhomova E.O. Evolution of VAC in the Context of Coal Industry Advance in The Conditions of Digitization in Russia // Eurasian Mining. 2019. № 2. С. 36–40. DOI: 10.17580/em.2019.02.08.

УДК 004.4
DOI 10.17513/snt.40302

ВНЕДРЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПОТОКОВОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

¹Ермаков С.Р., ²Зыков С.В.

¹ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,
Москва, e-mail: ermakov_s@mirea.ru;

²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет
„Высшая школа экономики“», Москва, e-mail: zykov@hse.ru

Цель исследования заключается в разработке нового архитектурного решения, обеспечивающего внедрение моделей потокового машинного обучения на основе методов и алгоритмов потоковой обработки мультимодальных данных и машинного обучения в потоковой интеллектуальной образовательной системе для повышения персонализации образовательного процесса и автоматической адаптации учебных материалов под уровень знаний обучающихся в реальном времени. В работе описаны процессы передачи и обработки данных из различных мультимодальных источников в модель потокового машинного обучения. Для нормализации данных применяется адаптивный метод скользящих окон, позволяющий корректно обрабатывать непрерывный поток информации с учетом временной синхронизации. Особое внимание в исследовании уделено вопросу контроля использования оперативной памяти для обеспечения стабильного функционирования системы в условиях ограниченности вычислительных ресурсов в образовательных организациях. Экспериментальные результаты, визуализированные на графиках и в таблице, демонстрируют эффективность интеграции нескольких алгоритмов потокового машинного обучения, таких как адаптивный случайный лес, инкрементальный алгоритм дерева решений для задач классификации и регрессии, в единую модель. Предложенная архитектура, которая сопровождается схемой, характеризуется высокой масштабируемостью, легкостью интеграции с существующими образовательными платформами и адаптивностью к изменяющимся условиям использования, что открывает перспективы дальнейших исследований и практического применения в образовательных технологиях.

Ключевые слова: потоковое машинное обучение, потоковые данные, интеллектуальная образовательная система, регрессия, классификация

DEPLOYMENT AND OPERATION OF MACHINE LEARNING MODELS IN A STREAMING INTELLIGENT EDUCATIONAL SYSTEM

¹Ermakov S.R., ²Zykov S.V.

¹MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: ermakov_s@mirea.ru;

²National Research University Higher School of Economics, Moscow, e-mail: zykov@hse.ru.

The purpose of the research is to develop a new architectural solution that ensures the implementation of streaming machine learning models based on methods and algorithms for streaming multimodal data processing and machine learning in a streaming intelligent educational system to enhance the personalization of the educational process and automatically adapt educational materials to the level of knowledge of students in real time. The paper describes the processes of data transmission and processing from various multimodal sources into a streaming machine learning model. To normalize the data, the adaptive sliding window method is used, which allows for the correct processing of a continuous flow of information, considering time synchronization. Special attention in the study is paid to the issue of controlling the use of RAM to ensure the stable functioning of the system in conditions of limited computing resources in educational institutions. The experimental results, visualized on graphs and in a table, demonstrate the effectiveness of integrating several streaming machine learning algorithms, such as adaptive random forest, an incremental decision tree algorithm for classification and regression problems into a single model. The proposed architecture, which is accompanied by the scheme, is characterized by high scalability, ease of integration with existing educational platforms and adaptability to changing conditions of use, which opens prospects for further research and practical application in educational technologies.

Keywords: streaming machine learning, streaming data, intelligent educational system, regression, classification

Введение

Сегодня перед современными институтами образования стоит задача повышения персонализации и эффективности обучения. Технический аспект решения этой задачи сталкивается с несколькими проблемами, таким как: острый недостаток технологических решений, программного обеспечения, которые могли бы интегрировать

интеллектуальные подходы в электронные обучающие системы (ЭОС); ограниченность вычислительных ресурсов в образовательных организациях (ОО). В основном, сейчас в ОО используются ЭОС без интеллектуальных подходов к индивидуализации обучения и регулированию использования вычислительных ресурсов [1, 2]. Авторами предлагается новая концепция *потоковой*

интеллектуальной образовательной системы (ПИОС). Она представляет собой следующий этап развития ЭОС в ОО и основана, в том числе, на реализации моделей, методов и алгоритмов машинного обучения и анализа данных обучающихся с контролем использования вычислительных ресурсов (например, оперативной памяти). В данном исследовании авторы описывают практическое внедрение моделей машинного обучения в ПИОС и их применение с использованием модифицированных и разработанных методов и алгоритмов потоковой обработки данных и потокового машинного обучения.

Цель исследования – разработка нового архитектурного решения, обеспечивающего внедрение моделей потокового машинного обучения на основе методов и алгоритмов потоковой обработки многомодальных данных и машинного обучения в потоковой интеллектуальной образовательной системе для повышения персонализации образовательного процесса и автоматической адаптации учебных материалов к уровню знаний обучающихся в реальном времени.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования был использован набор программных инструментов с открытым исходным кодом: система управления электронными обучающими курсами Moodle, платформа для потоковой обработки и мониторинга данных Apache Kafka, Python с библиотекой для потокового машинного обучения River [3], платформа для сбора метрик Prometheus, приложение для визуализации данных Grafana [4]. Эксперименты проводили на гетерогенной вычислительной платформе с центральным процессором (CPU) Intel® Core™ i7-8700 CPU, 3.20GHz (6 физических ядер, 12 потоков), видеокартой (GPU) NVIDIA GeForce RTX 2070, 1410.0 MHz, 8 GB GDDR6. Данные для экспериментальной оценки предложенных решений были взяты из датасета Junyi Academy Online Learning Activity Dataset [5], также были симулированы и обработаны ЭЭГ-сигналы с помощью библиотеки NeuroKit2 для Python [6].

Для подготовки предметного поля исследования был проведен анализ описанных в русскоязычной и зарубежной научной литературе: существующих методов и технологий в области потоковой обработки данных, подходов к реализации архитектур интеллектуальных обучающих и образовательных систем, модулей и сервисов в них, подходов к использованию нейроинтерфейсов в образовательных системах. Формализация процесса потоковой передачи и обработки данных проведена с использованием

методов математического моделирования. Модели машинного обучения были реализованы с применением модифицированных и разработанных методов и алгоритмов потокового машинного обучения. Для описания архитектурного решения авторами применены методы системного анализа и проектирования. Экспериментальная оценка архитектурного решения проведена с помощью симуляции потоков данных из описанных наборов данных. Верификация результатов исследования осуществлена с помощью оценки метрик, записанных программными инструментами.

В настоящее время в образовательных учреждениях широко применяются ЭОС, такие как Moodle, Blackboard, Stepik и др. Эти платформы обеспечивают доступ к учебным материалам, управление курсами, проведение тестирований и мониторинг прогресса обучающихся. Однако большинство из них используют статическую модель взаимодействия, в которой анализ данных осуществляется постфактум, а адаптация учебного контента не происходит в реальном времени. Это ограничивает возможности персонализированного обучения и адаптивных образовательных стратегий. Одним из ключевых недостатков традиционных ЭОС является их неспособность эффективно обрабатывать потоковые данные в режиме реального времени. Как правило, сейчас платформы предлагают инструменты для анализа учебной активности студентов, но эти механизмы основаны на пакетной обработке данных, что затрудняет динамическую подстройку контента под индивидуальные потребности студентов [7, 8].

В отличие от ЭОС, предлагаемая авторами потоковая интеллектуальная образовательная система (ПИОС) решает эти проблемы за счет интеграции моделей потокового машинного обучения, которые позволяют анализировать поступающие данные в реальном времени. Благодаря этому система может моментально адаптировать содержание учебных курсов, подстраивать уровень сложности заданий и предоставлять преподавателям оперативные аналитические отчеты. Например, если студент испытывает затруднения с определенной темой, ПИОС может автоматически предложить дополнительные материалы или альтернативные методики обучения, повышая эффективность образовательного процесса.

Таким образом, ПИОС представляет собой следующий этап эволюции электронных обучающих систем, сочетая в себе принципы потоковой обработки данных и интеллектуального анализа учебной активности. Это позволяет значительно повы-

сить адаптивность и персонализацию образовательных процессов, что особенно актуально для создания современных цифровых образовательных сред.

В ЭОС существует множество различных потоков данных, которые могут быть использованы для построения интеллектуальных систем. Для экспериментального исследования ПИОС авторами были выделены и проанализированы потоки данных, указанные в таблице 1.

Для эффективного анализа таких данных в режиме реального времени необходимо архитектурное решение, которое даст возможность быстрой адаптации образовательного контента и стратегии преподавания. Например, если система обнаруживает, что студент тратит на задание значительно больше времени, чем другие учащиеся, она может автоматически предложить дополнительные разъяснения или скорректировать сложность следующего вопроса. Кроме того, использование потокового анализа данных позволяет оптимизировать нагрузку на серверные мощности образовательных платформ, так как информация обрабатывается поступательно, без необходимости хранения и анализа больших объемов данных в виде статических файлов. Это особенно важно для образовательных учрежде-

ний, использующих облачные платформы и дистанционные технологии обучения, где вычислительные ресурсы ограничены.

Применение моделей потокового машинного обучения в современных интеллектуальных образовательных системах может не только повысить точность прогнозирования учебных результатов, но и способствовать созданию персонализированной среды обучения, адаптированной под каждого обучающегося в реальном времени. Для обеспечения эффективной работы ПИОС учитываются параметры потоков данных, которые влияют на выбор методов и алгоритмов обработки.

1. Частота обновления данных: например, события активности студентов (логины, клики, работа с контентом) поступают каждую секунду, тогда как оценки тестов обновляются реже.

2. Размер данных: потоковые данные из ЭОС содержат короткие текстовые записи, в то время как нейроинтерфейсы и видеопотоки могут генерировать гигабайты информации в минуту.

3. Требования к реальному времени: прогнозирование успеваемости студента может выполняться раз в сутки, а адаптация учебного материала должна происходить в момент взаимодействия с системой.

Таблица 1

Потоки данных в ЭОС

Источник данных	Описание потока данных	Варианты использования	Частота обновления
Действия в ЭОС (Moodle, Blackboard, Stepik и др.)	Время входа, посещенные страницы, просмотренные материалы, длительность просмотра, количество попыток в тестах	Определение вовлеченности, предложение дополнительных материалов, прогнозирование успеваемости	В реальном времени
Результаты тестов и заданий	Оценки, количество попыток, время выполнения заданий, количество ошибок	Автоматическая корректировка сложности заданий, выдача адаптивных рекомендаций	После каждого теста
История взаимодействия с системой	История нажатий, навигация по курсам, поиск по материалам	Определение интересов студента, персонализация содержания курсов	В реальном времени
Анализ текстов в общих форумах	Вопросы студентов, ответы преподавателей, частота сообщений, эмоциональная окраска текста	Рекомендации на основе тем обсуждений, выявление трудностей у студентов	В реальном времени или раз в сутки
Прохождение видеоуроков	Досмотрено ли видео до конца, количество перемоток, скорость воспроизведения	Определение сложных тем, предложение поясняющих материалов	В реальном времени
Биометрические данные (при наличии нейроинтерфейсов)	Электроэнцефалограмма (ЭЭГ), уровень стресса, сердечный ритм	Регулировка сложности заданий: при высоком стрессе – упрощение, при высокой концентрации – усложнение	В реальном времени
Опросы и обратная связь студентов	Оценка сложности курса, предпочтительные методы обучения, отзывы	Улучшение курсов, персонализация методик обучения	Раз в неделю или по завершении блока
Исторические данные о студенте	Прошлые курсы, успеваемость в других дисциплинах, стиль обучения	Рекомендация материалов на основе предыдущего опыта обучения	Перед началом курса

В результате в ПИОС используются разные стратегии обработки: низкочастотные данные (оценки, тесты) анализируются периодически, применяются для стратегических прогнозов; высокочастотные потоки (активность, сигналы) обрабатываются непрерывно, обеспечивая адаптацию контента в режиме реального времени.

Предположим, что студент выполняет задание в ЭОС (например, тест в Moodle). Поток данных может выглядеть следующим образом:

1. Студент начинает попытку → фиксируется логин в систему, начало теста.

2. Фиксируются действия в процессе тестирования → время на вопрос, количество изменений ответа.

3. Обрабатывается контекстная информация → данные с устройств ввода, физиологические показатели (если используются нейроинтерфейсы).

4. Система анализирует сложность вопросов в режиме реального времени → если студент долго задерживается на одном вопросе, ПИОС может предложить подсказку или изменить алгоритм выдачи заданий.

5. После завершения теста данные агрегируются → оценивается уровень усвоения материала, обновляется персонализированная траектория обучения.

Этот процесс отличается от ЭОС, где анализ выполняется постфактум, а не в момент взаимодействия студента с системой. Внедрение потокового машинного обучения в образовательные системы позволит обрабатывать разнородные данные из ЭОС, сенсоров, видеопотоков и тестов в режиме реального времени.

Формализуем процесс потоковой передачи данных, получаемых из многомодальных источников (например, из Moodle, нейроинтерфейсов, других устройств и датчиков ввода информации через API), с акцентом на их синхронизацию и адаптивную нормализацию. Основной задачей на данном этапе является интеграция разнородных данных, поступающих в реальном времени, в единую потоковую систему, что может позволить эффективно использовать их для обучения моделей потокового машинного обучения. Пусть имеется K различных источников данных, где каждый источник представляет поток данных с собственными характеристиками и модальностью. Обозначим эти источники как (1):

$$S^{(k)} = \left\{ s^{(k)}(t^{(k)}) \mid t^{(k)} \in T^{(k)} \right\}, \quad (1)$$

$$k = 1, 2, \dots, K,$$

где $s^{(k)}(t^{(k)})$ – элемент потока k -го источника, а $t^{(k)}$ – временная метка, ассоциированная

с этим источником. Для обеспечения корректной агрегации данных требуется синхронизация временных меток, что может быть достигнуто использованием общего времени (например, через протокол сетевого времени) или алгоритмов выравнивания временных рядов.

Каждый поток данных $s^{(k)}(t)$ подвергается индивидуальной программной обработке в программном компоненте Apache Kafka Producer с целью приведения к единой шкале и устранения выбросов. Если для каждого источника используется адаптивное масштабирование с экспоненциальным сглаживанием [9], то обновление среднего значения (2) и дисперсии (3) можно записать следующим образом:

$$\mu_t^{(k)} = \mu_{t-1}^{(k)} + \alpha \cdot (s^{(k)}(t) - \mu_{t-1}^{(k)}), \quad (2)$$

$$\left(\sigma_t^{(k)} \right)^2 = (1 - \alpha) \cdot \left(\sigma_{t-1}^{(k)} \right)^2 + \alpha \cdot (s^{(k)}(t) - \mu_{t-1}^{(k)})^2, \quad (3)$$

где α – коэффициент сглаживания, одинаковый или адаптированный для каждого источника.

Параллельно для данных, поступающих из каждого источника, рассчитываются выборочные статистики на основе скользящего окна фиксированной длины W с применением метода ADWIN [10]. Таким образом, нормализованное значение для источника k определяется по формуле (4):

$$z_t^{(k)} = \frac{s^{(k)}(t) - \bar{s}_w^{(k)}}{\sigma_w^{(k)}}, \quad (4)$$

где $\bar{s}_w^{(k)}$ и $\sigma_w^{(k)}$ – выборочное среднее и стандартное отклонение, вычисленные по данным, попавшим в окно W для источника k .

Для объединения информации из всех K источников используется оконная агрегация. Если назначить общее окно времени $[\tau, \tau + \Delta t]$, то агрегированный вектор данных можно представить как (5):

$$x(\tau) = g \left(\left\{ z_t^{(k)} \mid t \in [\tau, \tau + \Delta t], k = 1, \dots, K \right\} \right), \quad (5)$$

где функция $g(\cdot)$ осуществляет объединение данных по временным окнам, учитывая особенности каждой модальности. В результате формируется единый вектор $x(\tau)$, характеризующий данные, полученные за интервал времени, из всех источников.

Передача агрегированных данных осуществляется через потоковую систему обмена сообщениями из Apache Kafka Producer. Каждое сообщение, содержащее $x(\tau)$ с соответствующей временной меткой, направляется в категории (topics) кластера (Apache Kafka Cluster), которые далее используются для обучения модели.

Для решения задач классификации и регрессии ПИОС в программном компоненте Apache Kafka Consumer, где реализуется модель потокового машинного обучения, используется комбинированный метод обучения [11]. Совокупная функция потерь описывается как (6):

$$L(f) = \alpha \cdot L_c(f_c) + (1 - \alpha) \cdot L_r(f_r), \quad (6)$$

где $L_c(f_c)$ – функция потерь для задачи классификации, кросс-энтропия (7):

$$L_c(f_c) = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C 1[y_c^{(i)} = j] \cdot \log p_j^{(i)}, \quad (7)$$

где $L_r(f_r)$ – функция потерь для задачи регрессии, среднеквадратичная ошибка (8):

$$L_r(f_r) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_r^{(i)} - \hat{y}_r^{(i)})^2, \quad (8)$$

коэффициент $\alpha \in [0,1]$ регулирует вклад каждой задачи. Обновление параметров модели осуществляется в потоковом режиме, например по правилу, аналогичному стохастическому градиентному спуску (9):

$$\theta(\tau + 1) = \theta(\tau) - \eta \cdot \nabla_{\theta} L(\theta(\tau); x(\tau), y(\tau)), \quad (9)$$

где $y(\tau)$ включает как классовые метки, так и регрессионные значения, а η – параметр скорости обучения. В реализации комбинированной модели машинного обучения можно перекрестно использовать адаптивный случайный лес и инкрементальное дерево решений для задач классификации и регрессии [12].

Метрики (metrics) производительности – как всего Apache Kafka Cluster, так и Consumer с моделью машинного обучения – считываются Prometheus и визуализи-

руются с помощью Grafana. В качестве общего формата передачи сообщений между программными компонентами используется JSON. Предсказанные моделью признаки передаются в образовательный модуль ПИОС (например, обратно в Moodle), где на их основе для обучающихся и преподавателей формируются персонализированные рекомендации.

Результаты исследования и их обсуждение

Представленный процесс можно реализовать в виде архитектурного решения для внедрения потоковых моделей машинного обучения в ПИОС. Такое решение обеспечивает интеграцию многомодальных источников данных, позволяя одновременно учитывать особенности каждой модальности, проводить адаптивную нормализацию и синхронизацию, а также использовать комбинированные методы обучения для решения задач классификации и регрессии в режиме реального времени. Схема предлагаемого архитектурного решения представлена на рисунке 1.

В рамках исследования в Moodle и Apache Kafka Producer был использован набор данных Junyi Academy, предоставленный некоммерческой организацией, занимающейся онлайн-обучением. Этот датасет содержит данные о взаимодействии обучающихся с образовательной платформой, в том числе временные метки активности, результаты тестов и попытки прохождения заданий. Выбор датасета был обусловлен тем, что он предоставляет структурированные временные ряды образовательной активности, что позволяет технически настроить и откалибровать модели машинного обучения в контролируемой экспериментальной среде.

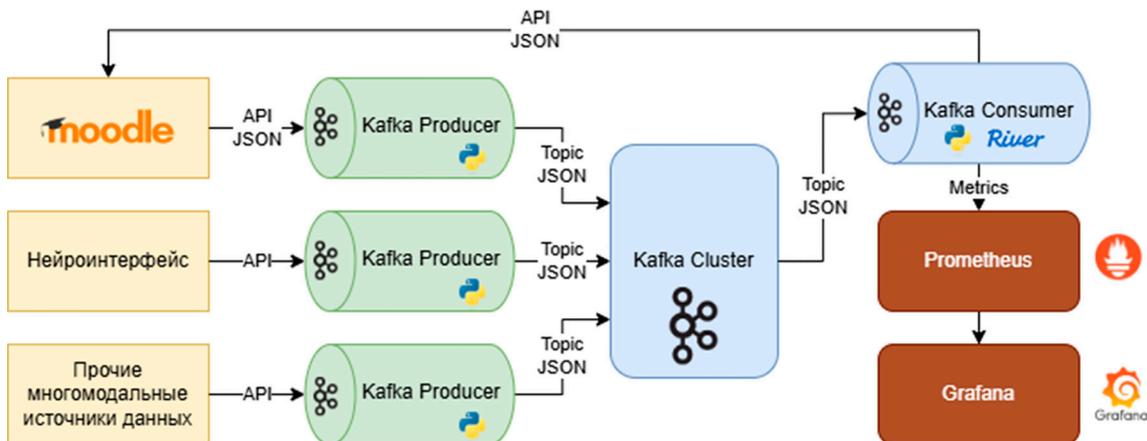


Рис. 1. Предлагаемое архитектурное решение для внедрения моделей машинного обучения в ПИОС

```

# Основной класс для обработки потоковых данных
class StreamingMLModule:
    def __init__(self, kafka_server, topic, models_config, metrics_file="metrics.csv"):
        """
        Модуль для обработки потоковых данных с использованием Kafka и обучения нескольких моделей.

        Параметры:
        kafka_server: Адрес Kafka сервера
        topic: Название топика Kafka
        models_config: Конфигурация моделей
        metrics_file: Путь к файлу для записи метрик
        """
        # Настройка KafkaConsumer для получения сообщений
        self.consumer = KafkaConsumer(
            topic,
            bootstrap_servers=kafka_server,
            value_deserializer=lambda m: json.loads(m.decode('utf-8')),
            auto_offset_reset='earliest',
            enable_auto_commit=True
        )
        # Инициализация моделей
        self.models = self.initialize_models(models_config)
        # Хранение информации об использовании памяти
        self.memory_usage = {name: [] for name in self.models}
        self.iterations = []
        # Метрики для классификации и регрессии
        self.classification_metrics = {
            name: LogLoss() for name in self.models if 'Classifier' in name or 'Combined' in name
        }
        self.regression_metrics = {
            name: MSE() for name in self.models if 'Regressor' in name or 'Combined' in name
        }
        self.metrics_file = metrics_file

```

Рис. 2. Фрагмент кода реализации комбинированной модели

Использование набора данных дало возможность оценить работоспособность алгоритмов потокового машинного обучения, протестировать их адаптивность к изменяющимся условиям и оптимизировать параметры модели перед развертыванием в реальных образовательных средах. Несмотря на возможные различия в подходах в разных образовательных системах, ключевые закономерности в данных являются универсальными, что делает результаты эксперимента применимыми к различным образовательным системам.

В Apache Kafka Consumer были реализованы и сравнены пять моделей потокового машинного обучения для решения задачи регрессии: три на основе алгоритма инкрементального дерева решений с применением неравенства Хефффдинга (Hoeffding Tree): HT1 и HT2 без механизма адаптации к концептуальному дрейфу и НАТ с таким механизмом, потоковое градиентное дерево (Streaming Gradient Tree, SGT), комбинированная модель с применением метода масштабирования признаков

и скользящего окна (EMA & SW Model, EMAWM). Последняя модель создана на основе НАТ – алгоритма адаптивного случайного леса – и дополнена авторскими разработками: методом масштабирования признаков, а также параметрами ограничения памяти и учета давности данных через коэффициент затухания. Такая модель позволяет эффективно использовать оперативную память, удаляя устаревшие узлы, что делает ее подходящей для работы в условиях ограниченных ресурсов. Фрагмент кода реализации комбинированной модели представлен на рисунке 2.

Для оценки качества предсказаний моделей использовались стандартные метрики: *среднеквадратичная ошибка (MSE)*, измеряющая среднеквадратичное отклонение предсказанных значений от истинных, и *коэффициент детерминации (R^2)*, отражающий долю дисперсии зависимой переменной, объясненной моделью. Обучение каждой модели проводилось итеративно, с обновлением параметров после обработки каждого нового примера из потока.

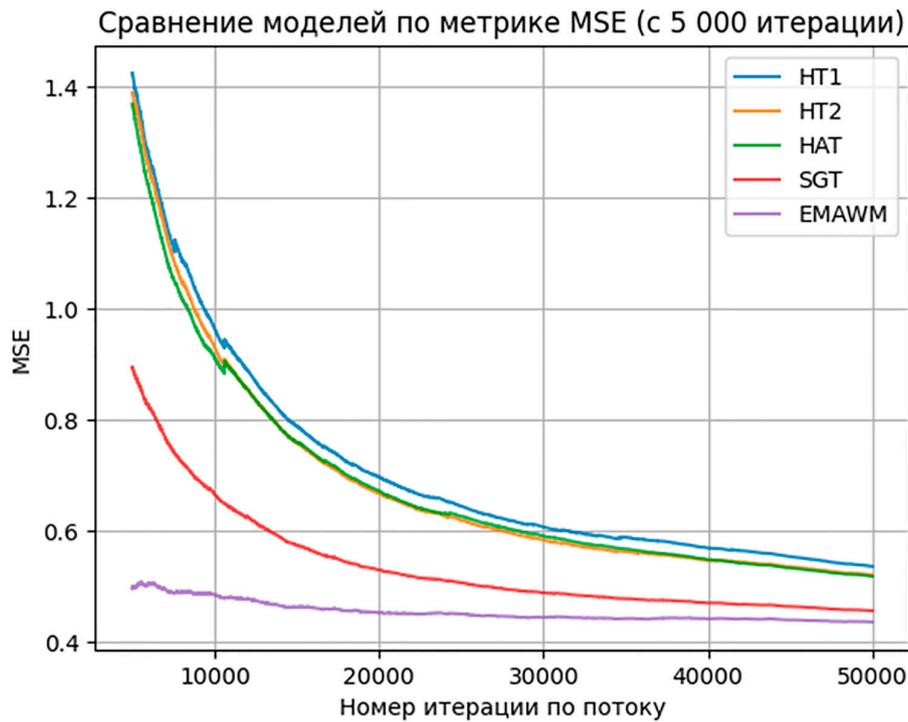


Рис. 3. Результаты эксперимента по метрике MSE

Таблица 2

Результаты измерения MSE и R²

Наблюдение	Метрика	HT1	HT2	HAT	SGT	EMAWM
10000	MSE	0.96	0.93	0.91	0.67	0.48
	R ²	-0.01	0.03	0.04	0.30	0.49
20000	MSE	0.70	0.67	0.67	0.53	0.45
	R ²	0.27	0.30	0.30	0.45	0.53
30000	MSE	0.61	0.58	0.59	0.49	0.44
	R ²	0.36	0.39	0.38	0.49	0.53
40000	MSE	0.57	0.55	0.55	0.47	0.44
	R ²	0.40	0.43	0.43	0.51	0.54
50000	MSE	0.54	0.52	0.52	0.46	0.44
	R ²	0.44	0.46	0.46	0.52	0.54

На каждой итерации выполнялось предсказание целевой переменной (время в минутах, затраченное на попытку решения примера в тесте в Moodle) с соответствующими признаками: данными активности в ЭОС и симулированными сигналами нейроинтерфейса. Каждой модели было подано 50 000 наблюдений. Диапазон значений целевой переменной от 0 до 5,56 указывает на наличие как низких, так и высоких значений, что может свидетельствовать о разнообразии примеров в наборе данных. Дисперсия целевой переменной

рассчитывается как квадрат стандартного отклонения $\sigma^2 = \text{std}^2 \approx 0.977725^2 \approx 0.955$ [13]. График, отображающий значения среднеквадратичной ошибки, представлен на рисунке 3.

Значение MSE для модели EMAWM ($\text{MSE}_{\text{EMAWM}} = 0.43$) более чем в два раза ниже дисперсии целевой переменной. Базовая модель, которая всегда предсказывает среднее значение целевой переменной, будет иметь MSE, равный дисперсии данных. Следовательно, $\text{MSE}_{\text{EMAWM}}$ показывает удовлетворительные результаты для применения в ПИОС.

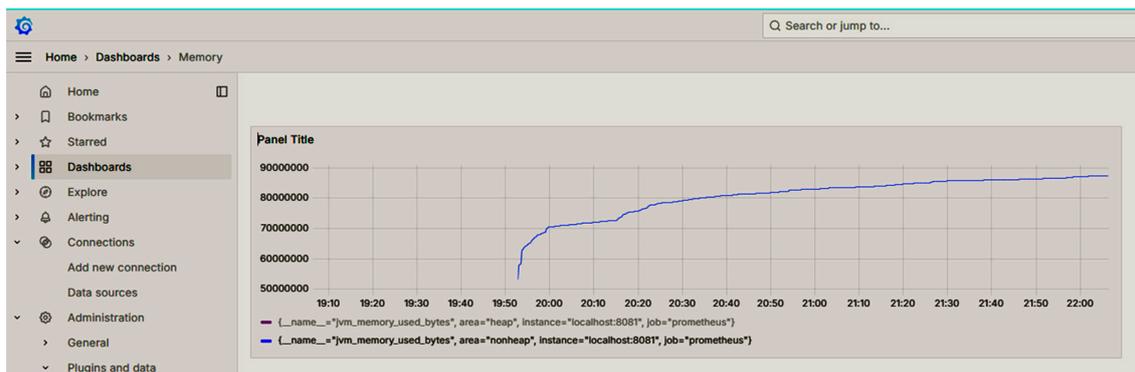


Рис. 4. Визуализация использования памяти моделями потокового машинного обучения в Grafana

Экспериментальное вычисление метрики R^2 дало возможность убедиться в отсутствии ошибок в расчете метрики MSE и подтвердить вывод об эффективности работы модели потокового машинного обучения с масштабированием данных. Результаты измерения метрик по всем исследуемым моделям отражены в таблице 2.

Эти метрики наряду с измерениями производительности всего Kafka Cluster систематически передаются в систему мониторинга Prometheus, что позволяет в реальном времени отслеживать как ключевые показатели качества моделей, так и характеристики инфраструктуры. Собранные данные затем визуализируются с помощью Grafana, где представляются наглядные отчеты и динамические графики (рис. 4), позволяющие оперативно анализировать изменения в работе системы. Такой подход обеспечивает прозрачность процессов и своевременное обнаружение возможных отклонений разработчиками, администраторами и преподавателями в ПИОС, что, в свою очередь, способствует поддержанию высокой стабильности и эффективности работы системы.

График общего потребления оперативной памяти, представленный на рисунке 4, дополнительно иллюстрирует устойчивость системы к высоким нагрузкам. Согласно экспериментальным данным, суммарное использование памяти моделей потокового машинного обучения не превышает 90 мегабайт, что является достаточно низким показателем. При этом наблюдается снижение потребления оперативной памяти при использовании комбинированной модели машинного обучения, что свидетельствует о ее эффективности и оптимизации ресурсов. Такая экономия памяти особенно актуальна при развертывании системы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов, она обеспечивает стабильную работу ПИОС в реальном времени.

Заключение

В ходе исследования предложено архитектурное решение для внедрения моделей потокового машинного обучения на основе методов и алгоритмов потоковой обработки многомодальных данных и машинного обучения в потоковой интеллектуальной образовательной системе. Экспериментально подтверждена высокая работоспособность разных моделей потокового машинного обучения в рамках предложенного архитектурного решения. Выведены метрики среднеквадратичной ошибки, коэффициента детерминации, а также общего использования памяти моделями.

Разработанное архитектурное решение позволило достичь поставленной цели, обеспечив платформу для персонализированного обучения и автоматической адаптации учебных материалов в реальном времени в ПИОС. В отличие от электронных образовательных систем, предлагаемая авторами ПИОС не ограничивается пакетной обработкой данных, а способна анализировать потоки данных (показатели поведения обучающихся) непрерывно, обеспечивая мгновенную корректировку траекторий обучения в помощь преподавателю.

Полученные экспериментальные результаты демонстрируют эффективность предложенной архитектуры потокового машинного обучения и открывают широкие перспективы для ее дальнейшего развития и практического применения. В рамках будущих исследований планируется пилотное внедрение разработанной системы в российских образовательных организациях с целью сбора и анализа данных обучающихся. Это позволит оценить работу модели в естественных условиях, проверить ее адаптивность к различным учебным сценариям и провести калибровку параметров для повышения точности предсказаний.

Список литературы

1. Евдокимова В.Е., Кириллова О.А. Возможности образовательных платформ для организации учебного процесса // *Современные наукоемкие технологии*. 2022. № 9. С. 120–125. DOI: 10.17513/snt.39319.
2. Ермаков С.Р., Мордвинов В.А. Применение функциональной синергетики для модернизации систем электронного обучения в учреждениях высшего образования // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2023. № 7. С. 227–232. URL: <https://ntvprt.ru/> (дата обращения: 25.11.2024).
3. Montiel J., Halford M., Mastelini S.M., Bolmier G., Sourty R., Vaysse R., Zouitine A., Gomes H.M., Read J., Abdesaleem T., Bifet A. River: machine learning for streaming data in Python // *Journal of Machine Learning Research*. 2021. Vol. 22. Is. 110. P. 1-8. DOI: 10.48550/arXiv.2012.04740.
4. Aung T., Zaw H.T., Maw A.H., Mon M.T. Comprehensive Analysis: Monitoring Apache Kafka with Grafana, JMX Exporter, and Prometheus // *Proceedings of the 2024 5th International Conference on Advanced Information Technologies (ICAIT)*. 2024. Yangon, Myanmar: IEEE. 2024. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICAIT65209.2024.10754944.
5. Junyi Academy Online Learning Activity Dataset. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/junyiacademy/learning-activity-public-dataset-by-junyi-academy> (дата обращения: 25.11.2024).
6. Makowski D., Pham T., Lau Z.J., Brammer J.C., Lespinasse F., Pham H., Schölzel C., Chen S.H. NeuroKit2: A Python toolbox for neurophysiological signal processing // *Behavioral Research Methods*. 2021. Vol. 53. Is. 4. P. 1689–1696. DOI: 10.3758/s13428-020-01516-y.
7. Mishra L., Gupta T., Shree A. Online teaching-learning in higher education during lockdown period of COVID-19 pandemic // *International Journal of Educational Research Open*. 2020. Vol. 1. Article 100012. DOI: 10.1016/j.ijedro.2020.100012.
8. Romero C., Ventura S. Educational data mining and learning analytics: An updated survey // *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*. 2020. Vol. 10. No. 3. Article e1355. DOI: 10.1002/widm.1355.
9. Jónsson T., Pinson P., Nielsen H., Madsen H. Exponential Smoothing Approaches for Prediction in Real-Time Electricity Markets // *Energies*. 2014. Vol. 7. P. 3710–3732. DOI: 10.3390/en7063710.
10. Moharram H., Awad A., El-Kafrawy P.M. Optimizing ADWIN for steady streams // *Proceedings of the 37th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing, Virtual Event: ACM*. 2022. P. 450–459. DOI: 10.1145/3477314.3507074.
11. Ермаков С.Р. Метод комбинированного обучения для потоковой интеллектуальной образовательной системы // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2025. № 1. С. 180–185. URL: <https://ntvprt.ru/> (дата обращения: 11.11.2024).
12. Ермаков С.Р. Алгоритм инкрементального дерева решений для потоковой интеллектуальной образовательной системы // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2024. № 12. С. 292–296. URL: <https://ntvprt.ru/> (дата обращения: 14.01.2025).
13. Watson G.L., Reid C.E., Jerrett M., Telesca D. Prediction & Model Evaluation for Space-Time Data [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/2012.13867> (дата обращения: 25.11.2024).

УДК 004.4

DOI 10.17513/snt.40303

ОЦЕНКА АЛГОРИТМОВ DOCUMENT OBJECT MODEL, SIMPLE API FOR XML И STREAMING API FOR XML ДЛЯ РАБОТЫ С XML В ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ

Золотухина Д.Ю.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж,

e-mail: dar.zolott@gmail.com

Цель работы заключается в сравнительном анализе производительности алгоритмов Document Object Model, Simple API for XML и Streaming API for XML при выполнении задач чтения, записи и частичного чтения XML-файлов различного объема. Для проведения экспериментов была разработана модульная программа на языке Java, где каждый алгоритм реализован в отдельном модуле. В качестве данных использовались синтетически сгенерированные XML-файлы с типовой структурой, имитирующей транзакции. Эксперименты проводились с замером ключевых метрик, таких как время выполнения и потребление памяти. В ходе исследования были выявлены сильные и слабые стороны каждого алгоритма. Simple API for XML продемонстрировал наилучшую производительность и минимальное потребление памяти, что делает его подходящим для обработки больших объемов данных. Streaming API for XML обеспечил баланс между производительностью и удобством реализации, предоставляя более простой доступ к данным. Document Object Model, несмотря на удобный интерфейс, оказался слишком ресурсоемким и может быть использован только для небольших объемов данных. Результаты работы подчеркивают важность выбора алгоритма обработки XML в зависимости от специфики задач. Simple API for XML и Streaming API for XML являются предпочтительными для высоконагруженных систем, требующих минимизации затрат на ресурсы. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение альтернативных форматов данных и их интеграции с современными архитектурными подходами.

Ключевые слова: обработка XML, Document Object Model, Simple API for XML, Streaming API for XML, производительность алгоритмов, Java, высоконагруженные системы

EVALUATION OF DOCUMENT OBJECT MODEL, SIMPLE API FOR XML AND STREAMING API FOR XML ALGORITHMS FOR XML PROCESSING IN HIGH-LOAD APPLICATIONS

Zolotukhina D.Yu.

Voronezh State University, Voronezh, e-mail: dar.zolott@gmail.com

The aim of the study is to conduct a comparative analysis of the performance of Document Object Model, Simple API for XML and Streaming API for XML algorithms in solving tasks related to reading, writing, and partial reading of XML files of various sizes. A modular Java program was developed for the experiments, with each algorithm implemented in a separate module. Synthetic XML files with a typical structure simulating transactions were used as data. The experiments measured key metrics such as execution time, memory consumption, and qualitative observations. The study identified the strengths and weaknesses of each algorithm. Simple API for XML demonstrated the best performance and minimal memory consumption, making it suitable for processing large volumes of data. Streaming API for XML provided a balance between performance and ease of implementation, offering more convenient access to data. Document Object Model, despite its convenient interface, was found to be too resource-intensive and suitable only for small volumes of data. The results emphasize the importance of choosing an XML processing algorithm based on task specifics. Simple API for XML and Streaming API for XML are preferred for high-load systems requiring resource minimization. Future research could explore alternative data formats and their integration with modern architectural approaches.

Keywords: XML processing, Document Object Model, Simple API for XML, Streaming API for XML, algorithm performance, Java, high-load systems

Введение

Обработка данных в формате XML остается важной задачей для многих приложений, включая системы обмена данными, интеграционные платформы и финансовые сервисы. Эффективность работы с XML напрямую зависит от выбора алгоритма обработки, который должен обеспечивать высокую производительность и оптимальное использование ресурсов. Наиболее популярными алгоритмами работы с XML являются DOM, SAX и StAX, каждый из ко-

торых имеет свои собственные характеристики и области применения [1].

DOM (Document Object Model) предоставляет удобный интерфейс для работы с XML, позволяя загружать весь документ в память и проводить манипуляции с его структурой [2]. Однако это влечет за собой значительные затраты памяти и времени, особенно при обработке больших файлов [3]. SAX (Simple API for XML) использует событийно-ориентированный подход, что делает его более производительным

и менее ресурсоемким, но усложняет реализацию функций, требующих произвольного доступа к элементам [4]. StAX (Streaming API for XML) сочетает преимущества потоковой обработки и удобного доступа к элементам, предоставляя баланс между производительностью и гибкостью [5].

Целью исследования является сравнительный анализ производительности алгоритмов DOM, SAX и StAX при выполнении задач чтения, записи и частичного чтения XML-файлов разного объема с учетом времени выполнения, потребления оперативной памяти и удобства реализации.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследования была разработана программа на языке Java, предназначенная для тестирования производитель-

ности алгоритмов обработки XML-файлов: DOM, SAX и StAX. Программа была спроектирована как модульное приложение, разделенное на три ключевых блока, каждый из которых реализовывал одну из задач. Программа включала три модуля: чтение XML-файлов, запись XML-файлов и чтение частичных данных. Каждый модуль был реализован как независимый класс для удобства тестирования и сравнения характеристик. Структура тестовых данных была однотипна для всех задач. XML-файлы содержали элементы <transaction>, включавшие в себя следующие поля: <id> – уникальный идентификатор записи, <amount> – сумма транзакции от 1 до 10 000, <timestamp> – дата и время транзакции в формате ISO 8601, <description> – текстовое описание содержимого транзакции.

Пример структуры XML:

```
<transactions>
  <transaction>
    <id>1</id>
    <amount>123.45</amount>
    <timestamp>2024-01-01T10:00:00</timestamp>
    <description>Payment</description>
  </transaction>
</transactions>
```

Для экспериментов были сгенерированы файлы трех категорий объемов: 10 MB (10000 записей), 100 MB (100000 записей) и 1 GB (1000000 записей). Генерация файлов была реализована с использованием Java-программы, что обеспечило единообразие структуры данных для всех экспериментов.

В рамках каждого эксперимента измерялись следующие ключевые параметры:

1. Время обработки (мс): Продолжительность выполнения задачи (чтения, записи, частичного чтения).

2. Потребление памяти (MB): Пиковый объем оперативной памяти, использованный во время выполнения задачи.

Среда, в которой проводилось тестирование, имела следующие характеристики:

– Процессор: Intel Core i7-12700K (12 ядер, 20 потоков, 3.6 GHz);

– Оперативная память: 32 GB DDR4;

– Накопитель: NVMe SSD 1 TB;

– Операционная система: Ubuntu 22.04;

– JVM: OpenJDK 17.

Для измерения производительности использовались встроенные таймеры Java (System.currentTimeMillis()) для замера времени выполнения, VisualVM для анализа потребления памяти и мониторинга работы JVM, а также Java Flight Recorder для записи временных характеристик выполнения программы.

Схема архитектуры тестовой программы представлена на рис. 1.

Данные метрики были выбраны на основании их практической ценности для анализа производительности алгоритмов обработки XML-файлов. Каждая задача запускалась трижды для минимизации случайных ошибок, а результаты усреднялись.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты экспериментов по анализу производительности алгоритмов DOM, SAX и StAX представлены в таблице.

Таблица демонстрирует, что алгоритм DOM показал наибольшее время обработки и потребление памяти во всех экспериментах. Это связано с полной загрузкой XML-файла в оперативную память и построением дерева документа [6, с. 57–58]. Например, при чтении файла объемом 1 GB время обработки составило 58000 мс, а потребление памяти достигло 3600 MB. Эти показатели делают DOM неподходящим выбором для работы с большими объемами данных, особенно в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Однако его способность к удобной манипуляции структурой документа остается полезной для задач, требующих полного доступа к содержимому XML.

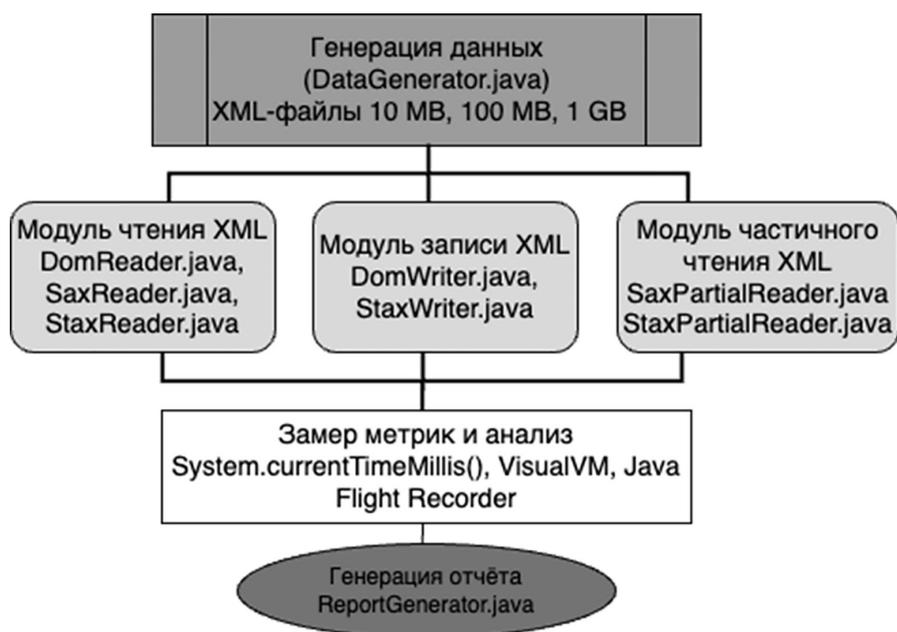


Рис. 1. Схема архитектуры программы
Источник: составлено авторами

Сравнительный анализ производительности алгоритмов DOM, SAX и StAX

Эксперимент	Объем файла	Алгоритм	Время обработки (мс)	Потребление памяти (МБ)
Чтение	10 MB	DOM	480	45
		SAX	220	15
		StAX	260	20
	100 MB	DOM	4850	380
		SAX	1300	50
		StAX	1700	65
	1 GB	DOM	58000	3600
		SAX	9800	110
		StAX	11200	140
Запись	10 MB	DOM	950	50
		StAX	520	28
	100 MB	DOM	9400	420
		StAX	5200	140
	1 GB	DOM	105000	3800
		StAX	58700	520
Частичное чтение данных	10 MB	SAX	210	14
		StAX	250	18
	100 MB	SAX	1220	45
		StAX	1550	60
	1 GB	SAX	900	100
		StAX	10800	130

Источник: составлено авторами.

SAX продемонстрировал лучшие результаты по времени обработки и минимальному потреблению памяти благодаря потоковому подходу, который обрабатывает XML-документ последовательно, без необходимости хранения полной структуры в памяти [7]. Например, для задачи чтения файла объемом 1 GB время выполнения составило 9800 мс при потреблении памяти всего 110 MB. Это делает SAX особенно эффективным для задач, связанных с обработкой больших объемов данных в условиях высокой нагрузки. Однако, несмотря на преимущества, сложности разработки кода на SAX, включая необходимость обработки событий и отслеживания текущего состояния, могут стать препятствием для его использования в более сложных сценариях.

StAX занял промежуточное положение между DOM и SAX, обеспечивая баланс между производительностью и удобством реализации. Для задачи чтения файла объемом 1 GB время выполнения составило 11200 мс, а потребление памяти достигло 140 MB. В отличие от SAX, StAX предлагает более удобный программный интерфейс, что делает его подходящим выбором для задач, где требуется потоковая обработка с доступом к отдельным элементам XML. При этом его производительность остается близкой к SAX, хотя и несколько ниже из-за дополнительных накладных расходов на управление состоянием.

При записи XML-файлов StAX продемонстрировал лучшее соотношение времени обработки и потребления памяти. Например, для записи файла объемом 1 GB время выполнения составило 58700 мс, что почти вдвое меньше, чем у DOM, который показал результат в 105000 мс. Это связано с тем, что StAX позволяет записывать данные по мере их генерации, избегая необходимости построения полной структуры документа в памяти. DOM, напротив, требует построения дерева документа перед записью, что приводит к значительным накладным расходам [8].

Во время выполнения задачи частичного чтения наилучший результат продемонстрировала технология SAX за счет наименьшего потребления памяти и времени работы. При использовании данного алгоритма удалось обработать файл, размер которого 1 Гб, за 9700 мс, что немного лучше результата StAX, который составил 10800 мс.

На рисунке 2 изображен график зависимости времени, затраченного на чтение файла, от его объема. SAX осуществляет самую быструю обработку файлов каждого размера, а время чтения документа алгоритмом DOM растет экспоненциально по мере увеличения объема данных. StAX показывает результат немного хуже, чем у SAX, но их рост является пропорциональным.

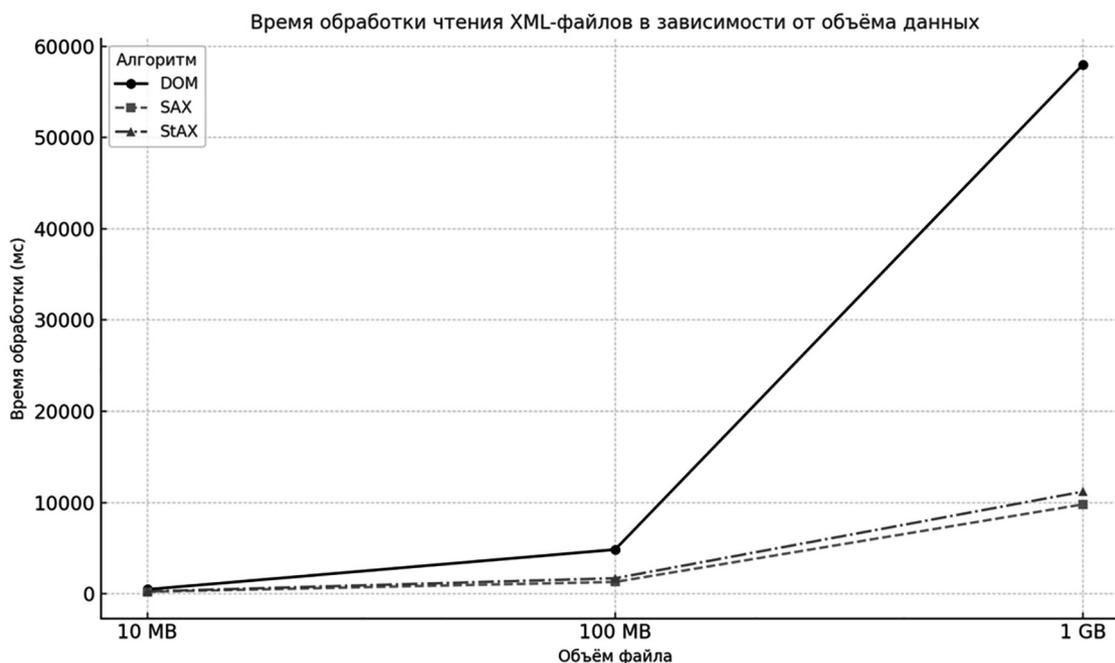


Рис. 2. Время обработки чтения XML-файла в зависимости от объема данных
Источник: составлено авторами

Обсуждая полученные результаты, важно рассмотреть дополнительные практические рекомендации, которые могут помочь инженерам выбрать наилучший алгоритм для решения конкретной задачи. DOM будет являться предпочтительной технологией, если при работе с файлом требуются многократные возвращения к уже прочитанным узлам XML. Также это актуально для задач, связанных с генерацией XML-документа, если в них необходимо постоянно возвращаться и вносить правки в уже сгенерированные узлы. DOM в этом случае обеспечивает эффективную работу благодаря тому, что вся структура доступна в памяти в виде дерева. Однако важно учитывать, что при работе программы в условиях ограниченной оперативной памяти использование DOM может привести к частому срабатыванию сборщика мусора (Garbage Collector). Данный процесс может дополнительно увеличить время обработки.

В высоконагруженных распределенных системах должна быть возможность организовать структуру приложения таким образом, чтобы узлы (instance) могли параллельно обрабатывать разные фрагменты документа или несколько файлов одновременно [9; 10]. В этом случае подходящими технологиями для обработки будут являться SAX и StAX, которые позволяют читать поток сразу, без необходимости загрузки полной структуры XML в память.

При необходимости обработки XML со сложной структурой, где логика предполагает частую фильтрацию и агрегацию данных или одновременное чтение разных частей документа, нужно проанализировать, какой подход сделает разработку программы более удобной и быстрой: событийный у SAX или поток-курсор у StAX. Событийный подход предполагает вызов обработчиков при наступлении определенных событий (начало элемента, конец элемента, текст и т.д.), поэтому программисту придется вручную сохранять состояние для выполнения более сложной логики. Поток-курсорный подход работает как «указатель», последовательно перемещающийся по элементам XML. Это упрощает доступ к нужным данным и управление потоком обработки, однако может потребовать дополнительного кода для выборочного чтения и пропуска определенных сегментов документа.

Независимо от выбранного алгоритма, перед развертыванием в промышленной среде рекомендуется проводить нагрузочное тестирование (load testing) и профилирование (profiling). Такие инструменты, как VisualVM и Java Flight Recorder, упомя-

нутые в статье, позволяют выявить «узкие места» и оптимизировать код.

Заключение

Анализируя результаты проведенного исследования, можно сделать вывод о том, что выбор наилучшей технологии для работы с XML-файлами зависит от требований системы, объема обрабатываемых данных и специфики задачи. SAX является наиболее эффективным алгоритмом, так как ему требуется наименьшее время и объем памяти для проведения операций над файлами любых размеров. В то же время SAX показывает меньшую производительность, но выигрывает за счет простоты и удобства интерфейса, что делает его подходящим выбором для задач, включающих в себя сложные запросы с несколькими условиями. DOM подходит только для работы с небольшим размером данных, но является полезным инструментом для построения полного дерева документа в памяти и управления его структурой.

Одной из ключевых особенностей, выявленных в ходе экспериментов, стала важность оценки потребления памяти наряду с производительностью. В условиях современных высоконагруженных систем, где ресурсы серверов часто лимитированы, использование алгоритмов с минимальными требованиями к памяти становится приоритетным. Это делает SAX предпочтительным выбором в сценариях, где работа с большими объемами данных происходит в условиях ограниченной инфраструктуры.

Полученные результаты имеют прикладное значение для разработки высоконагруженных приложений, требующих обработки XML-файлов. Применение этих алгоритмов может быть эффективно адаптировано для различных систем, включая серверные платформы, интеграционные решения и системы обмена данными. Перспективы дальнейших исследований могут включать анализ новых подходов, таких как использование бинарных форматов XML и их влияние на производительность, а также исследование интеграции алгоритмов с современными архитектурными подходами, включая микросервисы и контейнеризацию.

Список литературы

1. Ali M., Khan M.A. Enhancing XML Data Parsing and Querying Performance on Multi-Core Architectures // *Journal of Statistics, Computing and Interdisciplinary Research*. 2024. № 6–1. P. 75–89. DOI: 10.52700/scir.v6i1.158.
2. Schweinsberg K., Wegner L. Advantages of complex SQL types in storing XML documents // *Future Generation Computer Systems*. 2017. T. 68. P. 500–507. DOI: 10.1016/j.future.2016.02.013.

3. Ali M., Khan M.A. Performance enhancement of XML parsing using regression and parallelism // *Computer systems science and engineering*. 2024. № 48–2. P. 287–303. DOI: 10.32604/csse.2023.043010.
4. Deshmukh V.M., Bamnote G.R. An Empirical Study of XML Parsers across Applications // *2015 International Conference on Computing Communication Control and Automation*. IEEE, 2015. P. 396–401. DOI: 10.1109/ICCUBEA.2015.83.
5. Зубов М.В., Пустыгин А.Н. Использование абстрактного цифрового автомата для получения универсального промежуточного представления исходного кода программ // *Вестник Астраханского государственного технического университета*. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2015. № 4. С. 57–65. URL: <https://vestnik.astu.org/ru/nauka/article/32480/view> (дата обращения: 20.12.2024).
6. Friesen J. *Java XML and JSON*. New York: Apress, 2016. 308 p.
7. Wu D.Y., Chau K.T., Wang J.Y., Pan C.T. A comparative study on performance of XML parser apis (DOM and SAX) in parsing efficiency // *Proceedings of the 3rd International Conference on Cryptography, Security and Privacy*. 2019. P. 88–92. DOI: 10.1145/3309074.330912.
8. Белых Е.А., Гольчевский Ю.В. Анализ существующих способов решения задачи генерации сложных электронных документов на основе шаблонов // *Информационно-технологический вестник*. 2024. № 4 (42). С. 66–76.
9. Матчин В.Т., Плотников С.Б., Цветков В.Я. Работа с информационными ресурсами в высоконагруженных приложениях // *Образовательные ресурсы и технологии*. 2020. № 4 (33). С. 62–72. DOI: 10.21777/2500-2112-2020-4-62-72.
10. Рудометкин В.А. Повышение отказоустойчивости высоконагруженных систем // *Информационно-технологический вестник*. 2020. № 3 (25). С. 118–123. DOI: 10.21499/2409-1650-2020-25-3-118-123.

УДК 519.876.5

DOI 10.17513/snt.40304

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА УДЕРЖИВАНИЕ РАСПЛАВА ПРИ ЛЕВИТАЦИОННОЙ ПЛАВКЕ

Кульчицкий А.А., Пайор В.А.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет Императрицы Екатерины II»,
Санкт-Петербург, e-mail: doz-ku@rambler.ru, payorv@ya.ru

Статья посвящена изучению влияния электромагнитного поля индуктора на образцы металла, расплавляемые в нем во взвешенном состоянии. В работе описан метод определения численных значений коэффициента неоднородности электромагнитного поля в зависимости от положения расплава в индукторе при плавании во взвешенном состоянии. Приведено описание параметров численной модели напряженности электромагнитного поля конического индуктора. В работе представлены полученные результаты численных экспериментов и установленные по ним зависимости коэффициента неоднородности электромагнитного поля. Анализ показал, что распределение электромагнитного поля в индукторе в существенной мере зависит от геометрических параметров образца и его положения. В ходе экспериментов с численной моделью было установлено, что при увеличении радиуса образца область устойчивой левитации расплава смещается вниз к основанию индуктора, что связано с перераспределением напряженности магнитного поля. Полученные зависимости позволяют более точно прогнозировать условия устойчивой левитации металла. Разработанная численная модель, основанная на методе конечных элементов, может быть использована для проектирования систем контроля и управления процессом плавки во взвешенном состоянии. Результаты исследования могут найти применение в технологиях получения высокочистых металлов.

Ключевые слова: левитационная плавка, численное моделирование, электромагнитное поле, метод конечных элементов, высокочистые материалы, металлургия

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELD INHOMOGENEITY ON MELT RETENTION DURING LEVITATION MELTING

Kulchitskiy A.A., Payor V.A.

Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University,
Saint Petersburg, e-mail: doz-ku@rambler.ru, payorv@ya.ru

The paper is devoted to the study of the influence of the electromagnetic field of the inductor on metal samples melted in it in a suspended state. The paper describes the method of determining the numerical values of the electromagnetic field inhomogeneity coefficient depending on the position of the melt in the inductor when floating in suspension. The description of the parameters of the numerical model of the electromagnetic field strength of the conical inductor is given. The paper presents the obtained results of numerical experiments and the dependences of the electromagnetic field inhomogeneity coefficient established by them. The analysis showed that the electromagnetic field distribution in the inductor essentially depends on the geometrical parameters of the sample and its position. In the course of experiments with the numerical model it was found that when the sample radius increases, the area of stable melt levitation shifts downward to the base of the inductor, which is associated with redistribution of the magnetic field strength. The obtained dependences allow to predict more accurately the conditions of stable metal levitation. The developed numerical model based on the finite element method can be used to design systems for monitoring and controlling the process of melting in suspension. The results of the study can find application in technologies for obtaining high-purity metals.

Keywords: levitation melting, numerical modeling, electromagnetic field, finite element method, high-purity materials, metallurgy

Введение

Металлы и сплавы с высокой степенью очистки находят применение в различных отраслях промышленности [1]. Одной из перспективных технологий получения чистых металлов является плавление во взвешенном состоянии [2]. Несмотря на то, что этот способ бесконтактного плавления металлов был предложен больше века назад (Отто Мук, 1923 г.), широкого распространения в промышленности он так и не получил. Это связано в первую очередь

с высокой энергозатратностью процесса, а также проблемой стабилизации положения расплавляемого металла в индукторе [3]. Решение задачи стабилизации положения расплава в индукторе достижимо путем включения в технологический процесс плавления во взвешенном состоянии системы стабилизации расплава [4]. Для создания такой системы необходимо учитывать характер воздействия электромагнитного поля на расплавляемый металл, при этом прямое измерение напряженности поля

в различных точках индуктора не представляется возможным. Применение современных методов численного моделирования позволяет оценить воздействие переменного электромагнитного поля на нагреваемый образец с учетом его размеров, положения в индукторе и свойств металла.

Цель исследования заключается в разработке численного метода оценки неоднородности электромагнитного поля, создаваемого коническим индуктором, и его влияния на стабилизацию расплава при плавке во взвешенном состоянии, а также в решении следующих задач:

1) анализ распределения напряженности магнитного поля в зависимости от геометрии и положения образца;

2) установление численного значения коэффициента неоднородности, характеризующего конфигурацию электромагнитного поля.

Материалы и методы исследования

Воздействие высокочастотного переменного магнитного поля на металл приводит к возникновению в нем вихревых токов (токов Фуко), которые вытесняют поле из пространства, занимаемого металлом [5, 6]. В результате этого в переменном магнитном поле неферромагнитный проводник ведет себя как диамагнетик в постоянном поле. Силовое взаимодействие токов Фуко и магнитного поля выталкивает металл из области с большей плотностью в область с меньшей плотностью поля, называемую потенциальной ямой [7]. Если величина выталкивающей силы достаточно велика (больше или равняется силе тяжести, действующей на образец металла), то металл удерживается во взвешенном состоянии [8, 9].

Воздействие электромагнитного поля на металл можно описать как сумму воздействий электромагнитной силы (F) и поглощенной металлом мощности (P_s), которая идет на его нагревание. Данное условие описывается формулой

$$F_s = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\pi \rho f}} P_s, \quad (1)$$

где F_s – электромагнитная сила, действующая на единицу поверхности металла [Н]; μ – магнитная проницаемость среды; ρ – электрическое сопротивление металла; f – частота электромагнитного поля, P_s – мощность, передаваемая металлу, отнесенная к единице его поверхности.

Устойчивое поддержание образца металла во взвешенном состоянии достижимо только в неоднородном магнитном поле [10]. При этом характер воздействия поля на ме-

талл может быть учтен введением коэффициента A , описывающего конфигурацию магнитного поля, окружающего лимитируемый образец. Введение коэффициента A было предложено А.А. Фогелем [11] для описания геометрической характеристики электромагнитного поля, воздействующего на образец металла. В таком случае выражение (1) примет вид, представленный в формуле

$$F_s = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\pi \rho f}} A p_s S, \quad (2)$$

где S – площадь поверхности металла, A – коэффициент, зависящий исключительно от конфигурации поля у поверхности металла, может быть различным в зависимости от таких условий, как положение образца относительно индуктора, геометрии образца и геометрии самого индуктора. Так, например, при левитации образца в форме диска над компланарным индуктором поле оказывает давление только с одной стороны, при этом величина $A \approx 1$. При всестороннем обжиге образца полем значение коэффициента A достигает минимального значения ($A \rightarrow 0$), в том случае, когда образец полностью окружен однородным полем. Мощность, сообщаемая единице поверхности, выражается формулой

$$P_s = \frac{1}{2} \sqrt{\pi \mu \rho f} H^2, \quad (3)$$

где H – напряженность магнитного поля, воздействующего на образец.

В результате решения системы уравнений Максвелла для образца в продольном плоскопараллельном магнитном поле установлена зависимость магнитной составляющей поля от его частоты для условия

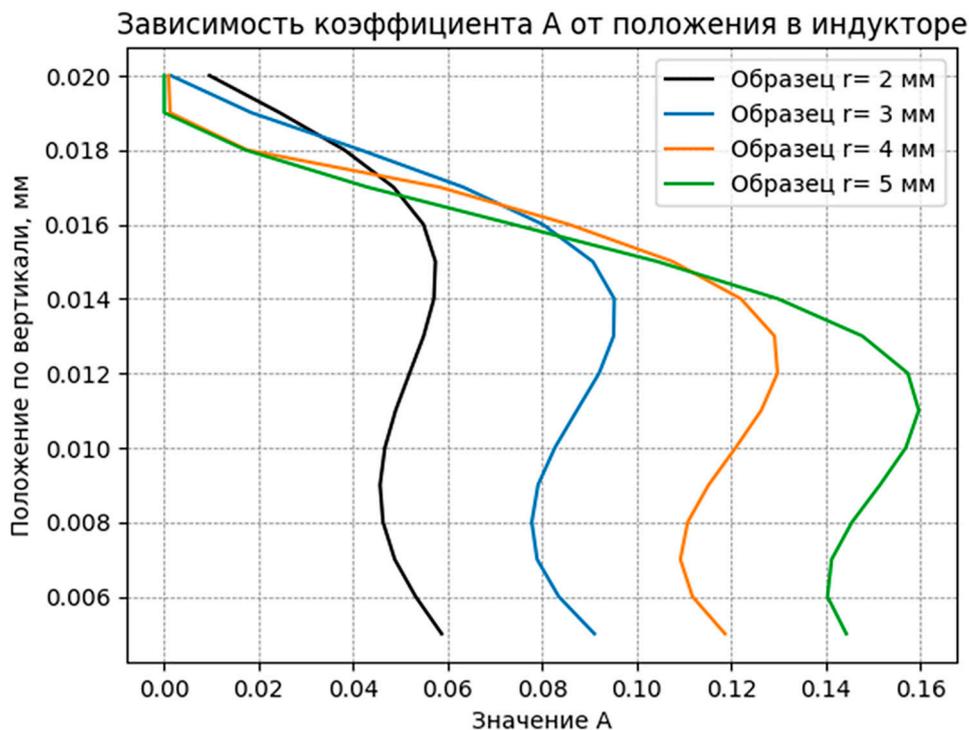
$$\beta x = \operatorname{Re} \left[\frac{\sigma y B z}{2} \right] = \operatorname{Const}. \quad (4)$$

Таким образом, при фиксированном размере металлического образца существует определенный диапазон частот f , при которых металл левитирует в электромагнитном поле. Определение конкретного значения частоты тока для обеспечения состояния левитации определяется электрическим сопротивлением металла и его положением в индукторе [12, 13].

Отсюда следует, что задача стабилизации положения образца в индукторе может быть сведена к поиску конфигурации электромагнитного поля (значений частоты и силы тока в индукторе), при которой равнодействующая силы тяжести и силы Лоренца, действующих на образец, будет стремиться к нулю [14, 15].

Параметры численной модели индуктора

Параметр	Значение
Сопротивление проводника индуктора (медь), Ом	0,0128
Сопротивление образца (алюминий), Ом	0,028
Магнитная проницаемость проводника индуктора (медь), Гн/м	$1.257 \cdot 10^{-6}$
Магнитная проницаемость образца (алюминий), Гн/м	$1.257 \cdot 10^{-6}$
Магнитная проницаемость среды (воздух), Гн/м	$1.257 \cdot 10^{-6}$
Частота тока в индукторе, Гц	50000
Сила тока в индукторе, А	470



Графики зависимостей значений коэффициента A от положения в индукторе по вертикали для образцов алюминия разных радиусов

Для определения значения коэффициента неоднородности электромагнитного поля A из выражения (2) разработана численная модель напряженности электромагнитного поля индуктора на основе метода конечных элементов (МКЭ). Модель включает в себя геометрию конического индуктора из 5 витков и 1 противовитка и образец металла. Для ускорения расчетов модель выполнена на двумерной и описывает распределение напряженности электромагнитного поля в плоскости оси симметрии индуктора. Данное допущение было принято исходя из симметрии конструкции индуктора. Построение численной модели осуществлялось в программном комплексе Agros2D.

Параметры численной модели приведены в таблице.

Результаты исследования и их обсуждение

Для установления зависимости коэффициента A от изменения положения в индукторе была проведена серия расчетов напряженности магнитного поля индуктора в численной модели. В рамках эксперимента варьировались положение и размеры образцов алюминия в индукторе при неизменной частоте и силе тока.

В ходе виртуального эксперимента в численной модели изменялись положение относительно плоскости основания кони-

ческого индуктора (противовитка) в диапазоне от 0 до 20 мм с шагом 1 мм и размеры алюминиевых образцов в индукторе при фиксированной частоте 50 кГц и силе тока 470 А.

Модель была разработана с учетом физических свойств (электрическое сопротивление и магнитопроницаемость) алюминия и материала индуктора (медь). Для каждого образца, имеющего радиус от 2 до 5 мм, и в каждой точке рассчитывались распределение напряженности электромагнитного поля и величина силы Лоренца, действующей на образец металла.

Численное значение коэффициента A вычислялось из полученной в результате моделирования величины силы Лоренца по формуле

$$A = \frac{F_L}{\pi r^2 \mu \left(\frac{N}{L}\right)^2 I^2}, \quad (5)$$

где A – коэффициент неоднородности электромагнитного поля индуктора, зависящий от геометрической конфигурации поля вокруг образца; F_L – выталкивающая сила Лоренца, действующая на единицу объема металла, обусловленная взаимодействием индукционных токов в образце с внешним магнитным полем; I – сила тока в индукторе, r – радиус образца, N – количество витков индуктора; L – длина проводника индуктора, μ – магнитная проницаемость материала образца.

На рисунке представлены графики изменения значения коэффициента A от положения в индукторе для образцов алюминия различных размеров.

На основе представленного графика на рисунке можно сделать вывод, что зависимость коэффициента A от положения образцов в индукторе варьируется для образцов с разными радиусами (r). С увеличением радиуса образца максимальные значения коэффициента A достигаются в более низких областях индуктора, что объясняется изменением распределения неоднородности электромагнитного поля в зависимости от размера образца. Области с наибольшими значениями, соответствующими коэффициенту, соответствуют областям потенциальных ям для образцов соответствующих размеров. Это говорит о том, что для образцов с разными радиусами существуют оптимальные зоны удержания в индукторе, где влияние электромагнитных сил наиболее эффективно для стабилизации их положения. При увеличении радиуса образца центр такой области смещается вниз,

что следует учитывать при настройке параметров плавки во взвешенном состоянии.

Заключение

В данной работе был предложен метод, позволяющий на основе численной модели определить значение коэффициента неоднородности электромагнитного поля, создаваемого коническим индуктором при плавке металлов во взвешенном состоянии. В ходе исследования установлены зависимости коэффициента неоднородности электромагнитного поля от положения расплавляемого образца в индукторе и его размеров, что позволяет более точно прогнозировать характер воздействия поля на образец металла. Полученные зависимости демонстрируют влияние положения образца на характеристики поля, что является ключевым аспектом для разработки эффективных систем управления левитационной плавкой металлов.

Результаты исследования могут быть интегрированы в систему управления процессом, что способствует повышению стабильности и эффективности плавки, а также позволяет оптимизировать расход энергии. Перспективы дальнейших исследований направлены на экспериментальную апробацию полученных зависимостей и их применение для динамического регулирования технологических режимов в зависимости от изменений в процессе плавки, что обеспечит повышение качества конечного продукта и расширение возможностей использования метода в промышленном производстве.

Список литературы

1. Baake E., Shpenst V.A. Recent Scientific Research on Electrothermal Metallurgical Processes // Journal of Mining Institute. 2019. Vol. 240. P. 660–668. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.660.
2. Li B., Zhang S., Yuan S., Chen G. New Technology of Melting Refractory Metals-Vacuum Levitation Melting. Tezhong Zhuzao Ji Youse Hejin // Special Casting and Nonferrous Alloys. 2016. Vol. 36. DOI: 10.15980/j.tzzz.2016.04.028.
3. Shabalov M.Y., Zhukovskiy Y.L., Buldysko A.D., Gil B., Starshaia V.V. The Influence of Technological Changes in Energy Efficiency on the Infrastructure Deterioration in the Energy Sector // Energy Reports. 2021. Vol. 7. P. 2664–2680. DOI: 10.1016/j.egy.2021.05.001.
4. Lohöfer G., Schneider S. Heat Balance in Levitation Melting: Sample Cooling by Forced Gas Convection in Helium // High Temperatures-High Pressures. 2015. Vol. 44. P. 429–450.
5. Spitans S., Baake E., Jakovičs A., Franz H. Numerical Simulation of Electromagnetic Levitation in a Cold Crucible Furnace // Magnetohydrodynamics. 2015. Vol. 51. P. 567–578. DOI: 10.22364/mhd.51.3.17.
6. Spitans S., Franz H., Baake E., Jakovičs A. Large-Scale Levitation Melting and Casting of Titanium Alloys // Magnetohydrodynamics. 2017. Vol. 53. P. 633–641. DOI: 10.22364/mhd.53.4.5.
7. Spitans S., Franz H., Baake E. Numerical Modeling and Optimization of Electrode Induction Melting for Inert Gas At-

omization (EIGA). *Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science*. 2020. Vol. 51. P. 1918–1927. DOI: 10.1007/s11663-020-01934-5.

8. Yadav S., Verma S.K., Nagar S.K. Optimized PID Controller for Magnetic Levitation System // *IFAC-PapersOnLine*. 2016. Vol. 49. P. 778–782. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.03.151.

9. Okress E.C., Wroughton D.M., Comenetz G., Brace P.H., Kelly J.C.R. Electromagnetic Levitation of Solid and Molten Metals // *J Appl Phys*. 1952. Vol. 23. P. 545–552. DOI: 10.1063/1.1702249.

10. Chamraz Š., Huba M., Žáková K. Stabilization of the magnetic levitation system // *Applied Sciences Switzerland*. 2021. Vol. 11 (21). P. 10369. DOI: 10.3390/app112110369.

11. Фогель А.А. Индукционный метод удержания жидких металлов во взвешенном состоянии. Л.: Машиностроение, 1979. 104 с.

12. Lewis J.C., Neumayer H.R.J., Ward R.G. The Stabilization of Liquid Metal during Levitation Melting // *Journal of Scientific Instruments*. 1962. Vol. 39 (11). P. 569. DOI: 10.1088/0950-7671/39/11/311.

13. Ataşlar-Ayyıldız B., Karahan O., Yılmaz S. Control and robust stabilization at unstable equilibrium by fractional controller for magnetic levitation systems // *Fractal and Fractional*. Vol. 3. P. 101. DOI: 10.3390/fractalfract5030101.

14. Easter S., Bojarevics V., Pericleous K. Numerical modelling of liquid droplet dynamics in microgravity // *Journal of Physics Conference Series*. 2011. Vol. 327 (1). P. 012027. DOI: 10.1088/1742-6596/327/1/012027.

15. Golak S., Panic B. Numerical Model of Large-Scale Levitation Melting Process // *Archives of Metallurgy and Materials*. 2019. Vol. 64. P. 627–632. DOI: 10.24425/amm.2019.127590.

УДК 004.89:622.276.7
DOI 10.17513/snt.40305

НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОКСИ-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГРАММ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ

^{1,2}Тютяев А.В., ¹Кадет В.В., ¹Васильев И.В.,
¹Павлов А.Е., ³Макаров И.Ю., ⁴Макаров Д.Ю.

¹ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ)
имени И.М. Губкина», Москва, e-mail: tyutyayev@mail.ru;

²ООО «СамараНИПИнефть», Самара, e-mail: tyutyayev@mail.ru;

³АО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз», Ноябрьск, e-mail: yura_makarov_54@mail.ru;

⁴СП «Вьетсовпетро», Вунгтау, e-mail: dimonm7@mail.ru

Цель исследования – разработать комплексный, нейросетевой и гидродинамического моделирования двухфазной фильтрации в призабойной зоне метод оптимизации геолого-технологических мероприятий на нефтяных скважинах, проводимых для интенсификации добычи нефти. В качестве элементов прокси-модели для формирования обучающей и тестовой выборки использовалась база данных технологических режимов скважин и эффективности обработок призабойной зоны скважин. Библиотеки оптимизаторов Python и алгоритмы глубокого обучения Pytorch применялись для выбора конкретного вида и параметров процесса. Для конкретного месторождения проведен анализ различных вариантов и эффективности воздействия на нефтяной пласт. Для определенной группы скважин анализ показал эффективность прогрева призабойной зоны скважины. На модели двухфазной фильтрации выполнено гидродинамическое моделирование. Результаты расчетов использовались для детализации процессов в пласте и как дополнение к промысловым данным для повышения качества обучающих и тестовых выборок. Показано, что прокси-моделирование, представляющее собой комбинацию алгоритмов машинного обучения и упрощенного гидродинамического моделирования, позволяет прогнозировать эффективность и оптимизировать процесс планирования программ геолого-технологических мероприятий на нефтяной скважине, повысить рентабельность добычи нефти. Разработанная модель на основе алгоритмов глубокого машинного обучения и гидродинамического моделирования открывает широкие возможности для анализа других видов обработки призабойной зоны, физико-химического воздействия на нефтяной пласт.

Ключевые слова: прокси-модель, геолого-технические мероприятия, нейросети, прогрев призабойной зоны, алгоритм, гидродинамическое моделирование

NEURAL NETWORK PROXY MODELING OF TECHNOLOGICAL INTERVENTION PROGRAMS AT OIL WELLS

^{1,2}Tyutyayev A.V., ¹Kadet V.V., ¹Vasilev I.V.,
¹Pavlov A.E., ³Makarov I.Yu., ⁴Makarov D.Yu.

¹National University of Oil and Gas Gubkin University, Moscow, e-mail: tyutyayev@mail.ru;

²OOO SamaraNIPIneft, Samara, e-mail: tyutyayev@mail.ru;

³JSC Gazpromneft-Noyabrskneftegaz, Noyabrsk, e-mail: yura_makarov_54@mail.ru;

⁴Joint Venture Vietsovpetro, Vung Tau, e-mail: dimonm7@mail.ru

The objective of the work is to develop a comprehensive neural network and hydrodynamic modeling of two-phase filtration in the bottomhole zone method for optimizing geological and technological measures at oil wells carried out to intensify oil production. A database of well process modes and the efficiency of well bottomhole zone treatments was used as elements of the proxy model for forming the training and test samples. Python optimizer libraries and Pytorch deep learning algorithms were used to select a specific type and parameters of the process. For a specific field, an analysis of various options and the efficiency of impact on the oil reservoir was carried out. For a certain group of wells, the analysis showed the efficiency of heating the well bottomhole zone. Hydrodynamic modeling was performed on the two-phase filtration model. The calculation results were used to detail the processes in the reservoir and as a supplement to field data to improve the quality of training and test samples. It is shown that proxy modeling, which is a combination of machine learning algorithms and simplified hydrodynamic modeling, allows predicting the efficiency and optimizing the process of planning programs of geological and technological measures at an oil well, increasing the profitability of oil production. The developed model based on deep machine learning algorithms and hydrodynamic modeling opens up wide opportunities for analyzing other types of bottomhole zone treatment, physical and chemical effects on the oil reservoir.

Keywords: proxy model, geological and technical measures, neural networks, algorithm, heating the bottomhole zone, hydrodynamic modeling

Введение

В настоящее время все более актуальной становится концепция интеллектуальных месторождений [1]. Управление программами геолого-технических мероприятий (ГТМ) на скважинах и физико-химических методов воздействия на пласт для повышения нефтеотдачи связано с необходимостью анализа больших объемов постоянно обновляющихся геолого-физических и технологических данных [2]. Сложность и трудоемкость такого анализа делает актуальной разработку высокоэффективных методов и алгоритмов обработки и анализа промысловых данных. С другой стороны, например, управление и планирование ГТМ представляет собой сложную, многопараметрическую задачу. И самыми важными элементами такой задачи являются выбор скважин-кандидатов для ГТМ и определение вида ГТМ для таких скважин [2]. Так, в работе [2] в этом случае использовались глубокие нейронные сети прямого распространения, а в [3] применялся кластерный анализ для анализа скважин и необходимости проведения ГТМ. В работах [4–6] для выбора скважин кандидатов для ГТМ применялся метод нечеткой логики. В работе [7] этот метод использовался для оценки пласта, операций по бурению и заканчиванию скважин, стимуляции притока.

В исследовании [8] представлен инновационный нейросетевой подход для прогнозирования коэффициента нефтеотдачи в условиях полимерного заводнения. В качестве основы для обучения сети была использована функция обратного распространения ошибки, которая интегрировала семь входных параметров для предсказания единственного выходного значения. Архитектура сети включала скрытый слой из 12 нейронов. Для валидации модели были привлечены независимые экспериментальные данные, подтвердившие ее точность и надежность.

В работах [9, 10] предложена многоаспектная методика оценки эффективности геолого-технических мероприятий, сочетающая в себе статистические методы и алгоритмы машинного обучения. Данная методика позволяет прогнозировать ключевые показатели, такие как прирост дебита жидкости и нефти, объем дополнительной добычи, динамику изменения пластового давления, а также темпы обводнения продукции скважин. Такой комплексный подход обеспечивает более точное планирование и оптимизацию процессов разработки месторождений.

Для управления и прогнозирования разработки месторождений используется также

прокси-моделирование [11–13]. Для скважинных процессов прокси-модель применялась, например, в [14]. Прокси-модель представляет собой упрощенную математическую модель, способную с высокой точностью воспроизводить и прогнозировать ключевые показатели работы скважин, аналогично гидродинамической модели. Однако, в отличие от последней, прокси-модель минимизирует погрешности, поскольку базируется на первичных промысловых данных, что делает ее более адаптивной и менее зависимой от сложных расчетов. Она особенно востребована в случаях, когда объем или качество данных недостаточны для построения полноценной трехмерной гидродинамической модели (ГДМ). Благодаря своей гибкости и скорости расчетов, прокси-модели становятся эффективным инструментом для оперативного анализа и принятия решений в условиях ограниченной информации.

Прокси-модель позволяет проводить расчеты значительно быстрее по сравнению с ГДМ, подходит для оперативного управления разработкой месторождений в реальном времени, не требует детализированных входных данных, быстро адаптируется к изменению режимов работы скважин. Но прокси-модель не учитывает сложные пространственные эффекты и трехмерную геометрию пласта, эффективна только для определенных типов задач (например, оперативное управление), не подходит для долгосрочного прогноза или моделирования сложных сценариев, не способна учесть все тонкости поведения флюидов в пласте, особенно в условиях сильной неоднородности или изменения режима работы месторождения, требует высокой калибровки на основе данных ГДМ или истории эксплуатации, чтобы быть надежной.

Цель исследования – разработать комплексный, нейросетевой и гидродинамического моделирования двухфазной фильтрации метод оптимизации геолого-технологических мероприятий на нефтяных скважинах, проводимых для интенсификации добычи нефти.

Материалы и методы исследования

Для решения оптимизационных задач существуют мощные и современные оптимизаторы Python – Scipy, Optuna, Hyperopt, PySOT. Идея глубокого обучения заключается в обучении искусственной нейронной сети (ИНС) из нескольких слоев в наборе данных. Существует множество библиотек глубокого обучения, таких как TensorFlow, Theano, CNTK, Caffe, Torch, Neon, Pytorch.

В данном случае для обработки таблиц Excel технологических режимов группы скважин месторождения Оренбургской области для определения наиболее эффективных ОПЗ использовался оптимизатор AdamW, библиотеки и модули Python с Min-Max Scaling нормализацией данных.

Рассматривались скважины с историей проведения различных ГТМ: гидравлический разрыв пласта (ГРП), кислотная обработка (СКО), тепловые методы обработки призабойной зоны.

AdamW (Adaptive Moment Estimation with Weight Decay) – это модификация оптимизатора Adam, которая включает в себя регуляризацию весов (weight decay), что делает его эффективным для задач оптимизации, таких как выбор эффективных обработок нефтяных скважин. В данном случае AdamW может быть использована для настройки параметров модели, которая предсказывает эффективность различных технологических обработок на основе технологических характеристик скважин.

После численных экспериментов с варьированием числа слоев и нейронов для решения задачи выбора ГТМ была использована полносвязная нейронная сеть (MLP) с тремя скрытыми слоями и методом Dropout регуляризации данных, предотвращающим переобучение, с вероятностью отключения нейронов 0,3. Архитектура сети включает входной слой с 10 нейронами, 3 скрытых слоя с 32 нейронами в каждом и выходной слой с 3 нейронами (ГРП, СКО, прогрев).

Входные параметры ИНС:

- Температура на забое ($^{\circ}\text{C}$).
- Давление на забое (МПа).
- Повышение дебита ($\text{м}^3/\text{сут}$).
- Плотность нефти ($\text{кг}/\text{м}^3$).
- Вязкость нефти ($\text{мПа}\cdot\text{с}$).

- Пористость пласта (%).
- Проницаемость пласта (мД).
- Обводненность скважины (%).
- Глубина скважины (м).
- Тип коллектора.

В качестве активационной функции в скрытых слоях использовалась функция ReLU, а в выходном слое – Softmax. Функция потерь – CrossEntropyLoss, которая широко используется в задачах классификации в машинном обучении, особенно в задачах с несколькими классами. Она измеряет разницу между распределением вероятностей, предсказанным моделью, и истинным распределением (метками классов). Чем меньше значение кросс-энтропийной потери, тем лучше модель предсказывает правильные классы.

Результаты исследования и их обсуждение

Сеть обучалась на данных 500 скважин. На рис. 1 представлены результаты обучения нейросети на обучающей и валидационной выборке.

График потерь показывает уменьшение потерь на обучающей и валидационной выборках. График точности показывает увеличение точности на обеих выборках. Обученная таким образом ИНС позволяет оценить вероятность успешного проведения определенного типа ГТМ для тестовой выборки скважин. Если в качестве тестовой выборки взять данные малобитных глубоких скважин, разрабатывающих пласт с высоковязкой нефтью, то получим результаты, подобные приведенным в таблице.

Таким образом, выполненная классификация позволяет разработать перспективную программу проведения различных ГТМ на этом наборе скважин.

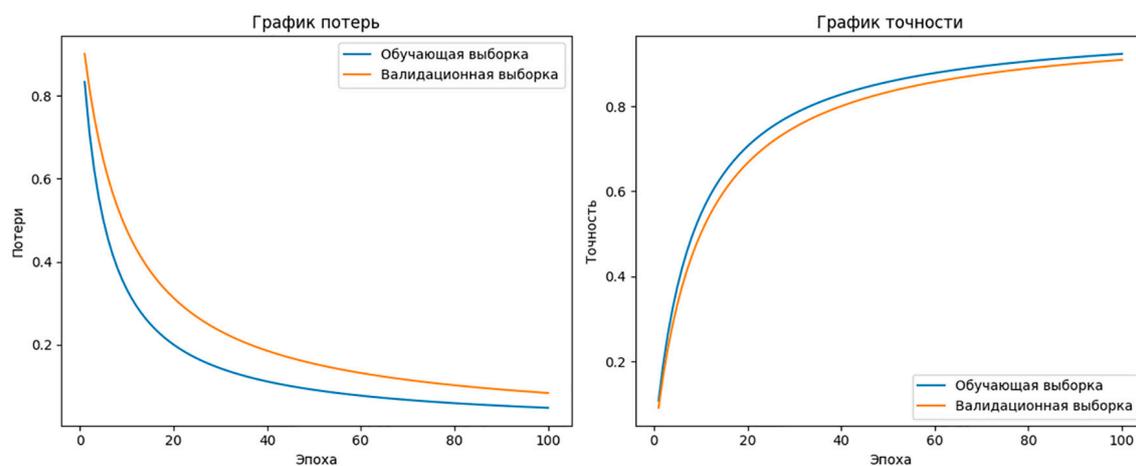


Рис. 1. Графики изменения потерь и точности в задаче выбора типа ГТМ

Результаты выбора ГТМ на тестовых скважинах

Образец	Вероятность успешного применения		
	ГРП	СКО	Прогрев
1	0,3	0,2	0.5
2	0,2	0,2	0.6
3	0,1	0,3	0.6
4	0,5	0,1	0.4
5	0,3	0,3	0.6
6	0,2	0,3	0.5

Вместе с тем для реализации сформированной программы потребуются технико-экономическое обоснование предстоящих работ, которое, помимо оценки экономических показателей, включает еще и технологические параметры, выбор оборудования, а также оценку состояния объекта, в том числе пласта.

Такую оценку можно сделать разными способами, с помощью промышленных симуляторов, 3D-гидродинамического моделирования, программных пакетов с открытым исходным кодом, упрощенных математических моделей и т.д. Представляется интересным также использование машинного обучения и при выборе оптимальных параметров ГТМ. Однако использование машинно-

го обучения для определения эффективных параметров ГТМ требует представительной и достоверной информации об опыте применения конкретной технологии. Если такого опыта нет или недостаточно, то возможно использовать результаты расчетов на математических моделях как материал для обучающей и валидационной выборок. Тогда точность определения параметров ГТМ будет зависеть еще и от точности используемых математических моделей. Поскольку одному из авторов приходилось участвовать в нескольких проектах по оптимизации добычи высоковязкой нефти на малодебитных скважинах в Оренбургской области и часть результатов приведена в работах [15, 16], то дальнейшее изложение материала будет основано и на этих материалах тоже. Цели нейросетевой оптимизации на этом этапе: увеличить дебит нефти, снизить время прогрева, снизить температуру на забое, уменьшить вязкость нефти.

Метрики:

1. Дебит нефти, Q1.
2. Время прогрева, Q2.
3. Температура на забое, Q3.
4. Вязкость, Q4.

Веса:

- $w1 = 0.4$ (важность дебита нефти).
- $w2 = 0.3$ (важность прогрева).
- $w3 = 0.2$ (важность температуры).
- $w4 = 0.1$ (важность вязкости).

Целевая функция:

$$\text{Целевая функция} = w1 \cdot Q1 + w2 \cdot Q2 + w3 \cdot Q3 + w4 \cdot Q4.$$

Использовалась комбинированная функция потерь с учетом метрик:

$$\text{Loss} = w1 \cdot \text{MSE}_{\text{дебит}} + w2 \cdot \text{MSE}_{\text{прогрев}} + w3 \cdot \text{MSE}_{\text{температура}} + w4 \cdot \text{MSE}_{\text{вязкость}},$$

где MSE – среднеквадратичная ошибка (Mean Squared Error), стандартная функция потерь для задач регрессии. Она измеряет среднее значение квадратов отклонений предсказаний от истинных значений. Архитектура сети представляла собой входной слой с 10 нейронами, 3 скрытых слоя с 64, 32, 32 нейронами с функцией активации ReLU и выходной слой с 4 нейронами без функции активации в соответствии с метриками. Входные параметры ИНС вместо плотности нефти включали время прогрева.

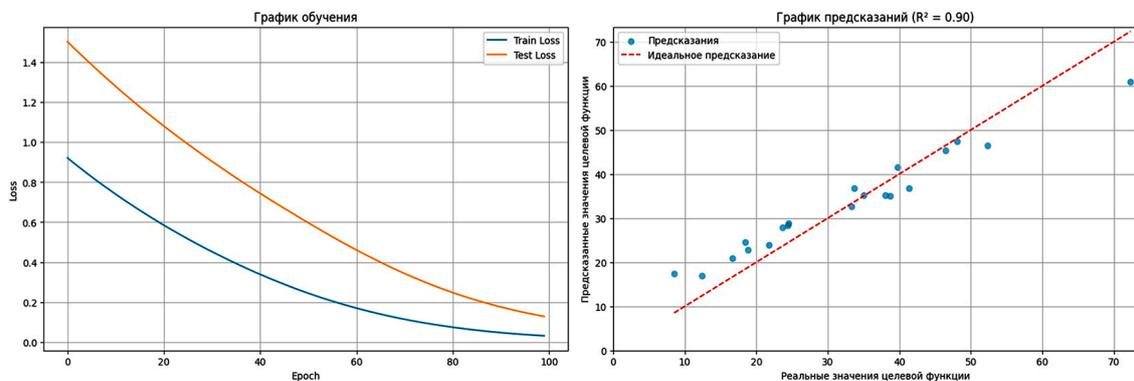


Рис. 2. График обучения и предсказания режимов прогрева

Следует отметить, что входные параметры и метрики – это разные, но взаимосвязанные понятия в контексте ИНС. Входные параметры представляют собой данные, которые подаются на вход модели, а метрики используются для оценки ее производительности. Качество входных параметров напрямую влияет на метрики, поэтому важно тщательно выбирать и анализировать входные данные для достижения высоких результатов. Кроме того, входные параметры используются для гидродинамического моделирования, которое позволяет более детально описать процесс. Результаты обучения на выборке из 100 скважин представлены на рис. 2.

Снижение ошибок на тренировочной и тестовой выборках показывает хорошее обучение нейросети. На графике предсказаний R^2 -коэффициент детерминации – это статистическая метрика, которая показывает, насколько хорошо модель объясняет вариацию целевой переменной. Другими словами, R^2 измеряет, насколько хорошо модель предсказывает значения целевой переменной по сравнению с простым средним значением:

- $R^2 = 1$, модель идеально объясняет все вариации данных, все точки лежат на линии предсказаний;

- $R^2 = 0$, модель не объясняет вариации данных, предсказания модели не лучше, чем простое среднее значение;

- $R^2 < 0$, модель работает хуже, чем предсказание средним значением, это может произойти, если модель сильно переобучена или неправильно настроена.

Проверка модели на группе тестовых скважин показала точность определения режимов прогрева и дебита не хуже 21 %.

Как было отмечено, некачественные промысловые данные существенно влияют на возможности и обоснованность результатов нейросетевых алгоритмов. Альтернативой и дополнительным инструментом может служить математическое моделирование.

$$\frac{\partial}{\partial t}(c_{nl} \cdot \rho_{nl} \cdot T) = \text{div}(\lambda_{nl} \cdot \text{grad } T) - \frac{\partial}{\partial r}(w_{жс} \cdot c_{жс} \cdot \rho_{жс} \cdot T) + q_3,$$

где λ_{nl} – эффективный коэффициент теплопроводности пласта (порода + флюид);

$\lambda_{скж}$ – коэффициент теплопроводности горной породы;

w – скорость фильтрации флюида;

$c_{жс}, c_{nl}$ – удельная массовая теплоемкость флюида и пласта (жидкость и порода) соответственно;

$\rho_{жс}, \rho_{nl}$ – плотность флюида и пласта;

T – температура.

В численных расчетах для оценки влияния температурного фактора на призабой-

ную зону использовались экспериментальные зависимости относительных фазовых проницаемостей от водонасыщенности [16].

Сформулированная задача решалась численно методом конечных элементов. Некоторые практически важные результаты решения представлены на рис. 3–6. Расчеты выполнялись с постоянной температурой на стенке скважины, что имитирует работу электронагревателей различных типов. Обращает на себя внимание зависимость размера зоны прогрева от дебита на скважине.

Цель упрощенного гидродинамического моделирования после выбора эффективного ГТМ заключается в оценке влияния данного мероприятия на производительность скважин и общие показатели разработки месторождения. Это моделирование позволяет решить важные вопросы:

1. Оценить эффективность ГТМ. Определить, насколько выбранное мероприятие улучшает дебит скважин, снижает обводненность.

2. Предсказать, как изменятся показатели добычи (дебит нефти, воды).

3. Оптимизировать разработку. Использовать результаты моделирования для принятия решений о дальнейших действиях, таких как планирование новых ГТМ, корректировка системы заводнения или изменение режимов работы скважин.

4. Снизить риски. Упрощенное моделирование помогает минимизировать неопределенность и риски, связанные с внедрением новых технологий или изменением условий разработки.

В работах [15, 16] одного из авторов данной статьи достаточно подробно проанализированы различные аспекты технологии прогрева нефтяных скважин. Теоретически в рамках моделей однофазной и двухфазной фильтрации пластовых флюидов показаны преимущества и недостатки различных способов прогрева: электронагреватель, нагревательный кабель, ультразвуковой и электромагнитный прогрев призабойной зоны скважины.

Математическая модель процесса прогрева пласта включает уравнения движения и сохранения массы воды и нефти (в двухфазной постановке) [16]. Отличительной особенностью рассматриваемой модели является необходимость учета, в рамках однотемпературной задачи, конвективного и кондуктивного переноса тепла с помощью уравнения энергии:

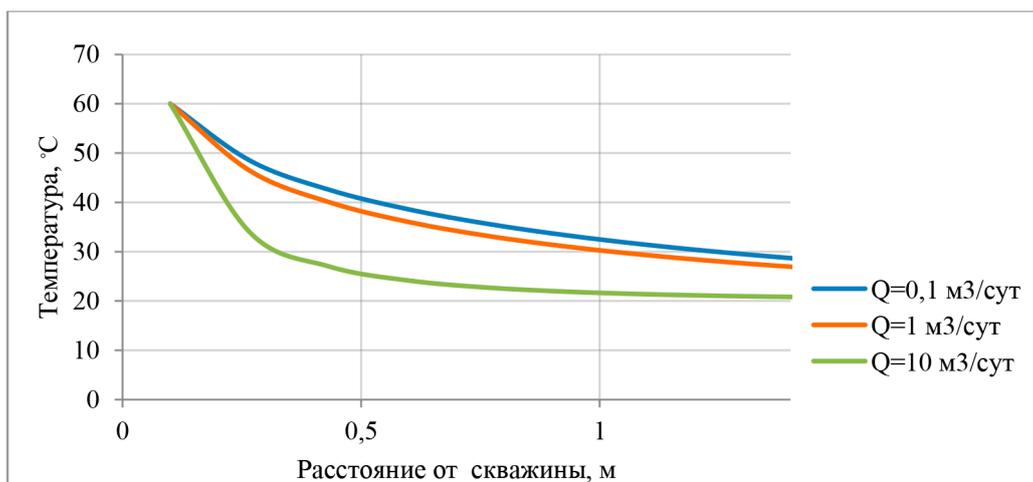


Рис. 3. Распределение температуры в пласте при температуре нагревателя 60°C

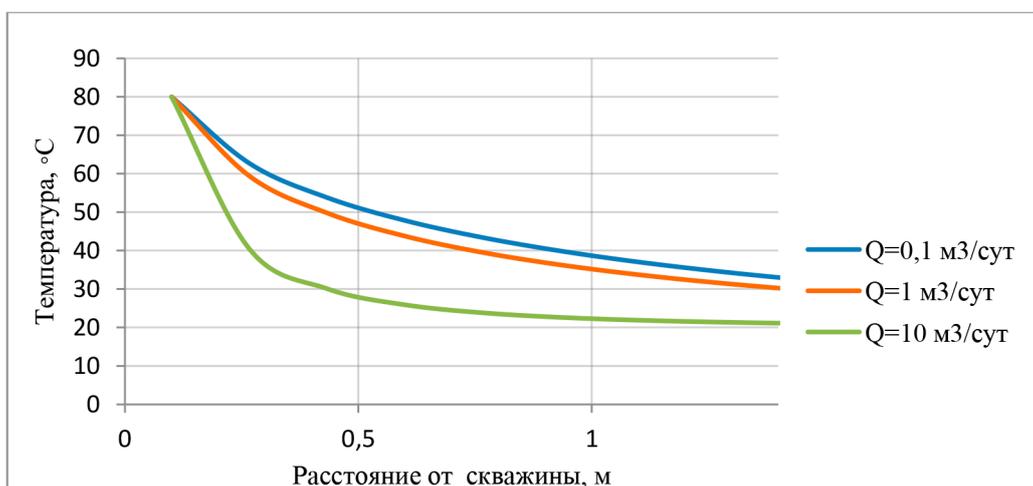


Рис. 4. Распределение температуры в пласте при температуре нагревателя 80°C

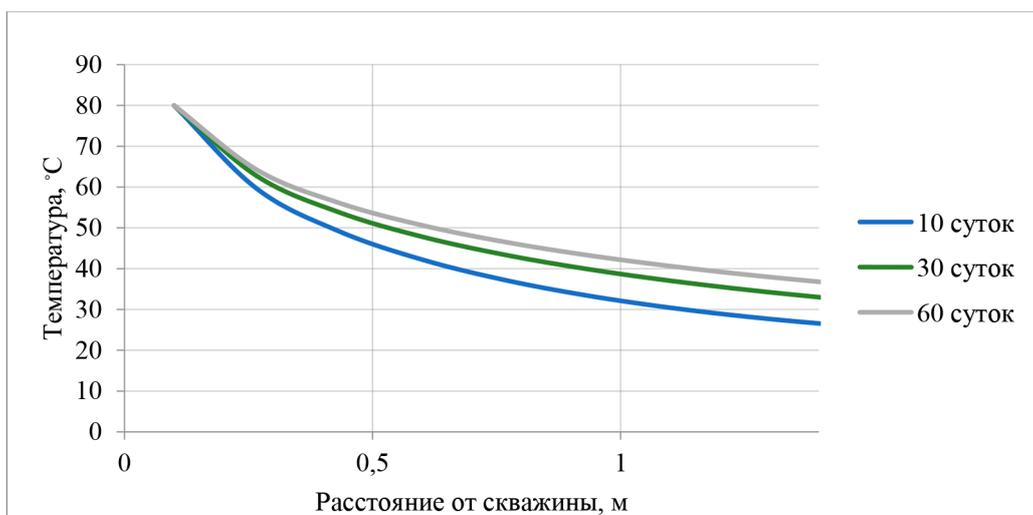


Рис. 5. Распределение температуры в пласте при температуре нагревателя 80°C ($Q = 1 \text{ м}^3/\text{сут}$)

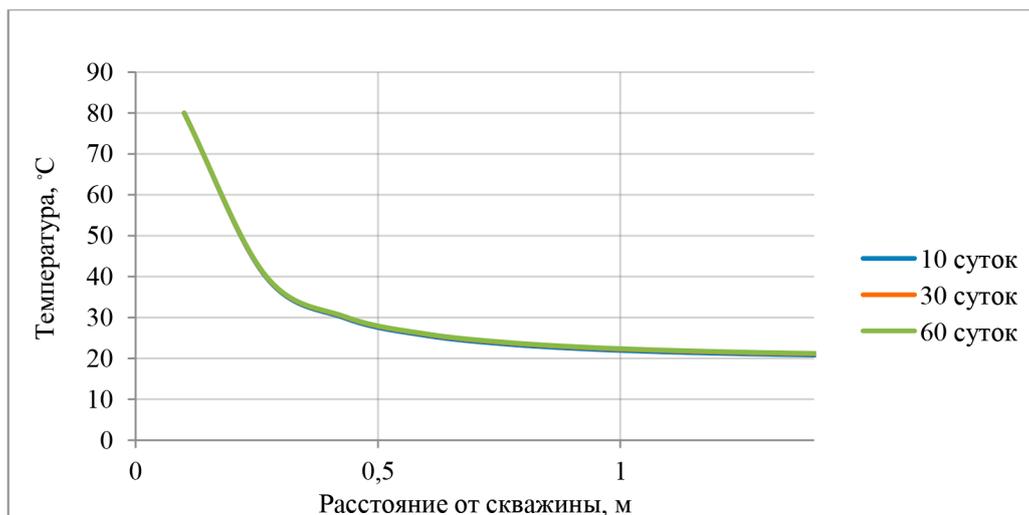


Рис. 6. Распределение температуры в пласте при температуре нагревателя 80°C ($Q = 10 \text{ м}^3/\text{сут}$)

При дебитах Q больше 10 м^3 (рис. 6) зона прогрева вообще не зависит от длительности процесса. В этом случае конвективный перенос тепла от холодного флюида к скважине превышает кондуктивный в пласт от нагревателя.

Именно этим объясняется малая зона прогрева при использовании электронагревателей на малodeбитных скважинах. Что, впрочем, не исключает их применения для растворения парафинов и декольматации в узкой прискважинной зоне. Расчетами показано, что применение электронагревателей может повысить дебит низкодебитной скважины максимум в 1,5 раза за счет снижения вязкости нефти. На нейросетевой модели, построенной на промышленных данных, максимальное повышение дебита при температуре 80°C в 1,2 раза. Отличие результатов по математической модели и полученных в ИНС можно объяснить тем, что в математическую модель закладываются исходные «идеальные» начальные данные, которые, как известно, существенно меняются в процессе эксплуатации скважины.

Заключение

В рамках совместного применения методов машинного обучения и гидродинамического моделирования показана возможность планирования ГТМ на нефтяных скважинах. С помощью нейросетевой оптимизации, на базе данных технологических режимов скважин с историей проведения различных ГТМ разработан алгоритм классификации скважин по эффективным ГТМ. Приведена возможная архитектура ИНС для оптимизации режимов прогрева низкодебитных скважин, что представляет особую значимость для разработки месторождений с высоковязкой нефтью. В отличие от традиционных подходов, представленных в большинстве научных работ, в данной статье предложен комплексный метод, сочетающий в себе алгоритмы глубокого машинного обучения и математическое моделирование двухфазной фильтрации в призабойной области. Такой подход позволяет не только учесть сложные физико-химические процессы, происходящие в пласте, но и существенно повысить точность прогнозирования результатов теплового воздействия.

В ходе численного моделирования получены пространственные распределения ключевых характеристик пласта, таких как температура, вязкость флюида и их влияние на эффективность добычи. Результаты расчетов подтвердили, что предложенная методика позволяет лучше прогнозировать извлечения нефти, особенно в условиях высокой вязкости и низкой проницаемости пласта.

Список литературы

1. Березина А.А., Череповицын А.Е. Экономическая концепция нефтегазового «интеллектуального» месторождения // Нефтяное хозяйство. 2014. № 14. С. 14–15.
2. Евсюткин И.В., Марков Н.Г. Управление геологическими мероприятиями на месторождениях нефти и газа с использованием искусственных нейронных сетей // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2020. Т. 23, № 1. С. 62–69. DOI: 10.21293/1818-0442-2020-23-1-62-69.
3. Келлер Ю.А. Применение кластеризации данных на основе самоорганизующихся карт Кохонена при подборе скважин-кандидатов для методов увеличения нефтеотдачи // Управление, вычислительная техника и информатика. Вест-

ник Томского государственного университета. 2014. Т. 28, № 3. С. 32–37.

4. Kashapov A. The Application of the Fuzzy Sets Theory for Candidate Wells Selection // SPE Russian Petroleum Technology Conference, Moscow, Russia, October 2015. Paper Number: SPE-176744-MS/ [Электронный ресурс] URL: <https://onepetro.org/SPERPTC/proceedings-abstract/15RPTC/All-15RPTC/SPE-176744-MS/183875> (дата обращения: 15.11.2024).

5. Галиуллин М.М., Зимин П.В., Васильев В.В. Методика выбора скважин-кандидатов для интенсификации добычи с использованием математического аппарата нечеткой логики // Нефтяное хозяйство. 2011. № 6. С. 120–123.

6. Odedele T.O., Ibrahim H.D. Oil Well Performance Diagnosis System Using Fuzzy Logic Inference Models // Proceedings of The World Congress on Engineering. 2014. P. 80–85.

7. Okwu M.O., Nwachukwu N.A. A review of fuzzy logic applications in petroleum exploration, production and distribution operations // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2018. Vol. 9. P. 1555–1568. DOI: 10.1007/s13202-018-0560-2.

8. Созыкин А.В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей // Вестник ЮУиГУ. Сер.: Вычислительная математика и информатика. 2017. Т. 6, № 3. С. 28–59. DOI: 10.14529.

9. Хадавимогаддам Ф., Мостаджеран М., Мищенко И.Т., Телков В.П. Оценка полимерного заводнения в коллекторе тяжелой нефти с использованием искусственной нейронной сети // Газовая промышленность. 2019. № 12 (794). С. 34–38.

10. Кочнев А.А., Козырев Н.Д., Кочнева О.Е., Галкин С.В. Разработка комплексной методики прогноза эффективности геолого-технических мероприятий на основе алгоритмов машинного обучения // Георесурсы. 2020. № 22 (3). С. 79–86. DOI: 10.18599/grs.2020.3.79-86.

11. Кривцов А.М. Прокси-моделирование энергетического состояния залежи // Цифровая платформа по разработке и применению цифровых двойников CML-Bench [Электронный ресурс]. URL: https://nticenter.spbstu.ru/nti_projects/55 (дата обращения: 22.12.2024).

12. Назипов В.Т., Мугатабарова А.А. Создание прокси-модели для автоматизации расчетов технологических показателей разработки месторождения на основе теории Бакли – Леверетта // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2022. № 2 (136). С. 42–57. DOI: 10.17122/NTJ-OIL-2022-2-42-57.

13. Марков П.В., Боталов А.Ю., Нижельский Д.В., Расторгуев М.Н., Воробьев Д.С., Гадельшина Э.Р., Ковязина Д.М., Косяков В.П. Методология сравнения инструментов прокси-моделирования пласта для нефтегазоконденсатного месторождения в условиях импортозамещения // Нефтепромысловое дело. 2024. № 2 (662). С. 5–16. URL: <https://journal.gubkin.ru/journals/oilfield/2024/2-662/> (дата обращения: 22.12.2024).

14. Садыкова А.А. Прокси-моделирование работы горизонтальных скважин с многостадийным гидроразрывом пласта в условиях низкопроницаемых коллекторов // Академическая публицистика. 2019. № 11. С. 39–43. URL: <https://aeterna-ufa.ru/sbornik/AP-2019-11.pdf> (дата обращения: 22.12.2024).

15. Тютяев А.В., Должикова А.С., Зверева И.С. Расчетный метод оценки эффективности электропрогрева нефтяных скважин // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-19. С. 4188–4191.

16. Тютяев А.В., Макаров Ю.Д., Должиков А.С., Должикова И.С. Моделирование электромагнитного воздействия на месторождениях с высоковязкой нефтью // Нефть. Газ. Новации. 2024. № 6. С. 22–28.

УДК 004.021:551
DOI 10.17513/snt.40306

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ МАСШТАБА И ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Юсупова А.Р., Исмагилов М.И., Барахнина В.Б.,
Исмагилова С.М., Фёдорова Н.В.

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Уфа, e-mail: verarosental@rambler.ru*

Цель исследовательской работы – автоматизация расчета практической работы студентов, обучающихся в Уфимском государственном нефтяном техническом университете по направлению «Техносферная безопасность», а именно масштаба и последствий радиоактивного заражения. Для достижения поставленной цели проведен сравнительный анализ методик оценки промышленной безопасности радиационно опасных объектов, рассмотрена предметная область (оценка радиоактивного заражения территории), составлены алгоритмы для оценки радиационной обстановки по нормативной документации, проведен анализ существующих решений. Выбраны средства проектирования и инструменты разработки геоинформационной системы, позволяющей оценивать масштаб и последствия аварии на опасном производственном объекте. Приведено функциональное моделирование программного средства, включающее контекстную диаграмму верхнего уровня, а также ее декомпозицию. В результате разработано программное средство, реализующее оценку радиационной обстановки. Разработанный программный комплекс позволяет существенно уменьшить время, необходимое для расчета и графического отображения масштаба, последствий инцидента или аварии, сопровождающихся радиационным заражением местности, прилегающей к опасному объекту. Разработанная геоинформационная система может использоваться для определения размеров зон заражения радиоактивными элементами, последствий облучения персонала и территории, прилегающей к рассматриваемому объекту. Программное средство может быть применено как при составлении плана ликвидации аварии на радиационно опасном объекте, так и в процессе обучения студентов вузов (направление – «Техносферная безопасность»).

Ключевые слова: радиационно опасный объект, геоинформационная система, программное средство, прогнозирование, последствие, масштаб, радиоактивное заражение, промышленная и экологическая безопасность

GEOINFORMATION MODEL FOR PREDICTING THE SCALE AND CONSEQUENCES OF AN ACCIDENT AT A RADIATION-HAZARDOUS FACILITY

Yusupova A.R., Ismagilov M.I., Barakhnina V.B.,
Ismagilova S.M., Fedorova N.V.

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: verarosental@rambler.ru

The purpose of the research was to automate the calculation of the practical work of students studying at Ufa State Petroleum Technical University in the field of Technosphere safety, namely, the scale and consequences of radioactive contamination. To achieve this goal, a comparative analysis of methods for assessing the industrial safety of radioactive hazardous facilities was carried out. The subject area (radiation-hazardous objects) is considered, algorithms for assessing the radiation situation according to regulatory documentation are compiled, and an analysis of existing solutions is carried out. The design tools and tools for the development of a geoinformation system have been selected, which makes it possible to assess the scale and consequences of an accident at a hazardous production facility. A functional modeling of the software tool is presented, including a top-level contextual diagram, as well as its decomposition. As a result, a software tool has been developed that implements the assessment of the radiation situation. The developed software package makes it possible to significantly reduce the time required to calculate the scale and consequences of a large-scale radioactive contamination at the facility. Visualization of radioactive contamination zones provides a visual representation of the consequences of accidents at radiation-hazardous facilities. The developed geoinformation system can be used to determine the size of zones of contamination with radioactive elements, the effects of radiation exposure of personnel and the territory adjacent to the object under consideration. The software tool can be used both in drawing up a plan for the elimination of an accident at a radiation-hazardous facility, and in the process of teaching university students ("Technosphere Safety" direction).

Keywords: radiation-hazardous object, geoinformation system, software, forecasting, consequence, scale, radioactive contamination, environmental protection

Введение

Антропогенное радиоактивное излучение наносит непоправимый вред окружающей среде [1]. Пагубное влияние радиационного воздействия затягивается на десятилетия. Поэтому проблемы обеспечения

безопасности в областях, использующих ядерную энергию, стоят особенно остро [2]. Для надежной защиты населения от последствий чрезвычайных ситуаций необходимо быстро оценивать масштаб аварии на опасном производственном объекте (ОПО) [3].

Прогнозирование последствий заключается в определении уровня радиационного облучения населения и ликвидаторов аварии.

Цель исследования – автоматизация расчета практической работы студентов, обучающихся в Уфимском государственном нефтяном техническом университете по направлению «Техносферная безопасность», а именно масштаба и последствий радиоактивного заражения.

Материалы и методы исследования

Для сравнительного анализа были выбраны несколько инструментов проектирования. В качестве базового использовался инструмент моделирования, который автоматизировал процессы проектирования и разработки программных продуктов – Computer-Aided Software Engineering (CASE). Основная цель использования CASE заключается в повышении эффективности выполнения рабочих процессов: сокращении времени и денежных средств на разработку программного обеспечения. ERwin process modeler входит в число CASE инструментов, которые позволяют моделировать бизнес-процессы. Он относится к категории I-CASE. При помощи инструментов ERwin process modeler возможно представить в графическом виде любую структуру и задачу. ERwin process modeler предназначен для создания функциональных моделей программного обеспечения, улучшает взаимопонимание между всеми участниками процессов. В результате сравнительного анализа существующих инструментов моделирования для реализации программного средства (ПС) был выбран язык программирования C# (объектно-ориентированный язык программирования с C-подобным синтаксисом). Синтаксис данного языка программирования схож с синтаксисами таких языков программирования, как C++, Java. В 2023 г. его рейтинг возрос на 2%, что яв-

ляется самым высоким показателем прироста популярности. По мнению аналитиков, велика вероятность того, что C# может войти в топ-3 индекса TIOBE, заменив язык С. Язык C# имеет большую коллекцию поддерживаемых библиотек, что позволяет сэкономить время при разработке приложений.

Результаты исследования и их обсуждение

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: программная реализация алгоритмов оценки масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения, включающая анимацию взрыва и распространения радиоактивного заражения, а также верификацию результатов; тестирование ПС и внедрение в процесс обучения студентов направления «Техносферная безопасность» [3].

Как показывает сравнительный анализ существующих программных продуктов в интересующей области, выполнить прогноз распространения зон радиоактивного заражения возможно только с помощью нескольких ПС. Рассмотрим некоторые из них.

ПС для прогнозирования масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения [4] имеет интуитивно понятный, дружелюбный интерфейс, но не дает расчета экономической оценки ущерба от аварии на ОПО. Также нет возможности учесть изменение метеоусловий.

ГИС «Панорама» имеет возможность создания и редактирования цифровых карт и планов городов [5]. Она автоматизирует расчет масштаба радиоактивного заражения на местности в результате аварии на радиационно опасном объекте и визуализирует полученные результаты. В основе ГИС лежат карты, полученные со спутника [6]. ПС учитывает неровности поверхности земной коры (горы, холмы, впадины и т.д.) [7]. Окно программы ГИС «Панорама» показано на рис. 1.

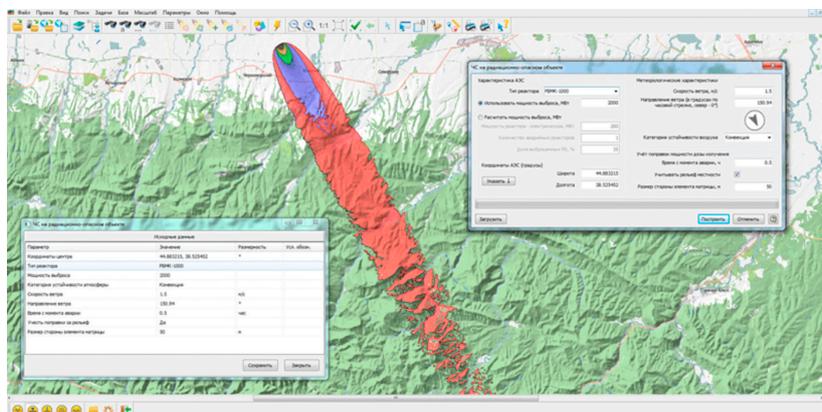


Рис. 1. Окно программы ГИС «Панорама» [5]

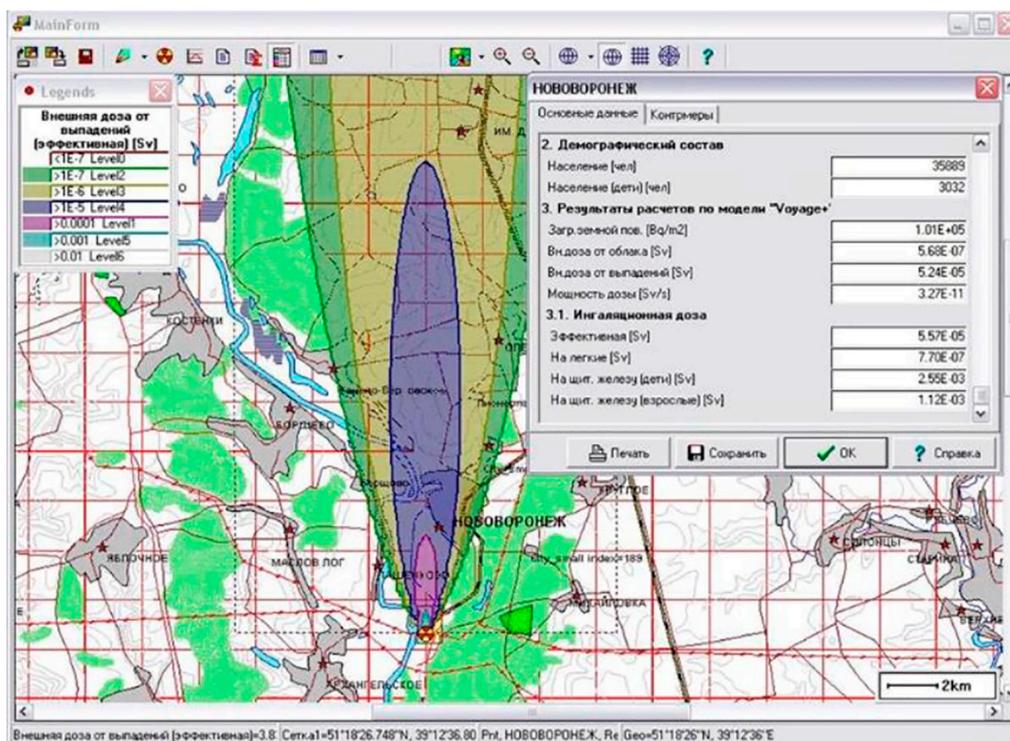


Рис. 2. Окно программного комплекса «НОСТРАДАМУС» [8]

Другой программный комплекс аналогичной направленности, «НОСТРАДАМУС», предназначен для оперативного прогнозирования радиационной обстановки при аналогичных выбросах радиоактивных веществ в атмосферу [8]. Окно программы представлено на рис. 2.

Программный комплекс позволяет аналогично рассчитать радиационные показатели и визуализировать зоны распространения радиоактивного заражения. В отличие от предыдущего ПС, здесь используются планы местности без учета ее пересеченности. В результате получается не совсем точное в отношении плана местности изображение распространения радиоактивного заражения, вызванного аварией на радиационно опасном объекте. «НОСТРАДАМУС» рассчитан на более узкую специализацию. Так, для работы в программном комплексе необходимы знания в области радиоактивной химии.

В результате сравнительного анализа существующих ПС выявлены их общие недостатки: нехватка подсказок для пользователей, мелкий шрифт в некоторых окнах, отсутствие ключевых показаний и представления единиц измерения в некоторых модулях.

На основании результатов анализа предметной области было проведено проектирование ПС. Была построена новая

SADT-модель. Сущность модели – разрабатываемое ПС может более точно прогнозировать масштабы и последствия крупномасштабного радиоактивного заражения: размеры зон опасного и чрезвычайного опасного заражения, дозы облучения людей, радиационные поражения для соответствующих доз. По результатам размеров зон происходит визуализация распространения радиоактивного заражения. Для оценки масштаба по результатам данных радиационной разведки пользователь вводит следующие параметры: тип и мощность реактора, время и дата аварии, ключевые параметры аварии (от момента взрыва), тип укрытия и др.

По введенным данным ПС рассчитывает уровень истинной солнечной инсоляции, класс устойчивости атмосферы, размеры зон заражения, исходя из этих данных происходит визуализация распространения радиоактивного следа. ПС реализует подсчет дозы и радиационного поражения в выбранных пользователем населенных пунктах. При оценке по данным радиационной разведки ПС позволяет быстро рассчитать значение радиационной дозы и соответствующее ей радиационное поражение. На рис. 3 представлена контекстная диаграмма разработанной модели.

Декомпозиция контекстной диаграммы изображена на рис. 4.

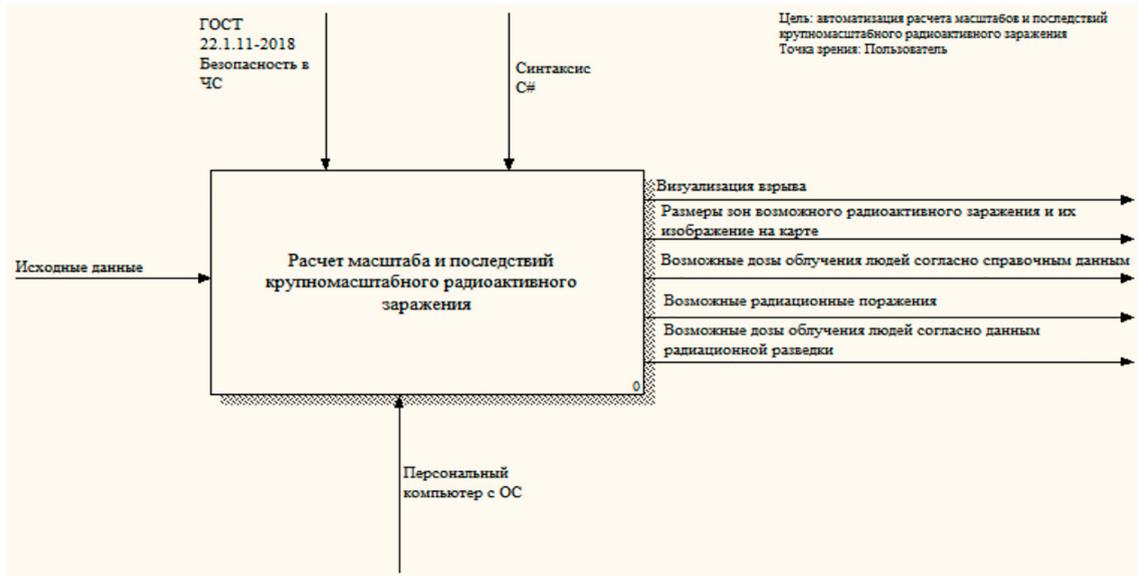


Рис. 3. Контекстная диаграмма модели геоинформационной системы для прогнозирования масштаба и последствий радиоактивного заражения [4]

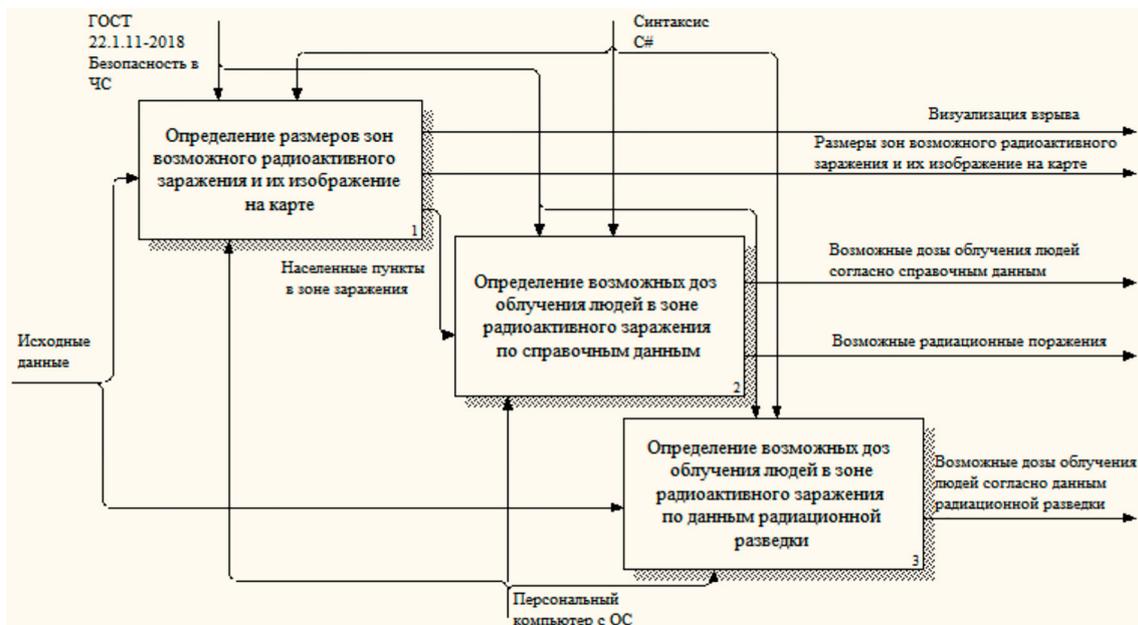


Рис. 4. Декомпозиция контекстной диаграммы модели геоинформационной системы для прогнозирования масштаба и последствий радиоактивного заражения на исследуемом объекте [4]

Возможна оценка радиационной обстановки двумя способами: согласно справочным данным и согласно данным, полученным при радиационной разведке. Наиболее приоритетной задачей является определение зон радиоактивного заражения. Данная задача решается на уровне теории с использованием справочных данных. Задача по определению размеров зон радиоактив-

ного заражения сводится к необходимости соотносить входные условия с табличными значениями. В результате получают значения масштаба в километрах для исходных условий. Следующий пункт – нанесение зон на карту или план местности. Начальной точкой считается объект, на котором произошла гипотетическая авария. В дальнейшем, по определенным размерам и направ-

лению ветра схематически откладываются эллипсы в соответствии с масштабом карты или схемы. Для определения доз облучения и последствий необходимо определить, какие объекты местности попадают под зоны заражения. Следующим этапом будет определение удаленности объектов от источника заражения. Дозы внутреннего и внешнего облучения зависят от удаленности от аварии, количества выброшенного радиоактивного вещества. Как и в предыдущих случаях, оценка производится по справочным материалам – базам данных. По величине поглощенных доз оцениваются последствия для персонала и окружающей среды.

По нормативам, величина дозы облучения ребенка принимается в 2,7 раз выше, чем величина облучения взрослого человека. В результате обобщения методических

рекомендаций был составлен алгоритм, позволяющий произвести оценку радиационной обстановки (рис. 5).

Для определения доз облучения и последствий для населения и ликвидаторов аварии, находящихся непосредственно в зоне радиоактивного заражения, применяется метод оценки радиационной обстановки по данным разведки. Основная идея данного метода – замер мощности радиации на определенное время после аварии позволяет определить мощность дозы гамма-излучений на любой момент после аварии. По величине экспозиционной дозы определяется степень лучевой болезни и ее влияние на здоровье человека. Обобщенный алгоритм оценки радиационной обстановки по данным радиационной разведки приведен на рис. 6.

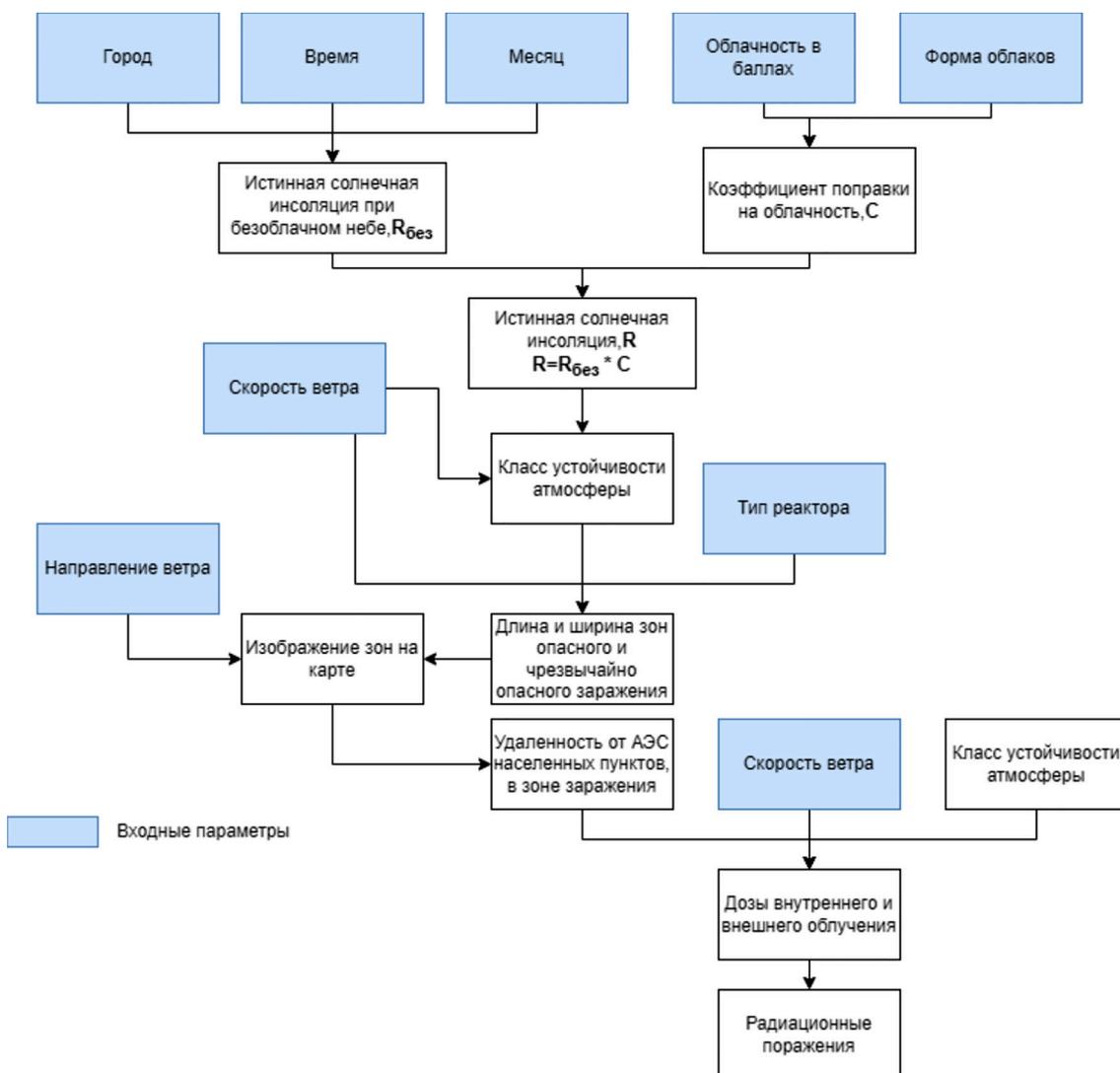


Рис. 5. Алгоритм расчета масштаба и последствий радиоактивного заражения по справочным данным [4]

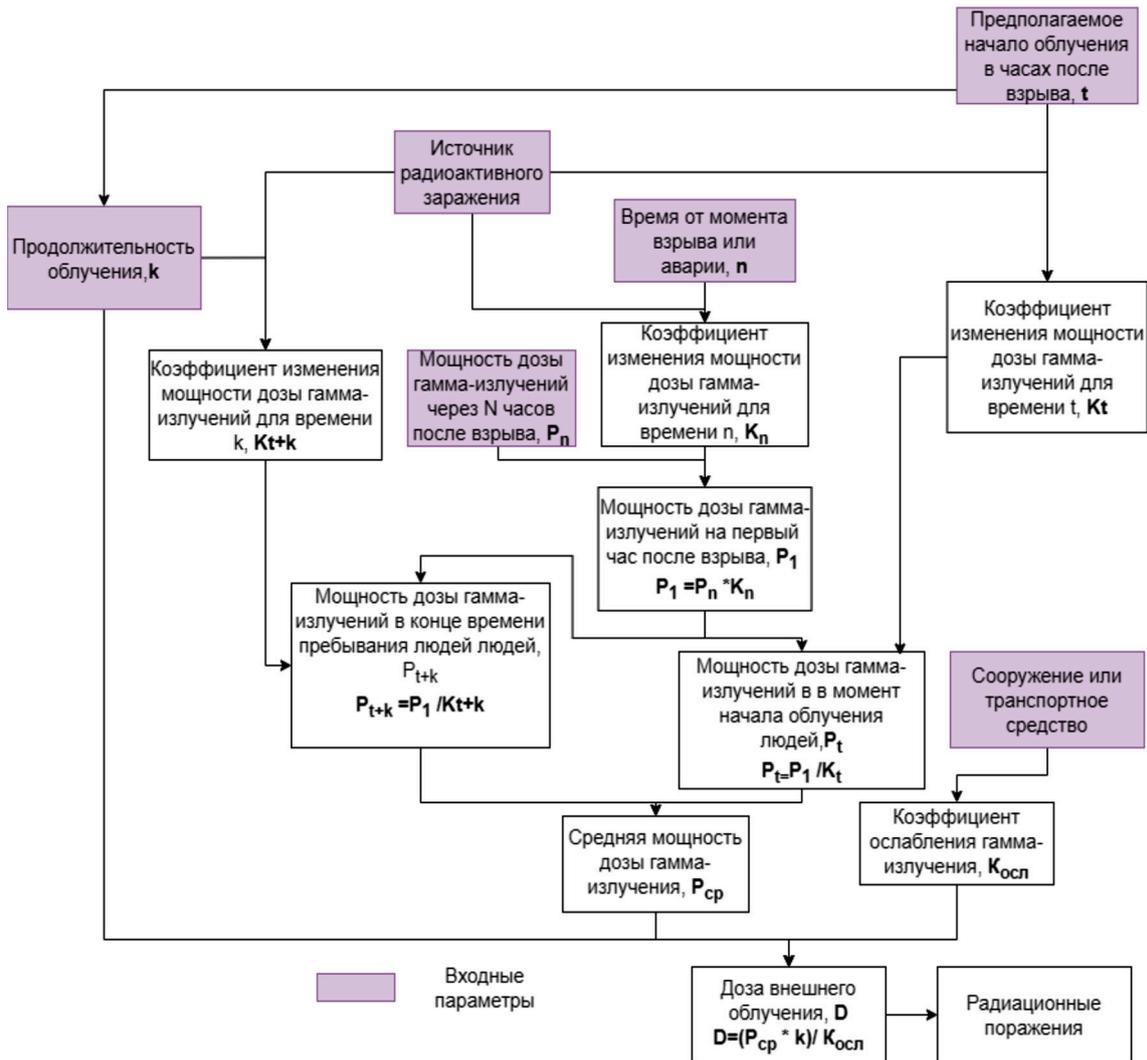


Рис. 6. Алгоритм расчета последствий радиоактивного заражения по данным радиационной разведки [4]

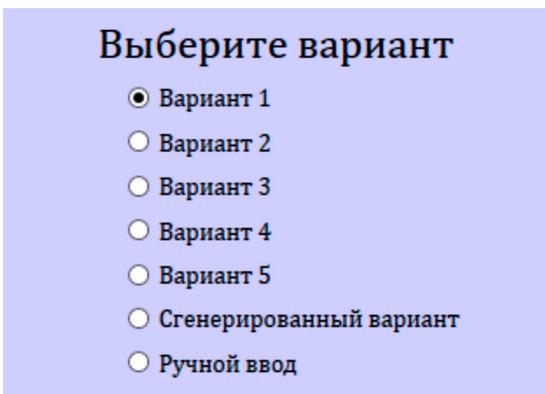


Рис. 7. Элементы RadioButton [3]

Исходные данные для оценки, согласно справочным данным, инициализируют-

ся в классе Task1_parameters. По нажатию на RadioButton, изображенных на рис. 7, соответствующие вариантам, происходит присваивание переменным данных выбранного варианта.

Для хранения справочных материалов, а также значений переменных, необходимых для генерации отчета, используются структуры Dictionary<Key, Value>, которые представляют собой пары ключ – значение. В .NET для словарей предусмотрено два интерфейса IDictionary и IDictionary<TKey, TValue>, как показано на рис. 8.

Исходные данные для пяти готовых вариантов хранятся в структуре Dictionary. Генерация отчета по выполнению практической работы осуществляется при помощи шаблона документа Microsoft Word в формате .docx и закладок (рис. 9).

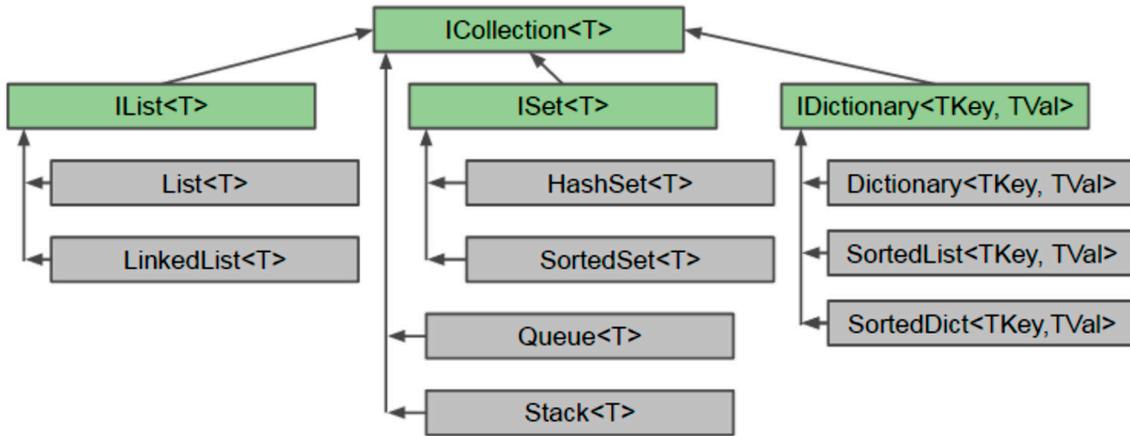


Рис. 8. Иерархия интерфейсов [3]

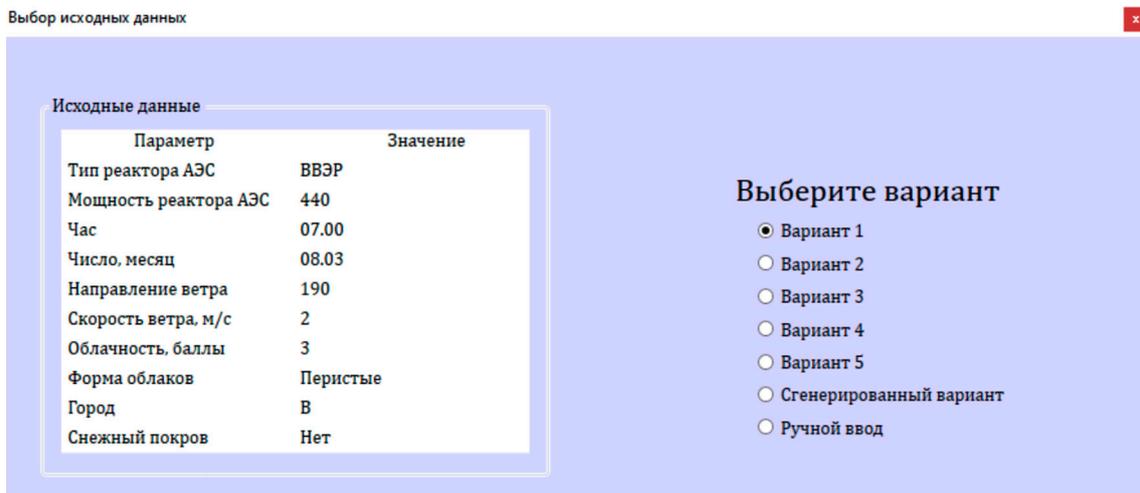


Рис. 9. Закладки в шаблоне отчета [3]

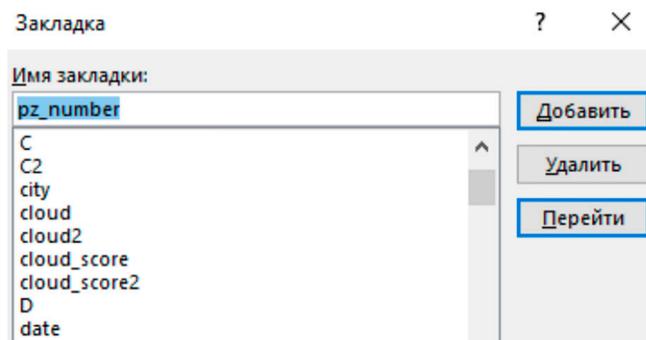


Рис. 10. Выбор исходных данных для оценки согласно справочным данным [3]

На протяжении всех расчетов программа сохраняет необходимые данные для заполнения шаблона в структуру Dictionary, где ключом является строка, соответствующая имени закладки в шаблоне. Для запуска программы необходимо запустить исполняемый файл radiation.exe. После запуска

появляется начальное окно ПС. Навигация в программе осуществляется по стрелкам влево/вправо. Для оценки согласно справочным данным пользователю предоставляется выбор: выбрать из готовых вариантов, сгенерировать вариант или ввести данные вручную (рис. 10).

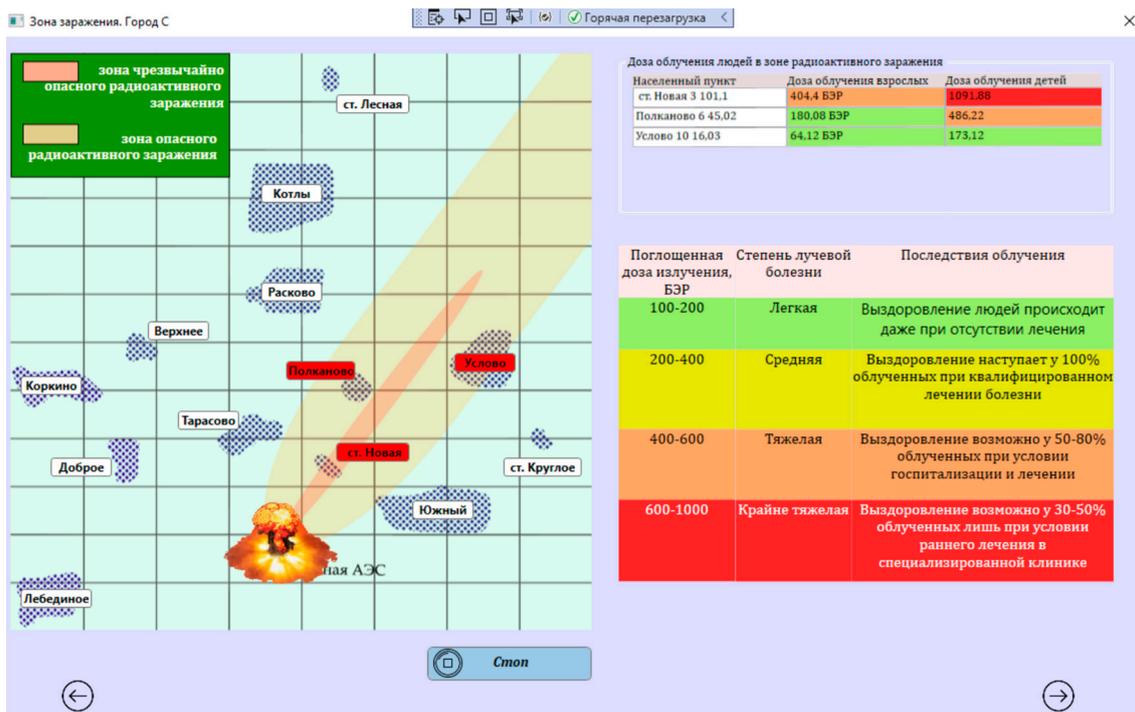


Рис. 11. Визуализация распространения взрыва и зон радиоактивного заражения. Последствия от радиоактивного облучения [4]

По полученным данным, в соответствии с направлением ветра и масштабом заражения, программа визуализирует распространение облака заражения (рис. 11).

По карте пользователь определяет населенные пункты, и по нажатию на кнопки, соответствующие данным населенным пунктам, в таблицу заносится результат о полученной дозе облучения. Эта таблица, в свою очередь, сопоставляется с таблицей нормативных доз облучения и последствий и выделяется цветом, соответствующим тяжести последствия облучения. ПС позволяет моделировать изменение метеоусловий территории воздействия аварии и рассчитывать экономический ущерб от нее.

Заключение

Проведено функциональное моделирование ПС, включающее контекстную диаграмму верхнего уровня, а также ее декомпозицию. В результате разработано ПС, реализующее оценку радиационной обстановки. Разработанное ПС предназначено для автоматизации расчета масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения в соответствии с ГОСТ 22.1.11-2018, а также для визуализации зон радиоактивного заражения. ПС занимает 32 МБ дискового пространства. Не требует установки, подключения к ин-

тернету (десктопное). Для запуска программы необходимо запустить исполняемый файл radiation.exe.

Результатом исследовательской работы является ПС для прогнозирования масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения. Для достижения поставленной цели проведен сравнительный анализ нормативных документов в области промышленной безопасности, выбраны средства проектирования и инструменты разработки. Разработанное ПС позволяет существенно уменьшить время, необходимое для расчета масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения. Визуализация зон радиоактивного заражения дает наглядное представление о последствиях аварий на радиационно опасных объектах. Изображение зон радиоактивного заражения территории, полученное в ГИС, наиболее точно отображает установившийся масштаб аварии. ПС может быть использовано как при составлении плана ликвидации аварии на радиационно опасном объекте, так и в процессе обучения студентов вузов (направление «Техносферная безопасность»).

Список литературы

1. Курындин А.В., Киркин А.М., Ляшко И.А. О необходимости развития проблемно-ориентированных программных средств для поддержки принятия регулирующих

решений в области использования атомной энергии // Ядерная и радиационная безопасность. 2022. № 1 (103). С. 19–31. DOI: 10.26277/SECNRS.2022.103.1.002.

2. Попов Е.В., Пантелеев В.А., Сегаль М.Д., Гаврилов С.Л., Седнев В.А., Лысенко И.А. Анализ информационно-моделирующих систем поддержки принятия решений при реагировании на чрезвычайные ситуации радиационного характера // Технологии техносферной безопасности. 2019. № 2 (84). С. 119–131. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.119-131.

3. Филиппова А.Г., Филиппов В.Н., Барахнина В.Б., Тяжелникова В.А. Определение ущерба от аварийной утечки нефти и нефтепродуктов. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU № 2024612186. Патентообладатель ФГБОУ ВО «УГНТУ». 2024.

4. Хузина Р.И., Филиппова А.Г., Киреев И.Р. Программное средство для прогнозирования масштаба и последствий крупномасштабного радиоактивного заражения. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660978. Патентообладатель ФГБОУ ВО «УГНТУ». 2022.

5. ГИС «Панорама». Комплекс прогнозирования чрезвычайных ситуаций. [Электронный ресурс]. URL: <https://gisinfo.ru/products/emergency.htm> (дата обращения: 17.12.2024).

6. Документация и учебные материалы к геоинформационным системам КБ «Панорама». [Электронный ресурс]. URL: <https://gisinfo.ru/download/doc.html> (дата обращения: 23.12.2024).

7. Чухвачева Ю.Е., Тимофеев А.Н., Агафонова О.В. Обновление локальных участков векторных карт в ГИС «ПАНОРАМА» // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2023. Т. 1. № 1. С. 138–144. DOI: 10.33764/2618-981X-2023-1-1-138-144.

8. Губин А.В., Фролов К.Р., Волошак В.И. Неблагоприятные варианты развития ракетно-ядерного кризиса на Корейском полуострове и их влияние на российский Дальний восток // Известия Восточного института. 2020. № 2 (46). С. 29–45. DOI: 10.24866/2542-1611/2020-2/29-45.

9. ГОСТ 22.1.11-2018. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Методика оценки радиационной обстановки при запроектной аварии на атомной станции. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 004.89

DOI 10.17513/snt.40307

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ
УПРАВЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ****Хазиахметова Г.А., Мубаракшина Д.Н., Ахмадеева Л.Р.***ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань,
e-mail: GAHaziahetova@kpfu.ru*

Использование технологий искусственного интеллекта в производственных системах приводит к значительным изменениям в управлении и принятии решений, повышая эффективность операций и снижая затраты. Внедрение этих технологий способствует цифровой трансформации производства, улучшает взаимодействие сотрудников и способствует повышению качества выпускаемой продукции. Цель работы – изучение возможностей применения технологий искусственного интеллекта для оптимизации процессов управления в производственных системах. Методология исследования основана на анализе и систематизации научной литературы, нормативно-технической документации и практических кейсов. В ходе исследования был проведен анализ 54 публикаций, из которых отобраны 23, охватывающих основные направления развития искусственного интеллекта, его интеграцию в производственные системы. Рассмотрены публикации из научных баз данных Elibrary.ru и КиберЛенинка за последние 5 лет. В ходе исследования установлено, что технологии искусственного интеллекта, такие как машинное обучение, нейронные сети, алгоритмы нечеткой логики, цифровые двойники и прогнозная аналитика, позволяют решать широкий спектр задач в производстве. Проанализированы примеры использования искусственного интеллекта в системах планирования, автоматизации процессов, логистики, управления ресурсами и контроля качества. Выявлены ключевые преимущества внедрения интеллектуальных систем, включая повышение точности прогнозирования, оптимизацию логистических маршрутов, сокращение простоев оборудования и снижение операционных затрат. Исследование подтверждает универсальность технологий искусственного интеллекта и их значимость для повышения конкурентоспособности предприятий. Развитие отраслевых стандартов внедрения искусственного интеллекта, основанных на классификации по ГОСТ Р 59277-2020, является важным направлением для дальнейшей модернизации промышленности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, оптимизация управления, производственные системы, цифровая трансформация, качество продукции

**THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES
FOR OPTIMIZING MANAGEMENT PROCESSES
IN PRODUCTION SYSTEMS****Khaziakhmetova G.A., Mubarakshina D.N., Akhmadeeva L.R.***Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, e-mail: GAHaziahetova@kpfu.ru*

The use of artificial intelligence technologies in manufacturing systems leads to significant changes in management and decision-making, increasing operational efficiency and reducing costs. The implementation of these technologies contributes to the digital transformation of production, enhances employee interaction, and helps improve the quality of manufactured products. The aim of this study is to explore the possibilities of applying artificial intelligence technologies to optimize management processes in manufacturing systems. The research methodology is based on the analysis and systematization of scientific literature, regulatory and technical documentation, and practical case studies. The study included an analysis of 54 publications, from which 23 were selected, covering the main directions of artificial intelligence development and its integration into manufacturing systems. Publications from the scientific databases Elibrary.ru and CyberLeninka over the past five years were reviewed. The study found that artificial intelligence technologies, such as machine learning, neural networks, fuzzy logic algorithms, digital twins, and predictive analytics, enable solving a wide range of manufacturing tasks. Examples of artificial intelligence applications in planning systems, process automation, logistics, resource management, and quality control were analyzed. The key benefits of implementing intelligent systems were identified, including improved forecasting accuracy, optimization of logistics routes, reduction of equipment downtime, and lower operational costs. The study confirms the versatility of artificial intelligence technologies and their importance in enhancing the competitiveness of enterprises. The development of industry standards for artificial intelligence implementation, based on the classification in GOST R 59277-2020, is an important direction for the further modernization of the manufacturing sector.

Keywords: artificial intelligence, management optimization, production systems, digital transformation, product quality

Введение

Использование современных технологий, в том числе искусственного интеллекта (ИИ), вызывает значительные изменения в подходах к управлению и принятию

решений в сфере производства. И.В. Ариничев утверждает, что эти преобразования затрагивают все уровни производственных систем, требуя пересмотра устоявшихся методов управления и взаимодействия между

участниками цепочек создания уровня цен [1, с. 290]. О.В. Кирякова и соавт. обращают внимание, что внедрение автоматизированных решений на основе ИИ способствует цифровой трансформации различных областей управления, инфраструктуры и профессиональных навыков [2, с. 81]. Процессы цифровизации предполагают создание интеллектуальных систем управления, использующих широкий спектр технологий ИИ, таких как искусственные нейронные сети, алгоритмы нечеткой логики, методы машинного обучения, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы [3, с. 84]. По мнению Н.В. Сопиной и соавт. применение нейросетей и технологий ИИ приносит значительные преимущества, включая повышение эффективности производственных операций, сокращение издержек и улучшение качества выпускаемой продукции [4, с. 222].

Современные реалии эффективного производства требуют формирования интегрированной системы, которая объединяет анализ данных, возможности ИИ и участие человека в едином управленческом процессе. Такая система обеспечивает не только оптимизацию производственных процессов, но и устойчивость результатов [1, с. 295]. Е.В. Зайцева и соавт. считают, что ключевую роль в реализации интегрированного подхода играет автоматизация, основанная на использовании передовых ИТ-инструментов. Эти технологии включают в себя применение математических моделей, способных прогнозировать и оптимизировать процессы благодаря методам ИИ [5, с. 111]. К.М. Крюков и соавт. высказывают мнение, что особенно перспективным решением становится сочетание технологий цифровых двойников и ИИ. Такой подход позволяет корректировать физические производственные модели через виртуальные аналоги, что значительно увеличивает точность и эффективность управленческих решений [6, с. 17]. И.Б. Шевчук и соавт. в качестве актуального инструмента бизнес-планирования выделяют разработку компьютерных экспертных систем. Такие системы не только упрощают процесс управления, но и помогают минимизировать возможные риски [7, с. 295]. Учитывая изложенное, стоит отметить, что интегрирование технологий ИИ в производственные процессы имеет решающее значение в контексте оптимизации управления рабочими задачами, обоснования управленческого решения, взаимодействия сотрудников предприятия и обеспечивает рост эффективности производства и качества выпускаемой продукции.

Цель исследования состоит в изучении вариантов применения технологий ИИ для оптимизации процессов управления в производственных системах.

Материалы и методы исследования

Методической базой научного исследования стали результаты научно-практических и методических работ ученых в области ИИ. Исследование сущности и видов технологий ИИ опосредовано использованием методов научной абстракции, анализа, систематизации данных научных публикаций в базах данных Elibrary.ru и КиберЛенинка за последние 5 лет, а также нормативно-технической документации, практических кейсов применения ИИ в деятельности предприятий. Достижение поставленной в исследовании цели основывалось на принципах системности, взаимосвязи и взаимобусловленности динамики требований производства и развития технологий ИИ. Практическая значимость результатов исследования определяется обобщениями и выводами, которые могут стать основой для формирования и обоснования программ повышения эффективности производственной системы предприятия.

Результаты исследования и их обсуждение

На сегодняшний день не существует четкого понятия ИИ, что может быть вызвано активным совершенствованием технологии, а также ее распространением в различных областях деятельности человека. В трудах современных ученых за последний год можно выделить следующие подходы к понятию ИИ: ИИ как технологическое решение, ИИ как имитация человеческой деятельности, ИИ как раздел науки, ИИ как сложная система.

Национальная стратегия развития ИИ Российской Федерации от 2019 г. [8] и ГОСТ Р 71476-2024 [9] описывают ИИ как совокупность технологических решений, способных воспроизводить мыслительные процессы, характерные для человека, в том числе адаптацию, анализ данных и автоматическое принятие решений [10, с. 190; 11, с. 226]. По мнению Л.В. Борисовой, ИИ представляет собой набор технологий, которые позволяют имитировать когнитивные способности, включая навыки самообучения и поиска решений без применения заранее определенных алгоритмов. Такие системы обеспечивают выполнение задач с результатами, не уступающими, а иногда и превосходящими результаты интеллектуальной деятельности человека [12, с. 103]. Основная цель технологических платформ

ИИ – достижение эффективности в решении сложных задач путем моделирования когнитивных функций и способности к адаптивному обучению, что позволяет обеспечивать высокую точность и производительность в различных сферах его применения [13, с. 30]. Аналогично А.О. Алехина трактует ИИ как технологию, способную воспроизводить мыслительные процессы для решения сложных задач, демонстрируя результаты, сравнимые с достижениями человеческой интеллектуальной деятельности [10, с. 190]. М.А. Галагузова и соавт. акцентируют внимание на способности ИИ воспроизводить когнитивные функции человека. Это включает самообучение и поиск решений, которые не требуют заранее прописанных алгоритмов, позволяя достигать показателей, близких к результатам человеческого мышления [14, с. 52].

Согласно ГОСТ Р 59276-2020 [15], ИИ описывается как техническая система, способная воспроизводить когнитивные функции человека, в том числе самообучаться и находить решения без использования заранее заданных алгоритмов. Такие системы демонстрируют высокую эффективность при выполнении практически значимых задач обработки данных, обеспечивая как минимум результаты, сопоставимые с результатами человеческой интеллектуальной деятельности [16, с. 56]. В научной работе Д.С. Шиляева ИИ представляется как комплекс электронных вычислительных машин, оснащенных специальными программами. Эти системы обладают способностью воспроизводить человеческие качества восприятия, мышления и разумного поведения, что делает их функционально близкими к феноменам человеческого интеллекта [17, с. 583]. Таким образом, ИИ представляет собой систему способную имитировать деятельность человека, включая когнитивные способности, самообучение, поиск заранее неизвестных решений.

ИИ, по мнению Е.Ю. Белозеровой, представляет собой способность машин и компьютеров демонстрировать или имитировать интеллектуальное поведение, что также является отдельной областью научных исследований [18, с. 221]. В рамках информатики Д.С. Шиляев рассматривает ИИ как направление, занимающееся разработкой методов и инструментов для решения интеллектуальных задач, которые ранее были прерогативой человека [17, с. 583]. Джон Маккарти, один из основателей концепции ИИ, определял его как научную дисциплину и инженерное направление, сосредоточенное на создании интеллектуальных систем, включая специализированные

компьютерные программы [16, с. 53]. Сам термин «искусственный интеллект» впервые был использован в 1956 г. на семинаре в Дартмутском колледже, где он обозначал исследования, посвященные разработке программ и устройств, способных имитировать процессы человеческого мышления [19, с. 276]. Так, под ИИ понимается раздел науки, который изучает создание интеллектуальных систем, способных имитировать деятельность человека.

И.В. Понкин и А.И. Редькина определяют ИИ как сложную кибернетическую систему, в которой объединены программные и аппаратные компоненты. Эта система обладает когнитивной архитектурой и достаточными вычислительными ресурсами для выполнения поставленных задач. ИИ можно охарактеризовать как искусственную кибернетическую структуру, способную к моделированию, обучению, адаптации к изменяющимся условиям и автономному выполнению функций [13, с. 32, 104]. Исследование Е.О. Соломатина обращает внимание на то, что подходы к определению ИИ в научной среде разнообразны и зависят от области его применения. Некоторые исследователи считают ИИ вычислительной системой, наделенной элементами разума и сознания. Другие описывают его как самоорганизующуюся киберфизическую систему, способную воспроизводить антропоморфные и разумные свойства [11, с. 227]. Е.В. Биричева проводит различия между «слабым» и «сильным» ИИ. Оба типа систем обладают способностями к обучению, принятию решений и накоплению опыта. Однако, в отличие от жестко запрограммированных алгоритмов, интеллектуальные информационные системы (ИИС) характеризуются открытостью и активным взаимодействием с окружающей средой [20, с. 319]. Учитывая изложенное, ИИ представляет собой сложную систему, которая включает программные и аппаратные компоненты, целью которых является получение результатов интеллектуальной деятельности человека.

Проведенное исследование понятия ИИ позволяет осмыслить современные подходы и сформулировать авторское определение. В рамках настоящего исследования примем следующее определение ИИ: ИИ – это система технологических решений, направленных на моделирование когнитивных функций человека для получения сопоставимых результатов умственной деятельности. ИИ выделен в отдельную дисциплину и обладает сложной организацией, которая позволяет осуществлять взаимодействие с окружающим миром, в отличие от традиционного программного обеспечения.

Технологии ИИ характеризуются достаточно большим разнообразием и областью применения. Так, И.И. Антонова и соавт. рассматривают в своем исследовании ERP-платформы Microsoft Dynamics 365, которые предлагают широкий спектр технологий ИИ, включая обработку естественного языка, позволяющего автоматизировать взаимодействие с клиентами и обработку запросов; машинное обучение для оптимизации управления запасами и цепочками поставок; а также инструменты анализа данных, предназначенные для более точного финансового планирования и анализа. Применение ИИ помогает производственным предприятиям укреплять свою конкурентоспособность, ускоряя выполнение рутинных задач, среди которых: управление ресурсами, автоматизация решений на операционном уровне и повышение общей эффективности работы. Для достижения максимальной результативности рекомендуется комбинировать модели различной сложности, что позволяет сбалансировать затраты и эффективность, при этом учитывая специфику и потребности компании. Интеграция ИИ в ERP-системы на практике приводит к заметным улучшениям: снижению затрат на управление, ускорению выполнения финансовых операций, повышению точности бюджетного планирования, увеличению производительности труда, оптимизации производственных процессов, уменьшению простоев оборудования, улучшению качества персонализированного обслуживания и росту уровня удовлетворенности клиентов [21, с. 634].

Аналогично в сельском хозяйстве. Основой цифровой трансформации зернового производства, по мнению И.В. Ариничева, выступают технологии ИИ, такие как машинное обучение и интеллектуальные системы мониторинга. Эти инструменты обеспечивают автоматизацию повседневных операций и обработку больших массивов данных. ИИ активно применяется для автоматизированного управления процессами, включая полив, внесение удобрений, управление сельскохозяйственной техникой, а также для анализа информации о состоянии посевов, почвы и климатических условий. Модель управления, построенная на принципах циклического анализа данных, позволяет использовать технологии ИИ для мониторинга, обработки и оптимизации ключевых параметров производственного процесса в режиме реального времени. Интеграция интеллектуальных систем управления помогает минимизировать производственные риски, повышает прозрачность операций, способствует более рациональ-

ному использованию ресурсов и усиливает конкурентные преимущества в сфере зернового производства [1, с. 292, 293, 295, 296].

В научной работе А.Р. Гайфуллина и соавт. указано, что технологии ИИ активно задействуются в процессе силицирования графитовых изделий с высоким содержанием углерода, где их используют для управления такими параметрами, как температура, давление, мощность оборудования, а также для анализа состояния производственных систем. С технической точки зрения ИИ обеспечивает регулировку подачи электроэнергии, настройку коэффициента мощности, управление вакуумными насосами, контроль параметров давления и температуры, а также передачу собранных данных для дальнейшего анализа в рамках более высоких уровней автоматизации. В результате внедрения ИИ исследователям удалось достичь значительных улучшений: снизить объем бракованной продукции на 60%, увеличить объем выпуска готовой продукции более чем в два раза и практически полностью устранить дефекты, такие как трещины, сократив их долю на 96,79% [22, с. 154, 155].

А.Г. Глазковым был разработан и внедрен метод ИИ для оптимизации технологических процессов, выполняемых на мехатронных станках. Основой данного подхода являются технологии нечеткой логики и искусственных нейронных сетей. Применение средств ИИ охватывает различные аспекты технологической подготовки производства, включая проектирование модернизации оборудования, классификацию и группирование продукции, оптимизацию компоновки оборудования и анализ патентной информации для выбора перспективных направлений разработки критических технологий. Система оптимизации режимов резания, использующая методы нечеткой логики, позволяет определять оптимальные параметры обработки в рамках заданных диапазонов регулирования скорости резания и точности размеров. Проведенное моделирование продемонстрировало, что использование методов ИИ, основанных на нечеткой логике и искусственных нейронных сетях, дает возможность учитывать неопределенности, связанные с износом инструмента и характеристиками материалов. Это способствует снижению уровня брака и повышению точности обработки, обеспечивая улучшение качества продукции [23, с. 183, 186, 190].

Согласно исследованию, проведенному А.С. Глинка, ИИ активно применяется для оптимизации цепочек поставок, прогнозирования уровня спроса и повышения точности планирования производственных ресурсов. Внедрение ИИ осуществляется

путем интеграции с уже существующими ERP-системами и разработки специализированных модулей для обработки больших объемов данных. Это позволяет автоматизировать ключевые аспекты управления, минимизируя рутинные задачи. Результатом использования таких технологий становится снижение операционных затрат, рост производительности, оптимизация расходов на логистику и увеличение прибыли за счет эффективного управления цепочками поставок [24, с. 162–164]. Н.Г. Данилочкина и А.А. Лысенко также отмечают, что технологии ИИ находят широкое применение в сфере логистики, включая маршрутизацию грузоперевозок, мониторинг транспортных средств, управление складскими запасами, а также анализ и прогнозирование спроса. Для оптимизации логистических маршрутов используются нейронные сети, которые обрабатывают данные о протяженности пути, загруженности дорожной сети и частоте аварий, применяя функции активации для анализа поступающей информации. Интеграция ИИ в логистические процессы способствует сокращению времени и расходов на доставку, минимизации ошибок в планировании маршрутов и повышению общей эффективности транспортной инфраструктуры. Такой подход обеспечивает значительное улучшение показателей работы логистической системы и укрепляет конкурентные преимущества предприятий [25, с. 302, 305, 312].

Автоматизация интегрированного планирования базируется на использовании алгоритмов ИИ и методов линейной оптимизации, что обеспечивает автоматическое распределение товарных потоков для достижения максимальных показателей маржинальности и EBITDA. Е.В. Зайцева и Н.Л. Медяник посвящают свое исследование изучению использования ИИ в цементной отрасли для оптимизации ключевых бизнес-процессов, таких как планирование объемов производства, управление цепочками поставок и перераспределение товарных потоков. Технологии ИИ интегрируются с современными IT-системами, включая ERP-платформы, что позволяет эффективно анализировать и обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени. Такое объединение методов линейной оптимизации и ИИ способствует значительному улучшению управления производственными, логистическими и коммерческими процессами, что особенно актуально для повышения операционной эффективности предприятий [26, с. 113].

В исследовании представлены технологии, которые охватывают широкий спектр

задач – от управления производственными процессами до анализа данных и планирования. Это позволяет говорить о гибкости и универсальности технологий ИИ, которые применяются в различных аспектах управления и производства, что отвечает современным требованиям и рекомендациям национальных стандартов. Все упомянутые технологии соответствуют классификации согласно ГОСТ Р 59277-2020: машинное обучение, нейронные сети, нечеткая логика, цифровые двойники, а также технологии обработки больших данных и прогнозной аналитики [27].

Заключение

Настоящим исследованием подчеркивается, что активное развитие и распространение ИИ в различные области требует уточнения сущности этого понятия. Разнообразие трактовок ИИ отражает формы проявления четырех подходов: 1) ИИ – технология, имитирующая мыслительную деятельность человека; 2) ИИ – раздел науки и научная дисциплина; 3) ИИ – комплекс технологических решений; 4) ИИ – сложная система алгоритмов, которая учится на данных. Каждый из подходов должен быть учтен при развитии правовой и нормативно-технической документации.

В ходе исследования изучены такие технологии искусственного интеллекта, как машинное обучение, алгоритмы нечеткой логики, искусственные нейронные сети, интеллектуальные системы мониторинга, цифровые двойники, инструменты прогнозной аналитики, рассмотрены вопросы интеграции ИИ с ERP-системами. Комплекс технологических решений затрагивает широкий перечень задач, связанных с производственными системами, в том числе управление цепочками поставок, автоматизацию производственных операций, планирование объемов производства с учетом прогнозов развития среды и производственных возможностей предприятий, управление запасами, планирование поставок, управление производственными ресурсами, повышение качества выпускаемой продукции и пр. Технологии искусственного интеллекта помогают оптимизировать производственные процессы и затраты, сократить риски производства, контролировать ресурсы и поддерживать высокий уровень качества выпускаемой продукции. Разнообразие задач, с решением которых справляется технология ИИ, демонстрирует ее универсальный характер и целесообразность ее применения при разработке систем менеджмента качества производства, повышения конкурентоспособности предпри-

ятия и для формирования отраслевых стандартов, что позволит сформировать единый подход к внедрению указанной технологии.

Список литературы

1. Ариничев И.В. Концептуально-методический подход к разработке циклической модели интеллектуального управления производством зерна // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2024. Т. 10, № 3 (39). С. 290–297. DOI: 10.30914/2411-9687-2024-10-3-290-297.
2. Кирякова О.В., Лапина Л.А., Киряков В.С., Лапина Е.В. Имитационное управление процессом спекания шихты // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2024. Т. 10, № 2. С. 80–89.
3. Плаксин И.Е., Трифанов А.В. Анализ систем интеллектуального управления в сельском хозяйстве // АгроЭкоИнженерия. 2021. № 4 (109). С. 82–94. DOI: 10.24412/2713-2641-2021-4109-82-94.
4. Сопина Н.В., Маккаева Р.С.А. Перспективы внедрения нейросетей и искусственного интеллекта на промышленном производстве // Журнал монетарной экономики и менеджмента. 2023. № 3. С. 222–227. DOI: 10.26118/2782-4586.2023.78.70.032.
5. Зайцева Е.В., Медяник Н.Л. Автоматизация процессов интегрированного планирования производства и продаж продукции горноперерабатывающих предприятий цементной отрасли // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 2. С. 111–123. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_2_0_111.
6. Крюков К.М., Газал А. Моделирование деятельности строительной организации на основе искусственного интеллекта // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. 2022. Т. 1, № 3. С. 16–23. DOI: 10.23947/2949-1835-2022-1-3-16-23.
7. Шевчук И.Б., Старух А.И., Васильев О.Н. Технологии управления бизнес-рисками и экспертные методы их оценки // Бизнес-информ. 2020. № 2 (505). С. 295–306. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-2-295-306.
8. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731?clckid=2427a1c8> (дата обращения: 15.01.2025).
9. ГОСТ Р 71476-2024. Искусственный интеллект. Концепции и терминология искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/83860/> (дата обращения: 15.01.2025).
10. Алехина А.О. Понятие «искусственный интеллект» и возможности его применения в сфере уголовного судопроизводства // Вестник Саратовской государственной юридической академии. 2024. № 1 (156). С. 186–192. DOI: 10.24412/2227-7315-2024-1-186-192.
11. Соломатин Е.О. Понятие и классификация искусственного интеллекта по праву Европейского Союза и России // Вестник Саратовской государственной юридической академии. 2024. № 4 (159). С. 224–229. DOI: 10.24412/2227-7315-2024-4-224-229.
12. Борисова Л.В. О понятии искусственного интеллекта и правовом режиме произведений, созданных им без творческого участия человека // Актуальные проблемы российского права. 2024. Т. 19, № 8 (165). С. 100–113. DOI: 10.17803/1994-1471.2024.165.8.100-113.
13. Ларчев Д.В. Искусственный интеллект: понятие, признаки, классификация // Правовой альманах. 2024. № 1 (32). С. 29–34.
14. Галагузова М.А., Галагузова Ю.Н., Штинова Г.Н. Искусственный интеллект в педагогике: от понятия к функции // Педагогическое образование в России. 2024. № 2. С. 48–55.
15. ГОСТ Р 59276-2020. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/75401?clckid=ef344f26> (дата обращения: 05.02.2025).
16. Дьяконова О.Г. К вопросу о понятии технологий искусственного интеллекта // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). 2024. № 3 (115). С. 52–63. DOI: 10.17803/2311-5998.2024.115.3.052-063.
17. Шиялев Д.С. Понятие искусственного интеллекта в британском и российском праве // Вопросы российской юстиции. 2024. № 32. С. 582–587.
18. Белозерова Е.Ю. Искусственный интеллект – фразеологизация иллюзии правды в английском языке // Litera. 2024. № 7. С. 219–230. DOI: 10.25136/2409-8698.2024.7.70257.
19. Костяная Ю.С. Возвращаясь к научной публикации канд. юрид. наук, профессора Ж. Тлембаевой «О некоторых подходах к правовому регулированию искусственного интеллекта» // Вестник Института законодательства и правовой информации Республики Казахстан. 2024. № 1 (76). С. 273–278. DOI: 10.52026/2788-5291_2024_76_1_273.
20. Биричева Е.В. Искусственные интеллектуальные системы и проблема опыта // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. 2024. № 3. С. 317–327. DOI: 10.17072/2078-7898/2024-3-317-327.
21. Антонова И.И., Смирнов В.А., Ефимов М.Г. Интеграция искусственного интеллекта в ERP-системы: достоинства, недостатки и перспективы // Russian Journal of Economics and Law. 2024. Т. 18, № 3. С. 619–640. DOI: 10.21202/2782-2923.2024.3.619-640.
22. Гайфуллин А.Р., Дорошенко С.Н. Технико-экономические аспекты использования систем с искусственным интеллектом в производстве высокоуглеродистых графитовых изделий // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2024. № 2 (146). С. 152–156.
23. Глазков А.Г. Метод моделирования интеллектуального производства в авиадвигателестроении // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2008. Т. 10, № 2. С. 183–190.
24. Глинка А.С. Применение искусственного интеллекта в трансформации бизнес-процессов промышленных предприятий: организационно-экономический подход // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2024. № 9. С. 160–164. DOI: 10.24412/2220-2404-2024-9-28.
25. Данилочкина Н.Г., Лысенко А.А. Оптимизация логистических маршрутов посредством применения технологий искусственного интеллекта // Научные труды Вольного экономического общества России. 2024. Т. 246, № 2. С. 298–314. DOI: 10.38197/2072-2060-2024-246-2-298-314.
26. Зайцева Е.В., Медяник Н.Л. Автоматизация процессов интегрированного планирования производства и продаж продукции горноперерабатывающих предприятий цементной отрасли // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 2. С. 111–123. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_2_0_111.
27. ГОСТ Р 59277-2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/75406/> (дата обращения: 15.01.2025).

СТАТЬИ

УДК 378.014

DOI 10.17513/snt.40308

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СРЕДИ АСПИРАНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА**Алпатова А.И., Коломиец О.М., Алпатова М.П.***ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва,
e-mail: anna.alpatova@list.ru*

Настоящая статья направлена на представление эмпирических результатов формирования универсальных компетенций обучающихся в условиях аспирантуры медицинского университета. Материалы статьи отражают результаты этапов педагогического эксперимента, в частности констатирующего и контрольного, что определено необходимостью фиксации роста показателей (уровней) сформированности универсальных компетенций среди аспирантов. Работа по формированию рассматриваемых компетенций осуществлялась в период 2023–2024 гг. на базе Сеченовского университета среди аспирантов трех групп (контрольной, экспериментальной 1, экспериментальной 2), обучающихся в разные годы (с 2022 по 2024 гг.) на первом курсе высшей медицинской школы. На основании анализа и интерпретации результатов путем количественной и статистической их обработки была определена необходимость проведения целенаправленной работы по обеспечению совершенствования отраженного уровня сформированности универсальных компетенций среди аспирантов экспериментальных групп. Оценка итоговых результатов показала значительные качественные изменения в результатах экспериментальных групп, в то время как результаты контрольной группы изменились в незначительной степени. Достоверность данных была подтверждена статистическими расчетами, что дает автору основание говорить об установлении положительного результата формирования универсальных компетенций в рамках проведенного исследования.

Ключевые слова: универсальные компетенции, аспиранты медицинского вуза, эмпирические результаты, стартовая диагностика, итоговая диагностика

RESULTS OF FORMATION OF UNIVERSAL COMPETENCIES AMONG POSTGRADUATE STUDENTS OF A MEDICAL UNIVERSITY**Alpatova A.I., Kolomiets O.M., Alpatova M.P.***I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health
of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, e-mail: anna.alpatova@list.ru*

The present article is aimed at presenting the empirical results of the formation of universal competencies of students in the conditions of postgraduate studies at a medical university. The materials of the article reflect the results of the stages of the pedagogical experiment, in particular, of the control experiment, which is determined by the need to fix the growth of indicators (levels) of universal competences formation among postgraduate students. The work on the formation of the considered competences was carried out in the period 2023–2024 on the basis of Sechenov University among postgraduate students of three groups (control, experimental 1, experimental 2), studying in different years (from 2022 to 2024) in the first year of higher medical school. Based on the analysis and interpretation of the results by means of quantitative and statistical processing of the results, the necessity of carrying out purposeful work to ensure the improvement of the reflected level of formation of universal competencies among graduate students of the experimental groups was determined. The evaluation of the final results showed significant qualitative changes in the results of the experimental groups, while the results of the control group changed insignificantly. The reliability of the data was confirmed by statistical calculations, which gives the author a reason to speak about the establishment of a positive result of the formation of universal competences within the framework of the conducted research.

Keywords: universal competencies, postgraduate students of medical school, empirical results, starting diagnostics, final diagnostics

Введение

Стратегии, принятые к реализации в современной образовательной системе, диктуют необходимость освоения каждым обучающимся гибких навыков, содействующих последующему профессиональному функционированию и реализации во всех областях, независимо от выбранной специализации [1, 2].

В условиях современного мира, где технологии и подходы к работе быстро развиваются, способность к быстрой адаптации,

отличному от стандартизированных шаблонных решений мышлению и непрерывному обучению приобретает особую значимость [3, с. 128].

Стратегический проект «Успех и самостоятельность человека в меняющемся мире» в рамках национальной программы «Приоритет 2030» акцентирует внимание на том, что особенность универсальных компетенций заключается в их интеграции общего и специфического [4]. Благодаря своему универсальному характеру рассматрива-

емые компетенции способствуют переходу современной системы высшего образования от традиционной узкой специализации к междисциплинарности и метапредметности [5, с. 184].

В сфере здравоохранения вышесказанное приобретает особую актуальность, поскольку здесь необходимо обладать еще и рядом универсальных компетенций по взаимодействию с пациентами, коллегами, выстраиванию продуктивного сотрудничества с другими специалистами, развитию собственного профессионализма.

Целью исследования является представление эмпирических результатов формирования универсальных компетенций обучающихся в условиях аспирантуры медицинского университета.

Материалы и методы исследования

Формирование универсальных компетенций аспирантов медицинского вуза осуществлялось в период с 2023 по 2024 гг. среди обучающихся на первом курсе Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет) по направлению подготовки 31.06.01 Клиническая медицина.

В общей сложности участие в экспериментальном исследовании приняли 504 аспиранта-медика (204 человека – контрольная группа (КГ), набор 2022 года; экспериментальная группа 1 (ЭГ 1) – 198 обучающихся, набор 2023 года; экспериментальная группа 2 (ЭГ 2) – 102 аспиранта 2024 года набора). Общий вид проведенного исследования представлен в таблице 1.

Экспериментальное исследование было осуществлено согласно трем ключевым этапам: констатирующему, формирующему, контрольному.

В качестве методов обработки полученных данных выступили: регистрация, количественная и качественная обработка экспериментальных данных, методика проверки статистической значимости полученных результатов (критерий χ^2 Пирсона). Статистически значимыми результаты считались при уровне значимости $p = 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе экспериментального исследования всем аспирантам необходимо было пройти процедуру стартовой диагностики компетенций, характеризующих как универсальные. В качестве таких компетенций выступили прописанные в актуализированном Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования [6] и отобранные автором с учетом специфики деятельности работников здравоохранения: универсальные компетенции под шифрами: 1 – аналитическое и критическое мышление, 5 – профессиональная этика, 6 – профессиональное развитие. Содержательная характеристика данных компетенций подробно проанализирована в ранних работах автора [7, 8, 9].

Второй этап исследования был посвящен формированию универсальных компетенций аспирантов согласно разработанной технологии организации самостоятельной работы.

Таблица 1

Общий вид экспериментального исследования

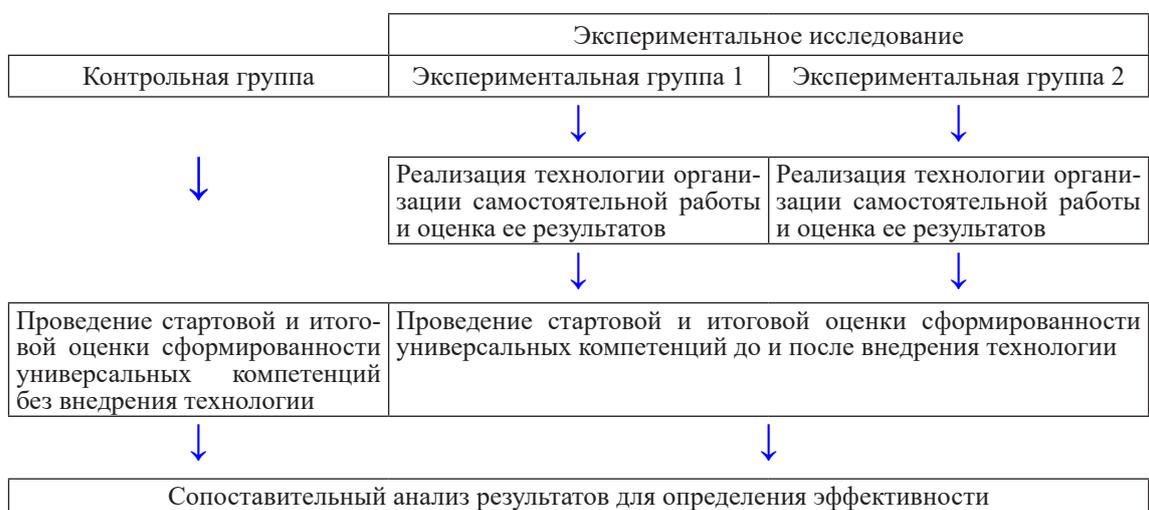


Таблица 2

Обобщенные результаты оценки уровня сформированности универсальных компетенций среди аспирантов медицинского вуза, человек

Компетенция	Вид задания / Уровень	КГ			ЭГ 1			ЭГ 2		
		В	С	Н	В	С	Н	В	С	Н
УК-1	Ситуационная задача 1	19	99	86	10	103	85	5	80	17
УК-5	Ситуационная задача 2	15	90	99	17	86	95	7	63	32
УК-6	Практическое (творческое) задание	20	102	82	23	97	78	10	71	21

Примечание: КГ – контрольная группа; ЭГ 1 и ЭГ 2 – экспериментальные группы 1 и 2; В – высокий, С – средний, Н – низкий уровни.

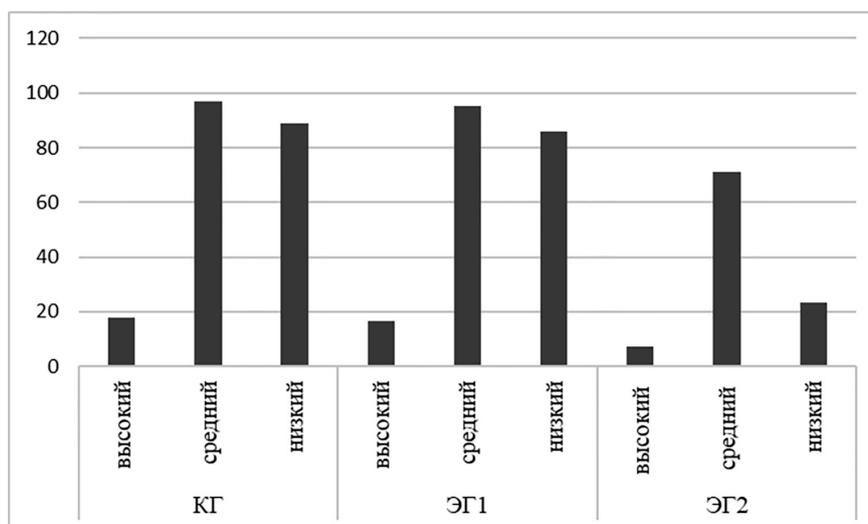


Рис. 1. Результаты стартовой диагностики сформированности универсальных компетенций у аспирантов медицинского вуза, средние значения

Третий этап предусматривал определение результатов исследования, выявление наличия показателей, характеризующих эффективность внедренной технологии, совершенствование уровня сформированности универсальных компетенций [10].

Поскольку данная статья представляет собой обобщение результатов исследования, проведенного автором, необходимо подробнее остановиться на практических результатах каждого из этапов экспериментальной работы.

Стартовая диагностика универсальных компетенций среди аспирантов контрольной и экспериментальных групп показала следующие результаты (табл. 2).

Представленные данные наглядно отображали преобладание среднего уровня сформированности универсальных компетенций, демонстрируемого на начальном этапе аспирантами медицинского университета.

Визуализация данных с целью лучшего их понимания представлена на рисунке 1.

Вследствие статистического расчета с использованием критерия χ^2 было установлено равенство показателей сформированности универсальных компетенций у всех групп аспирантов (табл. 3).

Итоги стартовой диагностики указали на недостаточность сформированности компетенций, рассматриваемых в рамках исследования, и определили проведение эмпирического этапа по внедрению среди экспериментальных групп (ЭГ 1 и ЭГ 2) технологии организации самостоятельной работы, предусматривающей обеспечение четко структурированного алгоритма лекционных и практических занятий в рамках вариативной дисциплины «Педагогика и психология».

Завершающим этапом исследования являлось определение полученных в ходе формирующего этапа результатов с последующим установлением факта существующих изменений в сформированности компетенций (прогрессирование показателей).

Таблица 4

Результаты оценки уровня сформированности универсальных компетенций средствами итоговой диагностики среди аспирантов медицинского вуза, человек

Компетенция	Вид задания / Уровень	КГ			ЭГ 1			ЭГ 2		
		В	С	Н	В	С	Н	В	С	Н
УК-1	Ситуационная задача 1	20	99	85	38	100	60	35	60	7
УК-5	Ситуационная задача 2	17	90	97	30	98	70	27	54	21
УК-6	Практическое (творческое) задание	22	102	80	43	103	52	26	59	17

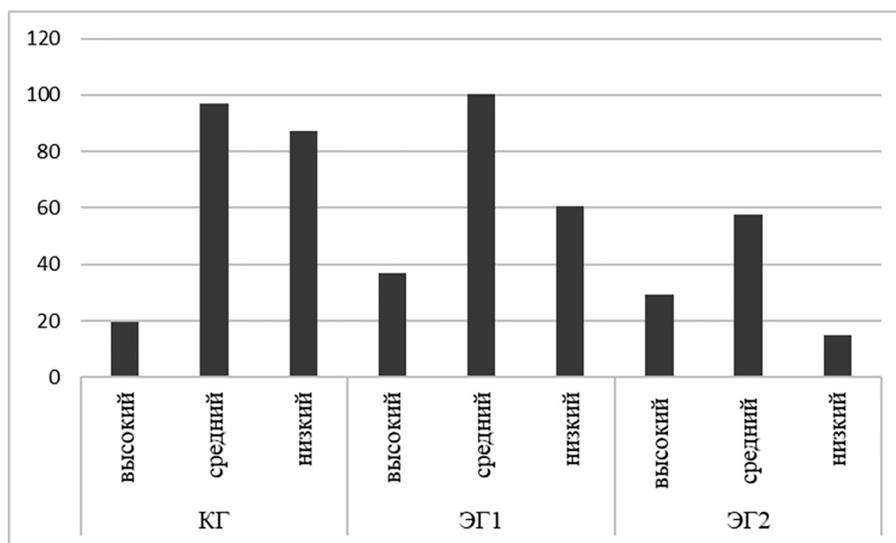


Рис. 2. Результаты оценки уровня сформированности универсальных компетенций у аспирантов медицинского вуза на этапе итоговой диагностики, средние значения

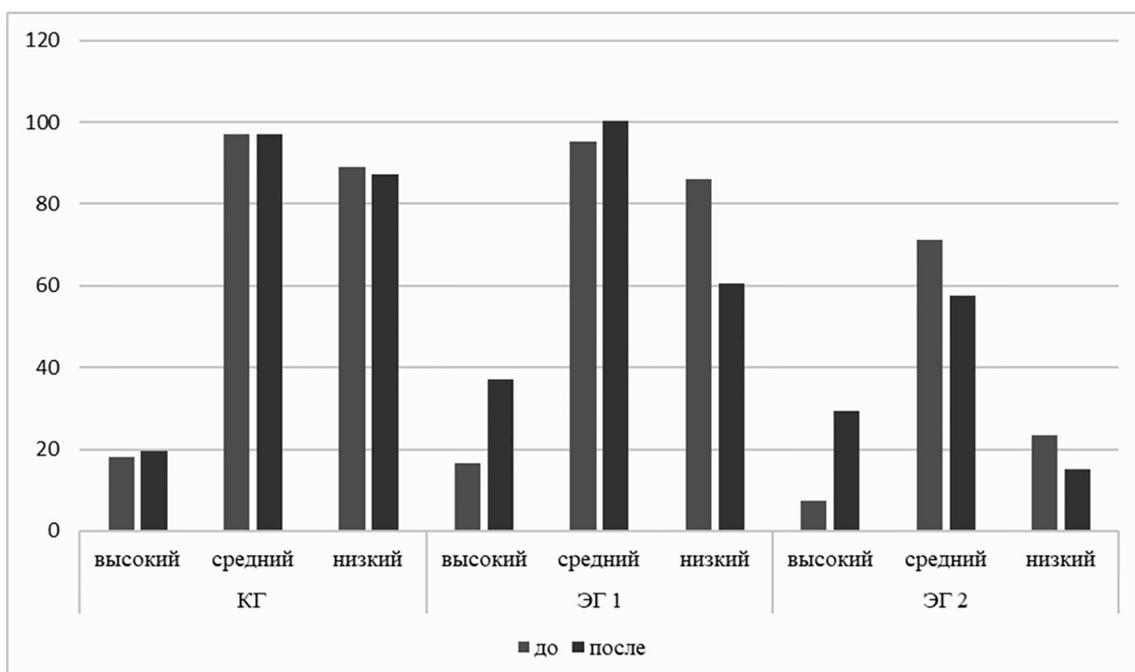


Рис. 3. Сравнительный анализ полученных в ходе исследования данных сформированности универсальных компетенций у аспирантов медицинского вуза, средние значения

Средством измерения динамики показателей выступила итоговая диагностика, предполагающая аналогичную стартовую структуру, однако предложенную аспирантам в более усложненном виде (с большим количеством неизвестных переменных). Для обеспечения достоверности получаемых данных диагностика была предложена всем группам – участникам исследования.

Результаты итоговой диагностики представлены в таблице 4.

Полученные данные отражены на рисунке 2.

Хотя во всех анализируемых группах аспирантов явно преобладал средний уровень развития универсальных компетенций, автором был проведен сравнительный анализ всех данных для определения наличия возможного положительного эффекта (рис. 3).

Результаты сопоставления указали на:

- отсутствие значимых различий показателей контрольной группы аспирантов на первоначальном и конечном этапах диагностики сформированности универсальных компетенций;

- наличие роста показателей среднего и высокого уровней, а также сокращение низкого уровня сформированности универсальных компетенций среди аспирантов экспериментальных групп после внедрения в образовательный процесс авторских разработок.

Чтобы подтвердить обоснованность утверждений, полученные данные подвергли статистической обработке средствами программного обеспечения Microsoft Office.

В ходе анализа проводилось сопоставление:

- всех результатов итоговой диагностики с целью подтверждения наличия значимых отличий в группах;

- стартовой и итоговой диагностики контрольной группы для доказательства отсутствия значимых различий результатов в выборке;

- данных до и после внедрения технологии организации самостоятельной работы среди экспериментальных групп с целью определения существенных отличий внутри групп.

Анализ общих результатов указал на наличие отличий в изучаемых группах ($\chi^2_{крит} (13,277) < \chi^2 (99,162)$ при $p > 0,01$).

Сравнение показателей контрольной группы привело к получению значений $\chi^2_{крит} (5,991)$ и $\chi^2 (0,268)$, что определяет справедливым следующее неравенство: $\chi^2_{крит} > \chi^2$ и указывает на незначительное отличие результатов при $p < 0,05$.

Данные экспериментальных групп (при $p < 0,01$) представлены следующими показателями: ЭГ 1 – $\chi^2_{крит} (9,21) < \chi^2 (36,62)$; ЭГ 2 – $\chi^2_{крит} (9,21) < \chi^2 (49,37)$, что свидетельствует о закономерном положительном сдвиге уровня сформированности универсальных компетенций среди аспирантов медицинского вуза после внедрения технологии организации самостоятельной работы в образовательный процесс высшей школы.

Заключение

В результате проведения эксперимента была установлена положительная динамика формирования универсальных компетенций у аспирантов медицинского университета. Эксперимент показал значительный прогресс в уровне сформированности универсальных компетенций у участников экспериментальных групп.

В контрольной группе, которая обучалась без использования разработанной технологии, значительных изменений в уровне сформированности исследуемых универсальных компетенций не наблюдалось.

Универсальные компетенции способны обеспечить освоение индивидом ряда личностных и профессиональных качеств надлежащего уровня, что впоследствии определит его роль и место в глобальной системе профессиональных квалификаций.

Формирование универсальных компетенций в системе образования высшей медицинской школы является обязательным компонентом успешного освоения образовательной программы.

В качестве инструмента продуктивного формирования рассматриваемых компетенций среди обучающихся в высшей медицинской школе может выступать разработанная и апробированная автором исследования технология организации самостоятельной работы.

Потенциально перспективными направлениями последующего углубленного изучения данной области могут являться:

- исследования возможности адаптации и масштабирования технологии организации самостоятельной работы для других образовательных учреждений, осуществляющих подготовку научно-педагогически кадров;

- модификация, внедрение и оценка эффективности технологии в качестве методического обеспечения на разных уровнях высшего образования.

Список литературы

1. Тарханова И.Ю. Формирование универсальных компетенций обучающихся средствами университетской среды // Вестник костромского государственного университета.

Серия: педагогика. Психология. Социокинетика. 2018. № 3. С. 123-128. URL: <https://vestnik.kosgos.ru/> (дата обращения: 25.12.2024).

2. Шафранов-Куцев Г.Ф. Тенденции и факторы эффективности подготовки аспирантов российских вузов в условиях реформирования высшего образования // Социологические исследования. 2017. № 9. С. 135–144. URL: <https://www.socis.isras.ru/article/6859> (дата обращения: 25.12.2024). DOI: 10.7868/S013216251709015X.

3. Белкина В. В., Макеева Т. В. Концепт универсальных компетенций высшего образования // Ярославский педагогический вестник. 2018. № 5. С. 117-126. URL: https://vestnik.yspu.org/releases/2018_5/16.pdf?ysclid=m6g40sw0he627794905 (дата обращения: 25.12.2024).

4. Постановление Правительства РФ от 13 мая 2021 г. N729 «О мерах по реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030» URL: <https://base.garant.ru/400793960/?ysclid=m54zots9li275705210> (дата обращения: 25.12.2024).

5. Беликова Н.Ю., Кузмина Е.Ф. К вопросу о формировании универсальных компетенций в системе высшего образования // Общество: социология, психология, педагогика. 2022. № 8. С. 180-185. DOI: 10.24158/spp.2022.8.26.

6. Приказ Министерства образования и науки РФ от 3.09.2014 г. № 1200 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 31.06.01. Клиническая

медицина (уровень подготовки кадров высшей квалификации)». URL: <https://base.garant.ru/70772456/?ysclid=m52d8uoxlo731719990> (дата обращения: 25.12.2024).

7. Болдырева Н.В. Ключевые компетенции в современных условиях // Вестник евразийской науки. 2022. № 2. URL: <https://esj.today/PDF/08ECVN222.pdf> (дата обращения: 20.10.2024).

8. Алпатова А.И. Технология организации самостоятельной работы как средство формирования универсальных компетенций аспирантов медицинского вуза // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 7. С. 107-111. URL: <https://top-technologies.ru/article/view?id=40093&ysclid=m6g45kzc9j289915203> (дата обращения: 25.12.2024). DOI: 10.17513/snt.40093.

9. Алпатова А.И. Оценка сформированности универсальных компетенций у аспирантов медицинского вуза в процессе освоения курса «Педагогика и психология» // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 11. С. 133-137. URL: <https://top-technologies.ru/article/view?id=40219&ysclid=m6g46zgru3359931012> (дата обращения: 25.12.2024). DOI: 10.17513/snt.40219.

10. Клинг В.И., Сивоконева Ю.М. Управление процессом развития, формирования и оценки универсальных компетенций в условиях академической среды медицинского вуза // Педагогическое образование в России. 2022. № 4. С. 77-88. URL: <https://pedobrazovanie.ru/images/4-2022/9.pdf> (дата обращения: 25.12.2024).

УДК 378.147:372.881.1
DOI 10.17513/snt.40309

ТЕХНОЛОГИЯ ЭДЬЮТЕЙНМЕНТ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Буракова Д.А., Иванова Е.А., Большакова А.В., Абакумова М.В.

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
Санкт-Петербург, e-mail: dolly_ivanova@mail.ru, ekaterinai@inbox.ru,
fbrj@mail.ru, bramantero@mail.ru*

В статье рассматривается технология эдьютейнмент, которая подразумевает слияние образовательного контента с развлекательными элементами, направленное на активное вовлечение обучающихся в учебный процесс. Цель исследования – изучить особенности и преимущества применения технологии эдьютейнмент в преподавании профессионально-ориентированного иностранного языка в техническом вузе и оценить эффективность результатов обучения, полученных в ходе работы с данной технологией. Материалом исследования послужил практический опыт интеграции игровых и развлекательных элементов в преподавание дисциплины «Иностранный язык. Профессионально-ориентированный курс» для студентов технических направлений в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого. В статье представлены методические разработки для изучения одной из тем учебной программы, указаны выявленные преимущества применения технологии. Для проверки эффективности данной технологии было проведено экспериментальное обучение, по окончании которого были сопоставлены итоги промежуточной аттестации контрольных и экспериментальных групп. В результате, благодаря таким достоинствам технологии эдьютейнмент, как повышение мотивации, активная вовлеченность в речевое взаимодействие на иностранном языке, развитие творческого мышления и др., студенты технических направлений в экспериментальных группах демонстрируют более высокий уровень формирования иноязычной коммуникативной компетенции. В работе также приводятся данные анкетирования студентов, раскрывающие их отношение к внедрению элементов игры на занятиях по иностранному языку. Особо отмечается, что в данных условиях создается атмосфера непринужденного общения, позволяющая снять психологические барьеры и трудности. Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что технология эдьютейнмент имеет большой потенциал при организации процесса обучения иностранному языку в техническом вузе.

Ключевые слова: технология эдьютейнмент, геймификация, обучение иностранному языку, активные методы обучения, система высшего образования

EDUTAINMENT TECHNOLOGY AS A WAY TO OPTIMIZING THE PROCESS OF FOREIGN LANGUAGE TEACHING IN A TECHNICAL UNIVERSITY

Burakova D.A., Ivanova E.A., Bolshakova A.V., Abakumova M.V.

*Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg,
e-mail: dolly_ivanova@mail.ru, ekaterinai@inbox.ru, fbrj@mail.ru, bramantero@mail.ru*

The paper examines the edutainment technology, which implies integrating entertainment elements into educational content in order to actively engage students in the learning process. The purpose of the study is to analyze the features and benefits of using edutainment technology in teaching foreign language for specific purposes at a technical university and to evaluate the effectiveness of the learning outcomes obtained while working with this technology. The material for the study was the practical experience of integrating game and entertainment elements into teaching the discipline “English Language. Professionally oriented course” for students of technical fields at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. The paper presents methodological developments for studying one of the topics of the curriculum, and indicates the identified advantages of using the technology. To test the effectiveness of this technology, experimental training was conducted, after which the results of the midterm assessment of the control and experimental groups were compared. As a result, due to such advantages of edutainment technology as increased motivation, active involvement in speech interaction in a foreign language, development of creative thinking, etc., students of technical fields in experimental groups demonstrate a higher level of foreign language communicative competence. The study also provides data from a survey of students, revealing their attitude to the introduction of entertainment elements in foreign language classes. It is especially noted that in these conditions an atmosphere of relaxed communication is created, allowing to remove psychological barriers and difficulties. The conducted study allows us to conclude that edutainment technology has great potential in organizing the process of teaching a foreign language in a technical university.

Keywords: edutainment technology, gamification, foreign language teaching, active learning methods, higher education system

Введение

Образование всегда считалось основополагающей частью общественного развития и человеческого прогресса. Традиционно главной целью образования являлась

передача знаний и навыков от человека к человеку, снабжение общества необходимыми инструментами для достижения успеха в личной и профессиональной жизни. Однако модель образования претерпела зна-

чительные изменения за эти годы, и интеграция развлечения и образования, обычно называемая «эдьютейнмент» (edutainment), стала мощнейшим инструментом в высшем образовании.

Эдьютейнмент можно определить как слияние образовательного контента с развлекательными элементами, направленное на вовлечение обучающихся, одновременно передавая знания и способствуя их интеллектуальному росту [1]. Эдьютейнмент – гибридный термин английского происхождения, он был придуман путем слияния двух английских слов: education и entertainment [2].

Очевидно, что концепция геймификации образования особенно актуальна для младшей и средней школы, но и в системе высшего образования подобные идеи находят свое отражение. Для создания интеллектуальной образовательной среды в университете наблюдаются такие явления, как цифровизация образования, персонализация методов обучения и создание разнообразных прогрессивных технологий, способствующих достижению поставленной цели – успешного усвоения иностранного языка.

Одним из перспективных направлений при обучении стало применение технологий edutainment, поскольку это современная педагогическая инновационная технология, основанная на обучении в игровом формате, на привлечении разнообразных визуальных средств, использовании современных психологических приемов и информационно-коммуникационных технологий, цель которой заключается в том, чтобы максимально облегчить усвоение изучаемого материала, поддержать эмоциональный контакт, надолго привлечь и удерживать интерес и внимание студентов [3].

Концепция edutainment сопровождала процесс обучения с самых истоков, ее корни можно проследить до древних времен, однако именно с появлением современных технологий и их интеграцией в образовательную среду эдьютейнмент приобретает новое понимание и реализует свой потенциал в высшем образовании в полном объеме. Появление цифровых технологий, таких как виртуальная реальность, дополненная реальность, геймификация и мультимедийные платформы, открыло огромные возможности для педагогов по улучшению опыта обучения и вовлечению студентов в процесс обучения. Включая развлекательные элементы в образовательный процесс, эдьютейнмент стремится преодолеть разрыв между традиционными педагогическими подходами и развивающимися потребностями сегодняшних обучающихся.

Опираясь на концепцию технологии эдьютейнмент, преподаватели способны не только учить, передавать знания студентам, но и развивать их коммуникативные навыки, что облегчает интеграцию студентов в академической образовательной среде [4].

Для некоторых исследователей эдьютейнмент – это эффективный баланс между информацией, мультимедийными продуктами, психологическими приемами и современными технологиями [5]. В университетской среде особенностью образовательного процесса признается коммуникативное взаимодействие преподавателя и студента, причем его эффективность и мотивация студентов возрастает, если современные технологии грамотно сочетаются с индивидуальным подходом и творческой направленностью обучения [3].

Как показывает анализ работ зарубежных исследователей-методистов, технология эдьютейнмент активно внедряется в практику преподавания во многих университетах мира. Создание развлекательно-образовательной среды позволяет наиболее полно реализовать возможности современного образования [6]. Данная образовательная технология является актуальным объектом исследования в зарубежной педагогической науке.

Цель исследования – изучить особенности и преимущества применения технологии эдьютейнмент в преподавании профессионально-ориентированного иностранного языка в техническом вузе и оценить эффективность результатов обучения, полученных в ходе работы с данной технологией.

Материалы и методы исследования

При обучении иностранному языку в вузе технология эдьютейнмент обладает рядом преимуществ. Современный образовательный процесс проходит в условиях стремительного роста информационных потоков, и обучающиеся сталкиваются с недостаточным количеством времени на получение, обработку и усвоение информации, которая довольно быстро устаревает и утрачивает актуальность. Применение новых цифровых и креативных инструментов в обучении иностранному языку, таких как эдьютейнмент, способствует более эффективному овладению языком и вовлечению студентов в учебный процесс. В технических вузах образовательная программа зачастую перегружена тяжелой для усвоения и применения информацией, поэтому данная технология особенно важна для данных направлений, делая обучение языку более увлекательным.

Формирование иноязычной коммуникативной компетенции предполагает активное развитие продуктивных и рецептивных языковых навыков. Современные преподаватели при помощи интерактивных методов обучения расширяют творческий потенциал студентов и способствуют возникновению связи между текущей информацией и предыдущим опытом обучающегося, что позволяет успешно справиться с задачей или найти ответ на заданный вопрос.

Активные методы обучения основываются на диалоге (или полилоге) участников образовательного процесса. Данный принцип приводит не только к повышению иноязычной коммуникативной компетенции, но и к развитию навыков общения, взаимодействия в команде, умения договариваться и достигать общих целей. Также активно формируется критическое мышление студентов [7]. В результате применения интерактивных методов создаются условия для роста креативных способностей обучающихся наряду с усвоением знаний и умений в предметной области [8].

Применение активных методов обучения и внедрение игровых элементов в образовательный процесс становится возможным по мере того, как происходит модернизация обучения, появляются новые технические и цифровые возможности для преподавания иностранного языка в вузе. В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (СПбПУ) уже на протяжении десяти лет преподавание иностранного языка для студентов технических направлений ведется по смешанной технологии обучения, когда очные аудиторные занятия сочетаются с самостоятельной работой студентов в электронной образовательной среде.

Для дисциплины «Иностранный язык. Базовый курс» преподавателями иностранного языка СПбПУ был специально разработан онлайн-курс, охватывающий все разделы учебной программы. В качестве рабочей онлайн-платформы в СПбПУ используется Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) – система управления образовательными электронными курсами, на базе которой можно создавать курсы для дистанционного обучения. Данная платформа обладает обширным функционалом для создания игровых заданий при изучении иностранного языка. Среди игровых и развлекательных ресурсов доступны такие, как викторина (quiz), набор флеш-карт, интерактивная презентация, интерактивные задания Hot Potatoes, разнообразные игры: кроссворд, виселица, миллионер, змеи и лестницы, криптекст,

спрятанная картинка, sudoku. Также в качестве соревновательного элемента можно использовать шкалу прогресса для выполнения задания, с небольшим поощрением при достижении указанной цели.

С тем, чтобы подтвердить положительное влияние технологии эдьютейнмент и геймификации на результаты обучения иностранному языку, авторы исследования провели эксперимент в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого в течение весеннего семестра 2023–2024 учебного года. Участниками эксперимента стали 4 академических группы студентов второго курса физико-механического института, поделенные на контрольную и экспериментальную группы. Эксперимент проводился в рамках изучения дисциплины «Профессионально-ориентированный курс иностранного языка (английский)» для направления «Прикладная математика и информатика». Общее количество испытуемых в группах – 96 студентов, возраст и интересы испытуемых в целом совпадают. Более того, как показали результаты экзамена по дисциплине «Иностранный язык: Базовый курс» уровень владения иностранным языком в указанных группах примерно одинаковый – в большинстве своем соответствует уровню B2.

Суть экспериментального обучения состояла в том, что в контрольной группе был сохранен традиционный формат обучения. Изучаемая программа базируется на прохождении четырех тем (юнитов) по курсу “English for Computing” для студентов, изучающих компьютерные технологии и программирование на иностранном языке. Экспериментальная группа занималась по той же программе с тем же пособием, что и контрольная, но их обучение проходило с использованием игровой технологии. Преподаватель стремился каждое занятие проводить в форме игры, конкурсов, ролевых игр, соревнований, представлений творческих проектов в формате круглого стола, имитации возможных рабочих ситуаций и других вариаций технологии эдьютейнмент. В экспериментальном обучении упор делался на внедрение игровых элементов именно на очных занятиях, поскольку для изучения профессионально-ориентированного языка в учебном плане уделяется больше аудиторных часов, а также в связи с тем, что студенты уже были знакомлены с игровыми заданиями в онлайн-формате на первом курсе при изучении базового английского.

Задача эксперимента состояла в том, чтобы сравнить результаты овладения дисциплиной в конце учебного семестра на ос-

нове данных о прохождении промежуточной аттестации, а также сравнить общее впечатление студентов контрольной и экспериментальной групп об успешности прохождения курса, об их удовлетворенности процессом обучения и мотивации изучать профессиональную составляющую курса иностранного языка в дальнейшем.

Примеры творческих и игровых заданий:

1. Знакомство с лексикой и текстом по новой теме проводилось как небольшое соревнование в парах. Студентам предлагались карточки с ключевыми словами, их определениями и текстом, в котором эти слова используются. Студенты в парах на скорость (кто быстрее) должны были находить ключевые слова в тексте, догадываться об их значении (или выбирать из предложенного списка значений) и предлагать свой вариант, вписывая его в карточку с ключевыми словами. Студенты могли выбрать удобную для них стратегию выполнения задания, однако использование телефонов и других справочных материалов было запрещено. Элемент соревновательности и небольшой бонус за своевременное выполнение задания способствовали лучшему усвоению лексики по теме.

2. При знакомстве с темой «умная техника» (smart machines) студентам предлагались карточки с разнообразными устройствами, и они должны были догадаться, какой функционал у этого объекта и как его работа может осуществляться с привлечением искусственного интеллекта. Далее группа делилась на команды, и им было предложено прорекламировать использование данного устройства как «умной машины», указав на их положительные свойства. Лучшая презентация выбиралась путем скрытого голосования и вознаграждалась. Таким образом, студенты усваивали особенности и преимущества умных технологий, основанных на применении искусственного интеллекта.

3. Создание проекта «Умный дом» (smart home). Группа делилась на команду проектировщиков новых современных зданий и команду заказчиков, которым требуется новое здание, сконструированное по технологии «умный дом». «Заказчикам» предлагались карточки с возможными требованиями, а «проектировщикам» – карточки с особенностями устройства «умного дома», также приветствовались собственные идеи и предложения. Беседа строилась по принципу ролевой игры, имитирующей реальную ситуацию планирования постройки умного здания. Похожим образом строилось знакомство с понятием «умный город» (smart city). В качестве примера был предложен город-университет Иннопо-

лис, организованный по принципу «умного города». Студентам предлагались карточки с информацией об объектах, принципах работы системы Иннополиса. Далее, выбранная группа студентов должна была показать виртуальную экскурсию по местам Иннополиса и рассказать «экскурсантам» (другая группа студентов) об организации обучения и жизни в городе. Затем «экскурсанты» задавали вопросы, какие могут быть дополнительные нововведения (карточки с возможными особенностями организации «умного города» им были предложены), и вместе с «экскурсоводами» обсуждали, насколько они реализуемые.

4. Имитация проблемной ситуации. В группе был выбран «босс», которому вручалась карточка с заданием-«проблемой». Суть проблемы заключалась в том, что его компания приобрела дорогостоящие «умные интерактивные экраны» для упрощения работы, однако технический отдел выразил опасения, что эти устройства могут быть слишком «умными» и фиксировать и передавать тайную информацию с помощью встроенного микрофона и других технологий искусственного интеллекта. «Директор» должен собрать заседание «совета директоров», разъяснить суть проблемы и выслушать возможные предложения от участников заседания. Участникам, в свою очередь, выдавались карточки с возможным решением проблемы. Участники должны были выбрать себе роль, можно было придумать какие-то речевые и эмоциональные особенности персонажа, предложить свое решение как единственно верное, опровергать другие предложенные варианты, убедить «босса» принять именно это решение.

Таким образом было организовано изучение темы «Цифровизация общества и искусственный интеллект». Оставшиеся темы курса также строились по принципу геймификации с привлечением технологии edutainment.

Результаты исследования и их обсуждение

По окончании экспериментального обучения стояла задача получить данные об успеваемости студентов контрольной и экспериментальной групп, чтобы сравнить результаты традиционной модели обучения и обучения с применением технологий эдьютейнмент. Промежуточная аттестация по дисциплине «Иностранный язык. Профессионально-ориентированный курс» проводилась в форме устного экзамена, состоящего из двух заданий: устный монолог по темам, пройденным в течение семестра, и передача содержания статьи на английском языке.

Результаты промежуточной аттестации в контрольных и экспериментальных группах

Результаты промежуточной аттестации по дисциплине	Контрольная группа (количество человек и %)	Экспериментальная группа (количество человек и %)
«отлично»	6 (12%)	17 (36%)
«хорошо»	12 (24%)	13 (28%)
«удовлетворительно»	14 (29%)	10 (21%)
«неудовлетворительно»	17 (35%)	6 (13%)

Результаты промежуточной аттестации по дисциплине «Иностранный язык. Профессионально-ориентированный курс» в контрольной и экспериментальной группах представлены в таблице.

В двух контрольных группах общее количество студентов составляло 49 чел. Отметку «отлично» получили 6, «хорошо» – 12, «удовлетворительно» – 14, с курсом не справились 17 студентов.

Результаты в двух экспериментальных группах были более успешными. Из общего количества студентов (47) «отлично» получили 17, «хорошо» – 13, «удовлетворительно» – 10, не справились – 6 студентов.

В итоге процент обучающихся, успешно освоивших дисциплину и получивших на экзамене хорошие оценки («отлично» и «хорошо»), оказался значительно выше в экспериментальных группах (64%), чем в контрольных (36%). В контрольных группах большее количество студентов получили неудовлетворительный результат (35%), чем в экспериментальных (13%).

Следовательно, применение технологии эдьютейнмент положительно сказывается на формировании иноязычной коммуникативной компетенции обучающихся, поскольку развлекательные элементы на занятиях повышают заинтересованность и мотивацию студентов к выполнению учебных задач, вносят разнообразие в образовательный процесс, усиливают вовлеченность студентов в активное взаимодействие на иностранном языке.

На высокие результаты студентов экспериментальной группы также оказало влияние то, что на занятиях с применением технологии эдьютейнмент создавались условия, позволяющие снять напряжение и преодолеть психологические трудности. Такую особенность эдьютейнмента отмечают и другие методисты. Обучение иностранному языку проходит в неформальной дружеской обстановке. Участники мероприятий с применением эдьютейнмента в легкой и непринужденной форме обсуждают различные вопросы и получают необходимую информацию [9]. Некоторые исследователи указывают на данное преимуще-

ство, считая, что эдьютейнмент устраняет ненужную напряженность в учебном процессе [10]. Такая неформальная атмосфера позволяет существенно снизить психологические трудности, возникающие у некоторых студентов в процессе общения на иностранном языке. В педагогических исследованиях под психологическим барьером подразумевают любые факторы, которые препятствуют обучению, что в итоге негативно сказывается на учебных результатах и развитии личности [3]. С другой стороны, успешное преодоление психологических барьеров во время решения различных учебных задач помогает обучающемуся выработать стратегии преодоления трудностей и в итоге способствует формированию личности [11].

В конце экспериментальной работы студентам было предложено ответить на вопросы анкеты. Опросник был составлен по принципу шкалы Ликарта, согласно которой опрашиваемые должны были с помощью пяти градаций («полностью не согласен» – «скорее не согласен» – «затрудняюсь ответить» – «скорее согласен» – «полностью согласен») выразить свое отношение: насколько успешным, на их взгляд, являлось освоение дисциплины “English for Computing” с применением технологии эдьютейнмент, повысился ли уровень их мотивации к изучению данной дисциплины по завершении курса и наблюдают ли они снижение психологических барьеров при изучении иностранного языка. Анкета включала 8 утверждений, которые оценивали респонденты. Ниже приведены некоторые из них: «Мне понравился процесс обучения: работа в группах, творческие задания, ролевые задания в течение занятий»; «Я считаю, что игровое ведение занятий помогает объединить, сплотить группу, больше раскрепощает и помогает выразить свое мнение точнее»; «В целом игровой формат занятий помог мне легче общаться на иностранном языке»; «Я бы хотел(а), чтобы игровой формат обучения применялся и на других программах обучения в вузе».

Всего в опросе участвовали 47 студентов экспериментальной группы. Проанали-

зировав результаты опроса в целом, авторы исследования убедились, что обучающиеся положительно оценили влияние технологии эдьютейнмент на процесс обучения в вузе. Из 37 опций ответов опросника опцию «полностью не согласен» не выбрал ни один студент (0%), вариант «скорее не согласен» – 4%, «затрудняюсь ответить» – 11%, «скорее согласен» – 47%, «полностью согласен» – 38%. На рисунке данные представлены в виде диаграммы.



Результаты опроса студентов экспериментальной группы
Источник: составлено авторами

Тем не менее, принимая во внимание все достоинства данной технологии, не стоит забывать, что интеграция игровых элементов в образовательный процесс не должна стать самоцелью [12]. Это лишь один из эффективных инструментов для достижения основных задач обучения – формирования иноязычной коммуникативной компетенции и личностного развития обучающихся.

Заключение

В ходе исследования были определены преимущества и специфика применения технологии эдьютейнмент в преподавании иностранного языка в техническом вузе. Авторы убеждены, что применение технологии эдьютейнмент актуально не только в контексте среднего образования, но и в высшей школе технической направленности. Результаты экспериментального обучения подтверждают, что игровые технологии могут успешно применяться при освое-

нии профессионально-ориентированного курса иностранного языка. В первую очередь, это повышение заинтересованности обучающихся и их мотивации к изучению иностранного языка. Также применение игровых методов обучения представляется авторам весьма перспективным на пути преодоления всевозможных психологических барьеров, помогает снизить уровень языковой тревожности.

Немаловажно и активное участие обучающихся в речевом взаимодействии на иностранном языке в процессе решения общих задач, развитие навыков социального взаимодействия и работы в команде, развитие творческого мышления. В результате обучения с использованием данной технологии формируются более устойчивые иноязычные коммуникативные навыки. Комплексное внедрение развлекательных и игровых элементов как на аудиторных занятиях, так и с применением электронных технологий в формате дистанционной работы позволяет сделать процесс обучения более интерактивным и творчески ориентированным.

Подобные технологии формируют почву для развития креативного мышления, способности находить альтернативные подходы к решению проблем, оказывают положительное воздействие на формирование профессиональных навыков и творческих способностей будущих специалистов.

Список литературы

1. Yadav P. Edutainment in higher education and its impact on students' learning and development // The Online Journal of Distant Education and e-Learning. April. 2023. Vol. 11, Is. 2. P. 2112–2119. URL: <https://www.tojsat.net/journals/tojdel/articles/v11i02b/v11i02b-50.pdf> (дата обращения: 12.01.2025).
2. Sapukh T.V. Didactic Features of Educational Technology “Edutainment” in English Language Classroom at the University // Perspectives of Science & Education. 2018. № 6. (36). P. 182–186. URL: <https://pnojurnal.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/12/1806PNO.pdf> (дата обращения: 12.01.2025).
3. Kuzmina N.N., Kochkina D.V., Korotkova E.G., Kuzmina N.M. Implementation of Edutainment Technology in Foreign Students' Language Teaching // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Education. Educational Sciences. 2023. Vol. 15, No. 1. P. 82–96. DOI: 10.14529/ped230108.
4. Привалова Е.В. Образовательная технология эдьютейнмент в формировании иноязычной коммуникативной компетенции учащихся // Евразийский союз ученых. 2020. № 10–1 (79). С. 36–39. URL: <https://archive.euroasia-science.ru/index.php/Euroasia/article/view/114> (дата обращения: 12.01.2025).
5. Anastasiadis T., Lampropoulos G., Siakas K. Digital Game-based Learning and Serious Games in Education // International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering. 2018. Vol. 4, Is. 12. P. 139–144. DOI: 10.31695/IJASRE.2018.33016.
6. Guy R., Marquis G. A comparison of student performance using instructional videos and podcasts versus the lecture-based model of instruction // Issues in Informing Science and Information Technology. 2016. Vol. 13. P. 001–013. URL: <https://www.informingscience.org/Publications/3458?Source>

e=%2FConferences%2FInSITE2016%2FProceedings (дата обращения: 12.01.2025).

7. Gashi Shatri Z. Implementation of Interactive Teaching Techniques in School Practice // American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS). 2016. Vol. 24, Is. 1. P. 90–99. URL: https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/1951 (дата обращения: 12.01.2025).

8. Cochrane P. Making space for creativity: How teachers and school leaders in England navigate mixed policy messages // Observatory E-Journal, Multi-Disciplinary Research in the Arts 3. 2008. P. 1–17. Corpus ID: 212734093. URL: <https://www.unescoejournal.com/wp-content/uploads/2020/01/1-3-4-cochrane.pdf> (дата обращения: 12.01.2025).

9. Schreurs J., Dumbraveanu R. A Shift from Teacher Centered to Learner Centered Approach // International Journal of Engineering Pedagogy. 2014. Vol. 4, Is. 3. P. 36–41. URL: <https://online-journals.org/index.php/i-jep/article/view/3395> (дата обращения: 12.01.2025).

10. Ivanova P., Burakova D., Tokareva E. Effective teaching techniques for engineering students to mitigate the second language acquisition // Integrating Engineering Education and Humanities for Global Intercultural Perspectives: Conference Proceedings St. Petersburg. 2020. P. 149–158. DOI: 10.1007/978-3-030-47415-7_16.

11. Буракова Д.А., Токарева Е.Е., Тимохина Е.И. Технология «эдьютейнмент» как стратегия преодоления психологических барьеров при обучении иностранным языкам студентов инженерных специальностей // Письма в Эмиссия. Оффлайн. 2023. № 6 (июнь). ART 3262. URL: <http://emissia.org/offline/2023/3262.htm> (дата обращения: 12.01.2025).

12. Ермакова Ю.Д., Носова Т.М. Эффективность использования технологии «развлекательного образования» (edutainment) в обучении иностранному языку // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. 2019. Т. 16, № 2. С. 30–42. URL: https://vestnik-pp.samgtu.ru/1991-8569/article/view/52354/ru_RU (дата обращения: 12.01.2025).

УДК 372.8
DOI 10.17513/snt.40310

ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА «ИНФОРМАЦИОННО-ПРАВОВЫЕ СИСТЕМЫ»

¹Быков А.А., ²Киселева О.М.

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Смоленский филиал, Смоленск, e-mail: mail@sbmpei.ru;

²ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», Смоленск,
e-mail: fizmat@smolgu.ru

Целью исследования стало рассмотрение элементов elective курса «Информационно-правовые системы». В качестве методов, используемых авторами, можно выделить анализ научной и методической литературы по теме исследования и констатирующий эксперимент, включающий анкетирование и беседу, уточняющую его результаты. Площадками для проведения эксперимента выступили средняя школа № 35 г. Смоленска и Смоленский физико-математический лицей, в которых респондентами стали обучающиеся десятых классов. В исследовании была проведена оценка образовательного запроса обучающихся: оценена актуальность предлагаемого elective курса по изучению справочных правовых систем и осуществлена попытка выбора базовой для рассмотрения материала информационной системы. В результате проведенного эксперимента была выявлена заинтересованность обучающихся в освоении навыков практического применения справочных правовых систем, при этом с самими программными продуктами респонденты знакомы слабо и не имеют ярко выраженных предпочтений. На основе полученных результатов авторами были описаны некоторые элементы elective курса «Информационно-правовые системы», а именно: выделены цели, описан один из вариантов структуры представляемого материала и перечислены методические рекомендации по внедрению исследуемого elective курса в образовательный процесс.

Ключевые слова: образовательный процесс, elective курс, справочные правовые системы, программный продукт

ELEMENTS OF THE ELECTIVE COURSE “INFORMATION AND LEGAL SYSTEMS”

¹Bykov A.A., ²Kiseleva O.M.

¹National Research University Moscow Power Engineering Institute,
Smolensk branch, Smolensk, e-mail: mail@sbmpei.ru;

²Smolensk State University, Smolensk, e-mail: fizmat@smolgu.ru

The purpose of the research presented in the article was to consider the elements of the elective course «Information and legal systems». The methods used by the authors include the analysis of scientific and methodological literature on the research topic and a ascertaining experiment, including a questionnaire and a conversation clarifying its results. The municipal budgetary educational institution «Secondary School No. 35» of the city of Smolensk and the Smolensk Physics and Mathematics Lyceum acted as a platform for conducting the experiment, and the respondents were students of the tenth grades. The study assessed the educational request of students: the relevance of the proposed elective course on the study of reference legal systems was assessed, and an attempt was made to select the basic information system for consideration of the material. As a result of the experiment, the interest of students in mastering the skills of practical application of reference legal systems was revealed, while respondents are poorly familiar with the software products themselves and do not have pronounced preferences. Based on the results obtained, the authors described some elements of the elective course «Information and Legal systems», namely: the goals were highlighted, one of the variants of the structure of the presented material was described and methodological recommendations for the implementation of the studied elective course in the educational process were listed.

Keywords: educational process, elective course, legal reference systems, software product

Введение

Современный этап развития общества с точки зрения внедрения в его жизнь информационных технологий характеризуется, по мнению авторов, рядом особенностей:

1) возможностью неограниченного доступа к компьютерной технике практически для каждого члена общества [1]. Под этим подразумевается применение в своей деятельности не только персональных компью-

теров, но и современных мобильных телефонов и других гаджетов, поскольку сейчас их возможности вполне сопоставимы;

2) наличием базовых навыков по поиску и обработке информации в электронном виде [2];

3) доступом в глобальную информационную сеть [3], который дает возможность пользоваться большими объемами разнообразной информации, при этом не всегда достоверной.

Особенное влияние, с учетом современных реалий, испытывает на себе область права. Независимо от того, в какой отрасли принимаются решения, они должны опираться на существующую законодательную базу. В современном развивающемся мире применение правовых основ к повседневной жизни становится актуальным как никогда [4]. Дать массовый доступ к актуальной, полной и достоверной информации правового характера способны справочно-правовые системы.

«Справочная правовая система (информационно-правовая система) – это программный комплекс, включающий в себя массив правовой информации и программные инструменты, позволяющие осуществлять работу с этим массивом» [5].

Справочные правовые системы являются качественными цифровыми программными продуктами, знакомство с которыми, по мнению авторов, позволит, с одной стороны, приобщить обучающихся к культуре получения достоверной правовой информации и способам ее автоматизированной обработки, а с другой стороны, продемонстрировать конкурентоспособные отечественные программные продукты, вытеснившие с российского информационного рынка иностранные аналоги, что, по мнению авторов, не менее важно.

В рамках предмета «Информатика» можно выделить время на знакомство как с отечественными программными продуктами, не имеющими прямого отношения к образовательному процессу, так и с областью правовой информатики, в рамках которой применяются справочные правовые системы. Однако именно элективные курсы позволяют полноценно освоить весь спектр возможностей, предоставляемых информационно-правовыми системами, и продемонстрировать их прикладное значение.

«Элективные курсы – это элемент учебного плана, дополняющий содержание при реализации профильного обучения, что позволяет удовлетворять разнообразные познавательные интересы обучающихся» [6].

Для элективного курса допустимы разнообразные темы, связанные с информационными технологиями и их практическим применением, поскольку они углубляют знания обучающихся в рамках общеобразовательного предмета «Информатика» и расширяют их кругозор [7]. Исходя из вышесказанного, рассмотрение элементов элективного курса «Информационно-правовые системы» можно считать актуальным.

Цель исследования – рассмотрение элементов элективного курса «Информационно-правовые системы».

Материалы и методы исследования

Достижение поставленной цели исследования связано с применением группы методов теоретического и практического характера. К ним относятся: анализ научной литературы; оценка современного педагогического опыта; констатирующий эксперимент, состоящий в проведении, оценке и интерпретации результатов анкетирования.

Рассмотрение научной и методической литературы по вопросу изучения справочных правовых систем в школе позволяет, по мнению авторов, сделать следующие выводы:

- навыки по использованию информационно-правовых систем являются одной из компетенций в области применения информационно-коммуникационных технологий и применимы в различных областях человеческой деятельности;

- справочные правовые системы являются средством для получения достоверной, полной, актуальной правовой информации в удобной для пользователя форме;

- возможности информационно-правовых систем относятся к разделу правовой информатики [8] и могут дополнить общий курс информатики в форме элективного курса;

- ведущие компании по разработке справочных правовых систем не только производят программный продукт, но и сопровождают его учебно-методическими комплексами, что в значительной мере упрощает подготовку педагогов;

- ведущие компании – разработчики информационных систем рассматриваемого типа, например КонсультантПлюс, Гарант, позволяют использовать в образовательном процессе бесплатные, специально подготовленные учебные версии программного продукта;

- справочные правовые системы, являющиеся сегодня флагманами рынка правовых программных продуктов, относятся к отечественным информационным системам, что позволяет познакомить обучающихся с качественным российским программным продуктом.

Результаты исследования и их обсуждение

Перед описанием элементов элективного курса «Информационно-правовые системы» проведем оценку образовательного запроса обучающихся по вопросу использования справочных правовых систем в практической деятельности. Она будет реализована в виде констатирующего эксперимента, состоящего из анкетирования

и беседы для уточнения его результатов. Респондентами выступили обучающиеся десятых классов: 25 чел. из МБОУ «Средняя школа № 35» г. Смоленска и 18 чел. – из ЧОУ «Смоленский физико-математический лицей ЯВИР при МИФИ И МЭИ».

Первые три вопроса анкеты были направлены на оценку заинтересованности обучающихся в навыках использования информационно-правовых систем.

Вызывает ли у вас интерес элективный курс «Информационно-правовые системы»?



Рис. 1. Оценка востребованности курса «Информационно-правовые системы»

Большинство опрошенных выразили заинтересованность в прохождении курса, что видно из рис. 1. Мотивировали это тем, что область права имеет тенденцию к постоянной трансформации, что влечет за собой устаревание правовой базы. Опрашиваемые показали знание понятия «справочная правовая система» и ее роли в получении актуальной, достоверной правовой информации.

Второй вопрос: оцените по пятибалльной шкале актуальность приобретения навыков получения достоверной правовой информации, где 5 – актуально, а 0 – нет.

Большинство опрошенных в ходе беседы продемонстрировали понимание важ-

ности достоверности информации в области права и актуальности наличия навыков по ее получению как в профессиональной, так и в повседневной деятельности, что подтверждают результаты, представленные на рис. 2.

Третий вопрос: какой источник информации для гарантированного получения достоверных данных в области права наиболее удобно использовать?

1. Профессиональный юрист.
2. Справочные правовые системы.
3. Интернет.

Исходя из результатов, представленных на рис. 3, видно, что обучающиеся оценили справочные правовые системы как предпочтительный источник правовой информации. В ходе беседы свой выбор респонденты объяснили недоверием к точности информации из глобальной сети и необходимостью оплаты юридических услуг профессионала, что сделало информационно-правовые системы наиболее привлекательным источником точных данных.

Современные справочные правовые системы представлены несколькими конкурирующими программными продуктами, производитель каждого из которых уделяет достаточное внимание учебно-методической поддержке выпускаемой информационной системы [9]. При реализации элективного курса «Информационно-правовые системы» необходимо не только обзорно познакомить обучающихся с существующими информационными системами в рассматриваемой области, но и выбрать программный продукт для более детального рассмотрения.



Рис. 2. Актуальность навыков получения достоверной правовой информации

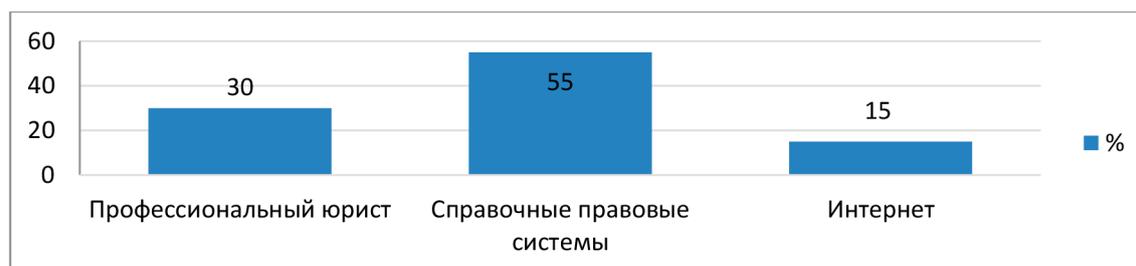


Рис. 3. Выбор источника достоверных правовых данных

Четвертый вопрос: выберите справочную правовую систему, на основе которой вы познакомитесь с возможностями информационно-правовых систем.

1. КонсультантПлюс.
2. Гарант.
3. Кодекс.



Рис. 4. Результаты ответа на четвертый вопрос анкеты

Из результатов, представленных на рис. 4, видно, что перечисленные справочные правовые системы вызывают у обучающихся примерно равный интерес, поскольку респонденты имеют только общие сведения о программных продуктах.

Исходя из результатов, полученных в ходе констатирующего эксперимента, можно сделать следующие выводы:

- элективный курс «Информационно-правовые системы» востребован учащимися;
- из-за примерно равного интереса обучающихся к программным продуктам, в качестве базовой можно выбрать любую из представленных в опросе справочных правовых систем.

Опишем некоторые элементы рассматриваемого элективного курса.

Целью рассматриваемого элективного курса является удовлетворение образовательных потребностей обучающихся в зна-

ниях, умениях и навыках по применению справочных правовых систем.

Обозначим следующие задачи освоения курса «Информационно-правовые системы».

1. Познакомить обучающихся с массовым отечественным конкурентоспособным программным обеспечением на примере информационно-правовых систем КонсультантПлюс, Гарант и др.

2. Способствовать развитию интереса обучающихся к прикладному программному обеспечению, позволяющему решать практические задачи в области права.

3. Ознакомить обучающихся с принципами работы полнофункциональной справочной правовой информационной системы.

Основываясь на методических материалах, которые предлагают разработчики информационно-правовых систем, выделим следующие структурные блоки элективного курса, рассчитанного на 18 ч (таблица).

В процессе внедрения элективного курса «Информационно-правовые системы» были даны следующие методические рекомендации:

1. Материал курса ориентирован на старшеклассников. С одной стороны, в курсе информатики они уже достаточно знакомы с прикладными программными продуктами, например офисными программами. Это способствует большей легкости освоения сходных программных продуктов [10]. С другой стороны, обучающиеся выпускных классов понимают актуальность правовых проблем, которые позволяют решать информационно-правовые системы. Например, составление договоров займа, аренды и др. Это делает прохождение рассматриваемого элективного курса более осознанным.

Темы элективного курса «Информационно-правовые системы»

№	Темы	Часы
1	Современное отечественное программное обеспечение на примере информационных систем КонсультантПлюс, Гарант, Кодекс	2
2	Особенности поиска информации в справочных правовых системах. Настройка системы для различных групп пользователей	2
3	Быстрый поиск. Карточка поиска	2
4	Сохранение результатов работы. Папки. Закладки	2
5	Анализ документа, примечания, текст документа на выбранную дату, отслеживание изменений документов	2
6	Конструктор договоров	2
7	Формы документов	2
8	Сравнительный анализ различных справочных правовых систем	2
9	Итоговый проект	2
Итого		18

2. Демонстрацию возможностей справочных правовых систем желательно проводить на практических задачах, близких обучающимся. Например, юридических документах, связанных с процессом сдачи единого государственного экзамена, службой в вооруженных силах, устройством на работу, обучением и т.п.

3. В процессе преподавания курса «Информационно-правовые системы» важно акцентировать внимание обучающихся на том, что рассматриваемые справочные правовые системы являются отечественным программным продуктом [11]. Возможно знакомство слушателей с другими областями, в которых российские программы занимают ведущее положение, например бухгалтерская работа с 1С и др.

4. Сегодня в области информационной поддержки принятия правовых решений определились лидирующие компании, способные предоставлять не только качественные справочные правовые системы, но и учебно-методические комплексы для их сопровождения. Это позволяет варьировать содержание рассматриваемого элективного курса в зависимости от того, какая из информационных систем будет выбрана педагогом в качестве базовой.

5. По мнению авторов, курс должен быть очным и должен сопровождаться комментариями педагога, поскольку особенностью курса является его практико-ориентированность. Без разбора жизненных ситуаций, в которых пригодятся информационно-правовые системы, сложно показать их значимость. Наиболее подходящими для этого являются темы «Конструктор договоров» и «Формы документов». Так, практико-ориентированным заданием, решаемым с помощью справочных правовых систем, может стать разработка брачного контракта на основе форм документов или создание договоров купли-продажи, аренды и др. на основе конструктора договоров.

6. В качестве итогового проекта обучающимся можно предложить разработать брачный договор. Задание рекомендуется выполнять в парах, и основой для его выполнения могут стать соответствующие по тематике стандартные формы в информационно-правовой системе КонсультантПлюс. Данное задание позволяет продемонстрировать обучающимся практическую задачу в области права, которую с помощью справочной правовой системы может решить юридически не подготовленный пользователь.

Заключение

Современные справочные правовые системы предоставляют пользователю массо-

вый доступ к полной, актуальной и достоверной информации правового характера. Обладание соответствующими навыками полезно обучающимся для дальнейшей профессиональной жизни и повседневной деятельности. Рассмотрение элективного курса «Информационно-правовые системы» с учетом представленных методических рекомендаций, по мнению авторов, позволит обучающимся не только освоить необходимые в практической деятельности и повседневной жизни программные продукты, связанные с правовой областью, но и познакомит их с качественными отечественными разработками.

Список литературы

1. Тимофеева Н.М. Оценка качества электронного обучения и возможности его повышения // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 4. С. 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31855> (дата обращения: 25.10.2024). DOI: 10.17513/spno.31855.
2. Козлов С.В., Шкуратова А.А. Особенности мониторинга образовательного пространства с использованием новых информационных технологий // Системы компьютерной математики и их приложения. 2020. № 21. С. 393–399. URL: <https://fizmat.smolgu.ru/images/stories/SKMP/skmp-2020.pdf> (дата обращения: 25.10.2024).
3. Сенчилов В.В., Тимофеева Н.М., Киселева О.М., Быков А.А. Подходы к проектированию дистанционных курсов по обучению математике детей с ограниченными возможностями здоровья // Мир науки. 2017. Т. 5, № 4. С. 7.
4. Гришанова Т.В. Справочно-правовые системы на российском рынке // Вестник образовательного консорциума «Среднерусский университет». Информационные технологии. 2020. № 2 (16). С. 31–34.
5. Шарикова Т.Г. Современные справочно-правовые системы: анализ проблемы использования в учебном процессе // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2010. № 2 (15). С. 113–114.
6. Быков А.А., Киселева О.М. Элементы элективного курса по созданию виртуальных помощников // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 1. С. 113–117. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39917> (дата обращения: 25.10.2024). DOI: 10.17513/snt.39917.
7. Тимофеева Н.М. Оценка дидактического потенциала комиксов // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 7. С. 203–207. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39718> (дата обращения: 25.10.2024). DOI: 10.17513/snt.39718.
8. Непобедный М.В. Формирование элементов правовой культуры учащихся старших классов в технологическом образовании: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Киров, 2010. 20 с.
9. Хачатурова С.С. Информационные справочно-правовые системы в подготовке будущих специалистов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 4–6. С. 1206–1207. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=9163> (дата обращения: 10.11.2024).
10. Быков А.А., Коткина Н.А., Сенчилов В.В., Тимофеева Н.М., Киселева О.М. Педагогические аспекты внедрения дистанционного курса по алгебре 9 класс для детей с особыми образовательными потребностями // Европейский журнал социальных наук. 2017. № 10. С. 193–200.
11. Кузьмичева И.А., Флик Е.Г. Развитие справочно-поисковых систем в России // Территория новых возможностей. Вестник ВГУЭС. 2012. № 2 (15). С. 167–171.

УДК 378.147:372.8
DOI 10.17513/snt.40311

РАЗРАБОТКА И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО КУРСА В ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ»

Камаева С.С., Меркурьева Г.Ю.

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Казань, e-mail: farm64@bk.ru,*

Цель работы заключалась в создании дистанционного курса по дисциплине «Фармацевтическая экология» и оценке эффективности его использования при изучении студентами данной дисциплины в гибридном формате с применением дистанционных технологий. Жизненный цикл лекарственных средств включает в себя промышленный выпуск препарата, при котором неизбежно возникают экологические риски. Воздействие на окружающую среду может быть весьма существенным, и необходимо стремиться минимизировать его. В связи с этим актуально изучение дисциплины «Фармацевтическая экология», которая была введена в обучение провизоров в Институте фармации Казанского государственного медицинского университета в соответствии с учебным планом по специальности 33.05.01 Фармация в 2022–2023 учебном году. Системный анализ профессиональных компетенций, получаемых при освоении дисциплины, позволил создать дистанционный курс по данному предмету с блоком контроля знаний. Оценка эффективности использования дистанционного курса в учебном процессе производилась методом анкетного опроса. Анкетированию были подвергнуты студенты четвертого курса Института фармации. Анкета состояла из двух блоков вопросов. Первый блок вопросов касался организации проведения занятий по фармацевтической экологии и отражал отношение обучающихся к изучению данной дисциплины. Второй блок вопросов касался оценки содержания и эффективности использования дистанционного курса. Все опрошенные студенты в целом очень положительно оценивают содержание дистанционного курса, отмечают его удобство и существенную помощь в подготовке к занятиям и экзамену. Регулярное анкетирование обучающихся с последующим анализом их ответов позволяет выявить те аспекты, которые требуют пересмотра, и улучшить контент образовательного ресурса.

Ключевые слова: дистанционный курс, фармацевтическая экология, дистанционное обучение, анкетный опрос, педагогика

DEVELOPMENT AND EXPERIENCE OF USING A DISTANCE COURSE IN TEACHING THE DISCIPLINE “PHARMACEUTICAL ECOLOGY”

Kamaeva S.S., Merkureva G.Yu.

*Kazan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,
Kazan, e-mail: farm64@bk.ru*

The aim of work was to create a distance course on the subject of “Pharmaceutical Ecology” and to evaluate the effectiveness of its use in students’ study of this subject in a hybrid format using distance technologies. The life cycle of medicines includes industrial production of the drug, which inevitably causes environmental risks. The impact on the environment can be quite significant and it is necessary to strive to minimize it. In this regard, the study of the discipline “Pharmaceutical Ecology” is relevant, which was introduced into the training of pharmacists at the Institute of Pharmacy of the Kazan State Medical University in accordance with the curriculum for specialty 33.05.01 Pharmacy in the 2022–2023 academic year. A systematic analysis of professional competencies obtained in mastering the discipline allowed us to create a distance course on this subject with a knowledge control block. The effectiveness of using the distance course in the educational process was assessed by using a questionnaire survey. The survey was conducted among fourth-year students of the Institute of Pharmacy. The questionnaire consisted of two blocks of questions. The first block of questions concerned the organization of classes on pharmaceutical ecology and reflected the students’ attitude to studying this discipline. The second block of questions concerned the assessment of the content and effectiveness of using the distance course. All surveyed students generally evaluate the content of the distance course very positively, noting its convenience and significant help in preparing for classes and the exam. Regular surveys of students with subsequent analysis of their responses help identify those aspects that require revision and improve the content of the educational resources.

Keywords: distance learning course, pharmaceutical ecology, distance learning, questionnaire survey, pedagogy

Введение

В процессе обращения лекарственных средств неизменно возникают различные риски. Жизненный цикл лекарственных средств включает в себя промышленный выпуск препарата, при котором неизбежно возникают экологические риски. Воздействие на окружающую среду может быть

весьма существенным, и необходимо стремиться минимизировать это воздействие. Фармацевтическая отрасль активно развивается, растет производство лекарств, проблема обращения с отходами фармацевтических производств становится все более актуальной. Одной из компетенций провизора является общепрофессиональная

компетенция (ОПК-3) «Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом конкретных экономических, экологических, социальных факторов в рамках системы нормативно-правового регулирования сферы обращения лекарственных средств», в частности следует обратить внимание на индикатор достижения (ИД₄) «Определяет и интерпретирует основные экологические показатели состояния производственной среды при производстве лекарственных средств». В связи с этим актуально изучение дисциплины «Фармацевтическая экология» [1].

Фармацевтическая экология является частью прикладной экологии и призвана минимизировать риски по загрязнению окружающей среды при промышленном выпуске лекарственных средств. Дисциплина «Фармацевтическая экология» была введена в обучение провизоров в Институте фармации Казанского государственного медицинского университета в соответствии с учебным планом по специальности 33.05.01 Фармация в 2022–2023 учебном году. В настоящее время педагогический процесс в высшей школе существенно изменился в связи с широким использованием в образовательном процессе информационно-цифровых технологий [2, 3]. Широко практикуются гибридные формы обучения, подразумевающие использование в учебном процессе дистанционных курсов по различным дисциплинам [4]. Данные курсы помогают студентам в освоении материала и позволяют преподавателям удаленно взаимодействовать со студентами, отвечая на их вопросы в чатах и форумах, а также осуществлять дистанционно контроль знаний студентов [5].

Цель исследования заключалась в создании дистанционного курса по дисциплине «Фармацевтическая экология» и оценке эффективности его использования при изучении студентами данной дисциплины в гибридном формате с применением дистанционных технологий.

Материалы и методы исследования

На первом этапе работы был произведен контент-анализ учебного плана по специальности 33.05.01 Фармация и рабочей программы по дисциплине «Фармацевтическая экология». Системный анализ профессиональных компетенций, получаемых при освоении дисциплины, позволил создать на платформе MOODLE дистанционный курс по данному предмету с блоком контроля знаний. Оценка эффективности использования дистанционного курса в учебном процессе производили методом

анкетного опроса [6]. Анкетировали 61 студента четвертого курса Института фармации Казанского государственного медицинского университета.

Результаты исследования и их обсуждение

Интенсивное развитие химико-фармацевтической промышленности, увеличение производства различных лекарственных препаратов ведет к загрязнению окружающей среды. Это обуславливает необходимость формирования в процессе обучения ответственного отношения к охране окружающей среды и наличия у провизора соответствующих знаний и профессиональных компетенций.

Согласно учебному плану фармацевтическая экология входит в блок обязательных дисциплин и изучается в течение седьмого и восьмого семестра, процесс освоения данного предмета завершается промежуточной аттестацией в виде экзамена. Всего на изучение дисциплины заложено учебным планом 216 академических часов (6 зачетных единиц): в каждом семестре предусмотрено по 45 ч практических занятий и по 16 ч лекций, на самостоятельную работу студентов отводится 58 ч, на контроль освоения дисциплины – 36 ч. Следует отметить, что количество выделяемых на дисциплину часов устанавливается учебным планом, однако число занятий при составлении рабочей программы может варьировать в пределах квоты часов. На изучение данного предмета в семестре выделяется 45 ч. Было принято решение построить рабочую программу исходя из продолжительности занятия 3 ч, таким образом, всего в семестре 15 занятий. Данная дисциплина уже преподается в течение двух лет, и с целью своевременной коррекции содержания занятий с учетом пожеланий студентов было проведено анкетирование обучающихся, отражающее отношение студентов к изучению данного предмета.

Материалами исследования явились ответы обучающихся на разработанные анкеты. Анкета состояла из двух блоков вопросов, первый из которых касался организации проведения занятий по фармацевтической экологии и отражал отношение обучающихся к изучению данной дисциплины. Результаты анкетирования студентов по первому блоку вопросов представлены в табл. 1.

Примечательно, что абсолютно все студенты ответили, что изучение данного предмета позволило расширить кругозор по вопросам охраны окружающей среды, что очень важно в будущей профессиональной деятельности провизора.

Таблица 1

Результаты анкетирования студентов

№ п/п Вопрос анкеты	Детализация ответа на вопрос	Количество положительных отзывов, %	Количество отрицательных отзывов, %	Количество ответов «частично»
1. Как вы оцениваете процесс изучения дисциплины «Фармацевтическая экология»?	Требуется большее количество часов на дисциплину	–	61 (100%)	–
	Требуется большее количество практических занятий	9 (14,75%)	52 (85,25%)	–
	Требуется наличие экскурсий на предприятия	42 (68,85%)	19 (31,15%)	–
	Требуется расширение и углубление содержания дисциплины	26 (42,62%)	35 (57,38%)	–
2. Как вы оцениваете содержание дисциплины «Фармацевтическая экология»?	Содержание позволило расширить кругозор по вопросам охраны окружающей среды	61 (100%)	–	–
	Содержание дисциплины отражает современное состояние окружающей среды	35 (57,38%)	19 (31,15%)	7 (11,47%)
3. Целесообразно ли проводить занятия в течение трех часов (ваши предложения)?		56 (91,80%)	Можно сократить до двух часов – 5 (8,20%)	–
4. Позволила ли данная дисциплина лучше представить свою будущую профессию?		33 (54,09%)	21 (34,46%)	7 (11,47%)
5. Что вы хотели бы изменить в организации и содержании изучения дисциплины «Фармацевтическая экология»?	Ничего	42 (68,85%)	–	–
	Добавить экскурсии	5 (8,20%)	–	–
	Добавить интересные темы докладов	1 (1,64%)	–	–
	Добавить больше творческих и практических заданий	9 (14,75%)	–	–
	Составление презентаций	1 (1,64%)	–	–
	*Другое (что именно)	3 (4,92%)	–	–

* Три студента в данном разделе предложили с целью повышения продуктивности занятий разнообразить их контент, а именно: один студент предложил выезд на предприятие и обзор его действий по решению экологических проблем, один студент хотел бы сократить количество записей в протоколах, которые ведутся на занятии, а также один студент рекомендовал добавить на занятиях больше интересных фактов об экологии, способствующих запоминанию изучаемого материала.

В КГМУ разработана документированная процедура системы менеджмента качества СМК ДП 08-37-2024 «Регламент электронного обучения, применения дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ», которым авторы руководствовались при разработке дистанционного курса по фармацевтической экологии. Электронный образовательный ресурс (ЭОР) по дисциплине «Фармацевтическая экология» создавался на образовательном портале официального сайта КГМУ на платформе MOODLE. Основная цель, которую преследовали, создавая данный курс, заключалась в максимальном вовлечении обучающихся

в активную познавательную деятельность, направленную на формирование профессиональных компетенций. Обучающиеся должны овладеть комплексом знаний, умений и навыков, позволяющих выполнять фармацевтические обязанности в соответствии с профессиональным стандартом [7].

Разработка ЭОР состоит из ряда этапов – организационного, основного этапа, разработки дизайна ЭОР, его рубрикации и оформления метадаанных, при этом придерживались четырех основных принципов: доступности, максимальной информативности, наглядности и обратной связи. Важным этапом является экспертиза ЭОР. На организационном этапе был разработан

план-проспект ЭОР. При реализации основного этапа произведен отбор контента ЭОР, осуществлена систематизация имеющихся видеоматериалов, записей лекций, презентаций, теоретических материалов и т.д. Регламент дистанционного обучения рекомендует наличие в каждом ЭОР промо-видео (мотивационного ролика), в котором наглядно демонстрируется актуальность изучения данной дисциплины. Метаданные включают общую характеристику образовательного ресурса, количество часов, отводимых на изучение дисциплины, электронный адрес курса, календарно-тематические планы, глоссарий, презентации лекций, чат и форум для обратной связи со студентами. Также должна быть обязательно размещена рабочая программа, которая была составлена доцентом Института фармации А.Ю. Ситенковым, согласована Советом по качеству Института фармации КГМУ, утверждена на уровне университета. Далее, была продумана рубрикация ЭОР. Очень удобно структурирование материала по семестрам по темам в соответствии с разделами рабочей программы, что и нашло отражение на образовательном портале. Большое внимание при наполнении ЭОР было уделено наличию лекционного и обучающего теоретического материала по теме занятия, заданий на практическую часть занятия, вопросов для самоконтроля и нормативных документов, постановлений правительства и приказов, отражающих современное состояние экологических аспектов деятельности фармацевтических работников.

Обязательным и весьма существенным разделом является контрольный раздел, содержащий тесты, ситуационные задачи,

темы рефератов, презентаций и докладов, задания для самостоятельной работы. Изучение дисциплины заканчивается итоговым тестированием, проводимым на дистанционном курсе, который размещен на образовательном портале КГМУ, и промежуточной аттестацией в виде экзамена, вопросы к которому также находятся на образовательном портале. В связи с тем, что фармацевтическая экология преподается в Институте фармации только третий год, необходимо на начальном этапе ее изучения сразу же оценить отношение студентов к самому предмету и имеющемуся на образовательном портале дистанционному курсу с тем, чтобы в случае необходимости провести коррекцию содержания находящегося там материала. Поэтому второй блок вопросов анкеты, который представлен в табл. 2, касался оценки содержания и эффективности использования дистанционного курса и включал 10 вопросов, первые пять из которых были идентичными разработанным и использованным авторами при анализе дистанционного курса по пропедевтической практике [8].

Анализ ответов студентов на вопросы анкеты позволил установить, что в подавляющем большинстве случаев (95,1 %) обучающиеся легко нашли дистанционный курс и сочли его интерфейс удобным (96,7%). При этом 82 % обучающихся полностью просмотрели все материалы дистанционного курса, 18 % студентов ограничились их частичным изучением. Практически всем студентам (98,4 %) дистанционный курс помог в подготовке к занятиям, так как он содержит достаточное количество презентаций, лекций, фильмов и других материалов к каждому занятию.

Таблица 2

Анкета для оценки обучающимися дистанционного курса по фармацевтической экологии

№	Вопрос анкеты
1	Легко ли было найти на образовательном портале дистанционный курс «Фармацевтическая экология»?
2	Удобен ли интерфейс дистанционного курса?
3	Помог ли материал дистанционного курса в освоении программы дисциплины?
4	Все ли разделы дистанционного курса были просмотрены и изучены?
5	Что, на ваш взгляд, нужно изменить в структуре и содержании дистанционного курса?
6	Достаточное ли количество лекций выложено на образовательный портал?
7	В достаточном ли объеме на образовательный портал выложены материалы к каждому занятию?
8	Имеются ли на образовательном портале фильмы по дисциплине и был ли их просмотр для вас полезным?
9	Имеются ли на образовательном портале в достаточном количестве нормативные документы, имеющие отношение к изучаемой дисциплине?
10	Какие еще материалы вы бы хотели видеть на образовательном портале?



Оценка обучающимися наличия на образовательном портале нормативных документов, имеющих отношение к изучаемой дисциплине

Наиболее интересным пунктом анкеты является пятый вопрос («Что, на ваш взгляд, нужно изменить в структуре и содержании дистанционного курса?»). 53 чел. (86,9%) ответили, что в содержании дистанционного курса ничего менять не надо, однако 8 студентов (13,1%) подошли вдумчиво и высказали реальные предложения по улучшению содержания образовательного ресурса «Фармацевтическая экология», а именно: 3% студентов считают необходимым добавить видеоматериалы с интересными фактами об охране окружающей среды, 3% студентов предлагают выкладывать на образовательный портал больше творческих заданий для самостоятельного выполнения, а 7,1% студентов высказывает мнение о необходимости наличия учебной литературы в библиотеке, так как имеющейся недостаточно. Интересны ответы студентов, касающиеся наличия нормативных документов на образовательном портале (рисунок).

Анализируя ответы студентов по данному разделу, можно провести коррекцию имеющихся материалов на дистанционном курсе, а именно удалить устаревшие документы и разместить материалы, имеющие отношения к медицинским аспектам экологических проблем.

Также следует принять во внимание ответы студентов на десятый пункт анкеты – о том, какие еще материалы они бы хотели видеть на образовательном портале. 30 студентов (49,2%) считают, что на образовательном портале все есть, но 31 студентом (50,8%) были высказаны определенные предложения. По мнению этих студентов, необходимо добавить больше информации по экспериментальным исследованиям в области экологии, добавить документальные фильмы, обязательно отразить реаль-

ные кейсы из практики фармацевтических предприятий по охране окружающей среды с путями их решения, интерес вызвало составление кроссвордов на экологическую тематику, а также высказано желание добавить видеолекции, читаемые студентам других учебных заведений, имеющиеся в открытом доступе в сети интернет. Именно данные предложения являются наиболее ценными, так как позволяют модифицировать содержание образовательного ресурса, адаптировать его к образовательному процессу с учетом пожеланий студентов.

Заключение

Вопросы охраны окружающей среды при производстве лекарственных препаратов являются очень важными, поэтому специалист фармацевтического профиля должен обладать определенными знаниями в данной области. Преподавание дисциплины «Фармацевтическая экология» позволяет приобрести соответствующие профессиональные компетенции. Важную роль в освоении данного предмета играет созданный дистанционный курс, который адекватно отражает его содержание. Все опрошенные студенты в целом очень положительно оценивают содержание дистанционного курса, отмечают его удобство и существенную помощь в подготовке к занятиям и экзамену. Регулярное анкетирование обучающихся с последующим анализом их ответов позволяет выявить те аспекты, которые требуют пересмотра и улучшения контента образовательного ресурса.

Список литературы

1. Кудашкина Н.В., Пупыкина К.А., Файзуллина Р.Р., Шайдуллина Г.Г., Хасанова С.Р., Афанасьева Ю.Г., Галияхметова Э.Х. Экологические аспекты в обучении специ-

алистов фармацевтического профиля // Вестник ОГУ. 2009. № 6 (100). С. 658–659.

2. Бушуев И.В., Нектаревская Ю.Б., Толстокова О.Н. Проблемы и перспективы развития дистанционного обучения в современной российской высшей школе // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (НПИ). Серия: Социально-экономические науки. 2020. Т. 13, № 4. С. 14–21. DOI: 10.17213/2075-2067-2020-4-14-21.

3. Пробин П.С. Дистанционные образовательные технологии в современной системе высшего образования: вызовы новой реальности и перспективы развития: монография / Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК). Чебоксары: Среда, 2022. 100 с.

4. Малиатаки В.В., Киричек К.А., Вендина А.А. Дистанционные образовательные технологии как современное средство реализации активных и интерактивных методов обучения при организации самостоятельной работы студентов // Открытое образование. 2020. Т. 24, № 3. С. 56–66. DOI: 10.21686/1818-4243-2020-3-56-66.

5. Шамина Н.В. Онлайн-обучение в образовательном процессе: сильные и слабые стороны // Казанский педагогический журнал. 2019. № 2 (133). С. 20–25.

6. Егорова Е.М. Анализ эффективности дистанционного обучения с применением электронных образовательных технологий (на примере КИТ СВФУ) // Педагогический журнал. 2022. Т. 12, № 1А. С. 325–331. DOI: 10.34670/AR.2022.46.34.002.

7. Приказ Минтруда России от 09.03.2016 № 91н «Об утверждении профессионального стандарта “Провизор”» (Зарегистрировано в Минюсте России 07.04.2016 № 41709) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_196697/ (дата обращения: 15.01.2025).

8. Меркурьева Г.Ю., Камаева С.С. Оценка эффективности использования в образовательном процессе дистанционного курса по дисциплине «Фармацевтическая пропедевтическая практика» // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32053> (дата обращения: 15.01.2025).

УДК 37.035:37.012.85
DOI 10.17513/snt.40312

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ С ОБУЧАЮЩИМИСЯ МЛАДШИХ КЛАССОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКОВ СОЦИАЛЬНО БЕЗОПАСНОГО ПОВЕДЕНИЯ

¹Колесникова Д.С., ¹Панкова Е.С., ^{1,2}Казакова Г.Н., ²Веселов О.Б.

¹ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет
имени В.П. Астафьева», Красноярск, e-mail: kspu@kspu.ru;

²ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, Красноярск, e-mail: rector@krasgmu.ru

В статье представлены опыт и результаты научно-методической работы по формированию социально безопасного поведения младших школьников, в том числе с использованием мультимедийных презентаций. Целью исследования стала оценка продуктивности включения мультимедийных презентаций в процесс формирования социально безопасного поведения младших школьников. Исследование проводилось по специально подобранным методикам ряда авторов для оценки когнитивного, эмоционально-ценностного и деятельностного критериев по таким параметрам, как поведение в толпе, в отношении опасных социальных сетей, транспорта, в ситуации «если потерялся» и при встрече с незнакомцем. При проведении занятий в серию мультимедийных презентаций были включены интерактивные сценарии, такие как тесты, кроссворды, поиск слов по буквам, ребусы, а также видеофрагменты. Они способствовали осознанию респондентами возможных рисков и негативных последствий, неверных с точки зрения безопасности действий. Установлено, что после проведения формирующего эксперимента, включающего классные часы и уроки «Окружающий мир», актуальный уровень сформированности социально безопасного поведения школьников значительно повысился. Опыт организации комбинированных занятий с включением специальных заданий с презентациями, применением интерактивных сценариев оказался результативным, так как помог школьникам визуализировать и осознавать опасности, учил справляться с конфликтными ситуациями, развивал навыки эмоционального контроля и адекватного реагирования.

Ключевые слова: социально безопасное поведение, обучающиеся младших классов, презентации, транспорт, социальные сети, поведение в толпе, опасность, незнакомец, если потерялся, причина, последствия

EXPERIENCE IN ORGANIZING CLASSES WITH ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS TO DEVELOP SKILLS OF SOCIALLY SAFE BEHAVIOR

¹Kolesnikova D.S., ¹Pankova E.S., ^{1,2}Kazakova G.N., ²Veselov O.B.

¹Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafev, Krasnoyarsk,
e-mail: kspu@kspu.ru;

²Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voyno-Yasenetsky
of the Ministry of Health of the Russian Federation, Krasnoyarsk, e-mail: rector@krasgmu.ru

The article presents the experience and results of scientific and methodological work on the formation of socially safe behavior of junior schoolchildren, including the use of multimedia presentations. The purpose of the study was to evaluate the productivity of including multimedia presentations in the process of formation of socially safe behavior of junior schoolchildren. The study was conducted using specially selected methods of a number of authors to assess the cognitive, emotional-value and activity criteria for such parameters as: behavior in a crowd, in relation to dangerous social networks, transport, in the situation “if lost” and when meeting a stranger. When conducting the lessons, the series of multimedia presentations included interactive scenarios such as tests, crossword puzzles, word searches, rebuses, and video clips. They contributed to the respondents’ awareness of possible risks and negative consequences of wrong, from the point of view of safety, actions. It was found that after the forming experiment, including classroom hours and “Environment” lessons, the actual level of formation of socially safe behavior of schoolchildren significantly increased. The experience of organizing combined lessons with the inclusion of special tasks with presentations, the use of interactive scenarios was effective, as it helped students to visualize and realize the dangers, taught them to cope with conflict situations, developed skills of emotional control and adequate response.

Keywords: socially safe behavior, junior school students, presentations, transport, social networks, behavior in a crowd, danger, stranger, if lost, cause, consequences

Введение

Современное общество требует от граждан не только знаний, но и умений правильно взаимодействовать с окружающим миром и людьми. Социальная безопасность

включает в себя умение адекватно реагировать на различные ситуации, необходимое для защиты личности и окружающих от потенциальных угроз. Младший школьный возраст является чувствительным для станов-

ления новообразований социального сознания, в том числе связанных с устойчивыми представлениями о безопасной жизнедеятельности. В этот период происходят трансформации когнитивной сферы личности, развивается произвольность психических процессов и понятийное мышление, что создает основу для более осознанного приобретения знаний и усвоения правил поведения в ситуациях риска для здоровья и жизни. В младшем школьном возрасте сохраняется выраженная потребность в двигательной активности, зачастую направленная на исследование «запретных зон». При этом преодоление опасности может расцениваться ребенком как смелость, а безопасное поведение сформировано в этом возрасте еще недостаточно. Поэтому родителям, педагогам необходимо сосредоточить усилия на процессе формирования навыков правильных действий, минимизации рисков, происходящих под влиянием различных факторов, в том числе педагогических воздействий со стороны ближайшего окружения [1].

При организации занятий большое внимание было уделено и формированию учебной мотивации младших школьников, что также является целенаправленным и специально организованным процессом, выполняющим одну из важнейших образовательных функций – стимулирование интереса к занятию [1]. Темпы развития современного общества очень высоки; наряду с активным массовым научно-техническим прогрессом развивается и электронно-цифровая образовательная среда, поэтому в занятия были включены мультимедийные презентации и ситуации – два различных программных продукта, взаимосвязанных между собой: презентации являются более широким понятием, охватывают различные виды медиаконтента, который может быть использован для передачи информации. Они могут включать слайды, анимацию, видео, аудио, текст, в том числе и реальные жизненные ситуации. Последние позволяют школьникам увидеть, как и к каким последствиям для себя и окружающих людей их необдуманные и неправильные действия могут привести. Школьники могут наблюдать за героями видеороликов и оценивать их действия, идентифицировать правильные и неправильные решения в различных сюжетах. Кроме того, вышеуказанные ситуации способствуют развитию у обучающихся критического мышления, их способности анализировать и оценивать информацию, принимать обоснованные решения и учиться на своих ошибках. Обсуждение проблемных ситуаций после просмотра

видеофрагментов позволяет ученикам высказать различные точки зрения, выразить свои мысли и чувства, научиться уважать мнения других [2]. Формирование навыков правильных поступков обучающихся представляется как целостный процесс ознакомления и поэтапного освоения действий и способов различных стратегий поведения (уклонения, преодоления, предвидения) [3]. Работа была основана на решении ситуационных задач по системе «опасность – причина – следствие». Эта система, по сути, логический процесс, превращающий потенциальные угрозы в реальный ущерб и включающий множество причин и последствий. Изучение и поиск причин является основой профилактики несчастных случаев, нежелательных последствий, дает возможность устранять причины и исключать риски. Ситуационные задачи – это задачи, позволяющие обучающемуся осваивать интеллектуальные операции в процессе работы с информацией в следующей последовательности: ознакомление, понимание, применение, анализ, синтез, оценка. Они близки к проблемным задачам и направлены на выявление и осознание способа деятельности, предназначены для понимания обучающимися ситуации, умения логически мыслить и действовать в ней, использовать средства защиты. Получение навыка логического обдумывания своих действий в условиях опасной ситуации уменьшает вероятность возникновения паники и величину стрессового воздействия, усиливает волевые качества личности, настраивая на поиск защитных действий. Кроме того, в серию использованных презентаций были включены и интерактивные сценарии, такие как тесты, кроссворды, поиск слов по буквам, ребусы, видеофрагменты, позволяющие детям осознать возможные риски и негативные последствия определенных поступков и привычек [4].

Цель исследования – оценка продуктивности включения мультимедийных презентаций в процесс формирования социально безопасного поведения младших школьников.

Материалы и методы исследования

Достижение цели осуществлялось посредством теоретического метода (анализ научной литературы; изучение программных документов в области образования, исследование и обобщение педагогического опыта формирования социально безопасного поведения младших школьников) и эмпирического (проведение опроса, педагогический эксперимент, который включал два

этапа: констатирующий и формирующий, анализ продуктов самообразовательной деятельности обучающихся, качественный и количественный анализ результатов исследования, математическую обработку эмпирических данных) метода.

В рамках исследования у младших школьников 8–9 лет в количестве 26 чел. (14 мальчиков и 12 девочек) с января по апрель 2024 г. на уроках «Окружающий мир» были проведены констатирующий и формирующий эксперименты на базе МАОУ СШ № 158 «Грани» г. Красноярск.

В соответствии с п. 1 ст. 53.4 ФЗ исследование проводилось при наличии информированного согласия в письменной форме одного из родителей (законного представителя) обучающихся.

В уроки включались специальные задания (кроссворды, ситуационные задачи, ролевые игры) и выявлялся уровень сформированности социально безопасного поведения по трем критериям: когнитивному, эмоционально-ценностному и деятельностному.

Когнитивный оценивался по методике Р.Б. Стеркиной «Определение теоретических знаний по основам безопасности жизнедеятельности» [5, с. 19–28]. Эмоционально-ценностный изучался по методике И.Б. Дермановой «Что такое хорошо и что такое плохо?» [6, с. 102–103]. Деятельностный – с помощью методики Т.С. Казаковцевой «Наблюдение за детьми в естественных условиях» [7, с. 198–206]. Методика Р.Б. Стеркиной направлена на определение актуального уровня теоретических знаний по вопросам безопасного поведения. Методика И.Б. Дермановой предполагала выбор обучающимся из предложенных ситуаций тех, которые соответствуют соблюдению требований безопасности в интернете, транспорте, толпе, при встрече

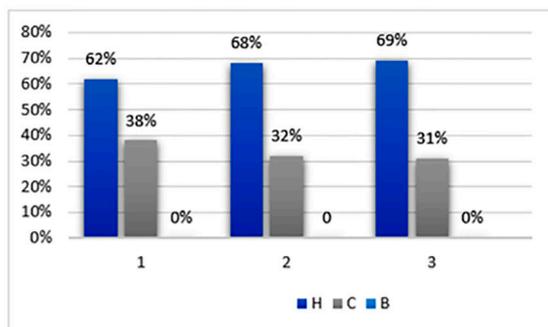
с незнакомцем. Респондентам предлагалось рассказать о ситуациях, когда они или выдуманный ими герой соблюдали или нарушали правила рискованных действий в обществе. Методика Т.И. Казаковцевой была применена для выявления фактов (не)соблюдения определенных правил в случаях риска для здоровья и жизни.

Результаты исследования и их обсуждение

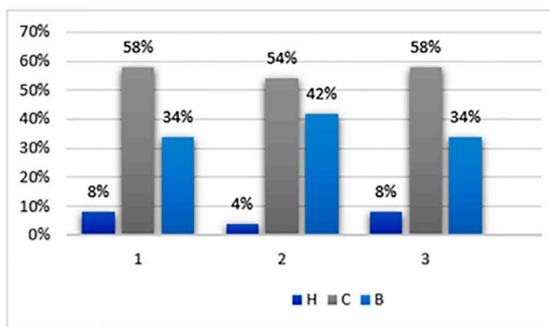
Результаты констатирующего и формирующего экспериментов представлены на рисунке. Очевидно, что большая часть респондентов после констатирующего эксперимента обладали низким уровнем сформированности изучаемого понятия по всем критериям. Так, в отношении когнитивного критерия только 62% респондентов владели знаниями (лишь фрагментарными) о правильном поведении и не в полной мере осознавали его значимость.

На входном тестировании обучающиеся допускали ошибки в ответах по всем пяти параметрам на большую часть вопросов: указывали название улицы, на которой живут, вместо точного домашнего адреса, вместо адреса школы писали только ее полное название, путались в номерах телефонов экстренных служб, не знали, с какой стороны можно садиться или высаживаться из автомобиля, не понимали опасности при общении с незнакомцами в социальных сетях, не знали, как вести себя, когда преследует незнакомец или когда остались в толпе без родителей. Анализ результатов констатирующего эксперимента по эмоционально-ценностному критерию показал, что 68% респондентов были неустойчивы в своем отношении к нормам социально-безопасного поведения, тогда как 32% имели нейтральное отношение.

Констатирующий эксперимент



Формирующий эксперимент



Уровень сформированности социально безопасного поведения младших школьников по всем критериям: Н – низкий уровень, С – средний уровень, В – высокий уровень; 1 – когнитивный критерий, 2 – эмоционально-ценностный критерий, 3 – деятельностный критерий

Выяснилось, например, что школьники положительно относятся к различным ссылкам в интернете для скачивания игр и виртуального общения даже с незнакомыми «друзьями»; в ситуациях «если потерялся» считают правильным бежать или самим искать выход, при попадании в толпу предпочитают расталкивать всех, не прислушиваясь к советам. Обучающиеся также положительно относились к нарушению правил дорожного движения, а к незнакомым людям – доверительно. Подобное отношение к нормам социально безопасного поведения равносильно отвержению этих норм. Итак, в ходе проведенного анализа полученных результатов было установлено, что и по третьему, деятельностному, критерию преобладает низкий уровень, так как 69% респондентов имеют тенденцию к нарушению ряда важных его правил. Например, не все школьники правильно ведут себя в классе с использованием современной техники, на перемене, в столовой или спортивном зале, не всегда проявляют осторожность при контакте с незнакомыми людьми на улице или в социальных сетях, что повышает риск возникновения угрожающих жизни и здоровью ситуаций.

Результаты констатирующего эксперимента обнаружили необходимость внедрения в учебный процесс серии внеурочных занятий (классных часов), специальных заданий к урокам «Окружающий мир» для развития социальных навыков и поведенческих практик. При разработке учебных занятий учитывались требования Федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования (ФГОС НОО) к личным, метапредметным и предметным результатам. Например, личностные результаты освоения ООП НОО должны отражать «формирование установки на безопасный, здоровый образ жизни» [8].

План проведения учебных занятий включал 5 классных часов и 16 уроков «Окружающий мир», направленных на формирование когнитивного, эмоционально-ценностного и деятельностного компонентов в отношении пяти вышеуказанных параметров социально безопасного поведения (игры «Да/Нет», «Можно/нельзя», «Красный – желтый – синий», «Вредные советы»; кроссворды; задачи «Что не так?», игра с флеш-картами «Защити себя и свои данные»; викторина «Правда или ложь», мозговой штурм «Опасности в толпе», викторина «Правила дорожной безопасности», флеш-карты «Друг или незнакомец», упражнение «Практика безопасного сбора информации» и др. Обучающиеся реально

изучали правила безопасности и социального взаимодействия. Например, через ролевые игры дети научились правильно вести себя на улице, в интернете, в общественном транспорте, в толпе или при контакте с незнакомыми людьми; через дискуссии – высказывать свое мнение, слушать и уважать мнения других; в групповой деятельности, работая в командах, они вместе решали задачи, что способствовало формированию навыков сотрудничества и коммуникации. Также практиковалось поощрение школьников, например, через вручение сертификатов или медалей. Совместная работа по утверждению правил и норм, которые будут соблюдаться в классе, помогла детям осознать актуальность самого подхода к вопросу и важность взаимного уважения.

После проведения внеурочных занятий сформированность изучаемого понятия по когнитивному критерию в отношении всех параметров повысилась: низкий уровень выявлен только у 8%, высокий же установлен у 34% респондентов. При опросе школьники продемонстрировали знание того, например, что центр задних сидений является наиболее безопасным местом в машине, что посадка и высадка из автомобиля разрешена только со стороны тротуара; они констатировали знание основных правил поведения в транспорте и риски общения с незнакомцами в социальных сетях, на улице, в подъезде. По окончании эксперимента обучающиеся сами стали давать рекомендации, соответствующие нормам и правилам безопасности. Неустойчивое отношение к правильным действиям и нормам в отношении эмоционально-ценностного и деятельностного критериев после проведения формирующего эксперимента сменилось на нейтральное и положительное: школьники стали более осознанными в своих действиях в виртуальном пространстве, более критичными к ссылкам для скачивания игр и возможности виртуального общения с незнакомцами. В ситуациях, когда теряются, они теперь были склонны обращаться за помощью и следовать правильным стратегиям поведения. Ученики стали понимать важность соблюдения установленных норм и демонстрировать намерение следовать им. Сформированность социально безопасного поведения по эмоционально-ценностному критерию такова: низкий уровень демонстрируют всего 4% респондентов, а высокий установлен у 42% (прежний показатель – 0%).

Заключение

Таким образом, в результате проведения серии занятий установлена их результатив-

ность, так как сформированность социально безопасного поведения по деятельностному критерию в отношении всех параметров исследования повысилась: низкий уровень демонстрируют всего 8% обучающихся, средний уровень – 58%, а высокий уровень – 34% респондентов. Это позволяет констатировать, что внеурочные занятия и уроки с мультимедийными презентациями помогают детям визуализировать, осознавать опасности, учат справляться с конфликтными ситуациями, развивают навыки эмоционального контроля и адекватного реагирования. Данные результаты становятся лично значимыми и начинают выполнять функцию регулятора совершенствования младшими школьниками единственно верных поступков.

Список литературы

1. Гудков М.В., Горшенина С.Н. Педагогическое сопровождение формирования основ культуры безопасного поведения младших школьников // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 77. С. 35–36. URL: <https://gpa.cfuv.ru/attachments/article/5773/Выпуск%2077%20часть%203,%202022%20год.pdf> (дата обращения: 09.01.2025).
2. Давыдова Л.Н., Фирсов К.Н., Толстых О.С. Психолого-педагогические детерминанты повышения результативности формирования безопасного поведения младших школьников // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия: Педагогика и психология. 2022. Вып. 4. С. 32–39. DOI: 10.53598/2410-3004-2022-4-308-32-39.
3. Давыдова Л.Н., Толстых О.С. Организационно-технологическая модель формирования социально безопасного поведения младших школьников // Педагогические исследования. 2022. Вып. 4. С. 77–95.
4. Садиева М.Э. Ситуационные задания как средство развития математического мышления учащихся // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Гуманитарные науки. 2019. № 3. С. 208-214.
5. Авдеева Н.Н., Князева О.Л., Стеркина Р.Б. Безопасность: учебное пособие по основам безопасности жизнедеятельности детей старшего дошкольного возраста. СПб.: ДЕТСТВО-ПРЕСС, 2009. 144 с.
6. Методика «Что такое хорошо и что такое плохо» // Диагностика эмоционально-нравственного развития / Ред. и сост. И.Б. Дерманова. СПб.: Речь, 2002. С. 102–103.
7. Казаковцева Т.С. Технологии оздоровительно-образовательной работы с детьми: учебно-методическое пособие: в 2 ч. Киров: Изд-во Вятского гос. гуманитарного ун-та, 2009. 227 с.
8. Рябикина В.М. Педагогические условия использования цифровых технологий как средства формирования мотивации у младших школьников к учебной деятельности // Мир науки, культуры, образования. 2023. № 1. С. 34–36. DOI: 10.24412/1991-5497-2023-198-34-36.

УДК 378.1:373.57
DOI 10.17513/snt.40313

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОСРЕДСТВОМ РЕАЛИЗАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩИХ ПРОГРАММ ПО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЮ В ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ ВУЗА

Коротков С.Г., Севастьянова Е.О.

*ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет»,
Йошкар-Ола, e-mail: korotkov.s.g@yandex.ru*

Цель исследования – разработать методические рекомендации по формированию технического мышления обучающихся посредством реализации дополнительных общеразвивающих программ по 3D-моделированию на базе цифровой лаборатории вуза. В общеобразовательной области «Технология (труд)» введены инвариативные модули (3D-моделирование и прототипирование, робототехника), направленные на формирование технического мышления, профориентацию на инженерные и технические специальности. Недостаточное материально-техническое оснащение школ и зачастую низкий уровень компетенции учителей по указанным модулям обуславливают востребованность 3D-технологий в дополнительном образовании. В рамках опытно-экспериментального исследования проводилась проверка эффективности формирования компонентов технического мышления посредством реализации дополнительных общеразвивающих программ в цифровой лаборатории вуза: «Моделирование в Компас 3D» и «Моделирование в Blender 3D». Уточнено понятие и выявлены компоненты технического мышления, проанализированы возможности формирования технического мышления школьников в рамках урочной и внеурочной деятельности по технологии. Представлен опыт и результаты формирования технического мышления обучающихся в рамках реализации программ по 3D моделированию в цифровой лаборатории вуза. Разработаны методические рекомендации по формированию технического мышления при реализации дополнительных общеразвивающих программ по 3D моделированию в рамках внеурочной деятельности по предмету «Технология (труд)». Таким образом, реализация дополнительных общеобразовательных программ по 3D моделированию в рамках внеурочной деятельности по предмету технология (труд) может выступать как средство (элемент) формирования технического мышления обучающихся в условиях необходимости реализации новых инвариативных модулей по предмету «Технология (труд)».

Ключевые слова: техническое мышление, 3D-моделирование, прототипирование, практико-ориентированная подготовка, цифровая лаборатория

FORMATION OF TECHNICAL THINKING OF SCHOOLCHILDREN THROUGH THE IMPLEMENTATION OF ADDITIONAL GENERAL DEVELOPMENTAL PROGRAMS ON 3D-MODELING IN THE DIGITAL LABORATORY OF THE UNIVERSITY

Korotkov S.G., Sevastyanova E.O.

Mari State University, Yoshkar-Ola, e-mail: korotkov.s.g@yandex.ru

The purpose of the study is to develop methodological recommendations for the formation of technical thinking of students through the implementation of additional general educational programs on 3D modeling based on the university's digital laboratory. Invariant modules (3D modeling and prototyping, robotics) have been introduced in the general education field of Technology (Labor), aimed at the formation of technical thinking, career guidance in engineering and technical specialties. Insufficient material and technical equipment of schools and often a low level of competence of teachers in these modules determine the demand for 3D technologies in additional education. As part of the pilot study, the effectiveness of the formation of components of technical thinking was tested through the implementation of additional general development programs in the university's digital laboratory: "Modeling in Compass 3D" and "Modeling in Blender 3D". The concept is clarified and the components of technical thinking are revealed. The possibilities of forming technical thinking of schoolchildren within the framework of regular and extracurricular activities in technology are analyzed. The experience and results of the formation of technical thinking of students in the framework of the implementation of 3D modeling programs in the digital laboratory of the university are presented. Methodological recommendations have been developed for the formation of technical thinking in the implementation of additional general educational programs on 3D modeling in the framework of extracurricular activities on the subject of technology (labor). Thus, the implementation of additional general education 3D modeling programs in the framework of extracurricular activities on the subject of technology (labor) can act as a means (element) of forming technical thinking of students in the context of the need to implement new invariant modules on the subject of technology (labor).

Keywords: technical thinking, 3D-modeling, prototyping, practice-oriented training, digital laboratory

Введение

На сегодняшний день быстрыми темпами происходит цифровизация общества: большие данные, нейросети, искусственный интеллект, робототехника. Эти изменения во всех сферах общества обуславливают быстрое устаревание компетенций, а следовательно, сокращается период актуальности профессии на рынке труда. Все это обуславливает повышение интереса молодежи к освоению цифровых программ, приложений и, соответственно, наблюдается повышение престижа программистов, IT-инженеров, разработчиков и тестировщиков, проектировщиков и дизайнеров [1]. Следовательно, возникает проблема поиска эффективных методов и технологий формирования технического мышления, организации профориентации и профессионального самоопределения обучающихся. Формирование технического мышления обучающихся происходит как в рамках урочной деятельности в общеобразовательной школе, так и во внеурочной деятельности.

В рамках общеобразовательной области «Технология (труд)» введены инвариативные модули (3D-моделирование и прототипирование, робототехника) направленные на формирование технического мышления, профориентацию на инженерные и технические специальности. Однако при реализации данных модулей образовательные учреждения сталкиваются с проблемой недостаточного материально-технического оснащения кабинетов технологии (образовательные наборы робототехники, 3D-принтеры, сканеры), необходимости повышения квалификации учителей технологии.

Анализ публикаций показал, что в исследованиях, касающихся проблемы формирования технического мышления в разные периоды, анализировались такие аспекты, как содержание и компоненты формирования технического мышления, особенности формирования технического мышления в рамках урочной деятельности [2, 3]. Вместе с тем на сегодняшний день многие вопросы, касающиеся формирования технического мышления, использования новых образовательных технологий и методов организации практико-ориентированной подготовки во внеурочной деятельности в условиях цифровизации общества, остаются малоизученными.

Цель исследования – разработать методические рекомендации по формированию технического мышления обучающихся посредством реализации дополнительных общеразвивающих программ по 3D-моделированию на базе цифровой лаборатории вуза.

Материалы и методы исследования

Теоретические методы: анализ методологической, научно-методической и специализированной литературы по теории и практике развития технического мышления, а также изучение проблем и перспектив внедрения инвариантных модулей в программу общеобразовательной области «Технология (труд)».

Эмпирические методы: исследование накопленного и опубликованного педагогического опыта по данной проблематике; проведение сравнений и обобщений фактических данных, наблюдение, тестирование, анкетирование и опросы. Кроме того, анализировались продукты деятельности обучающихся при изучении общенаучных и технических дисциплин в рамках урочной деятельности в общеобразовательной школе и реализации дополнительных общеразвивающих программ в цифровой лаборатории университета.

Экспериментальная работа по формированию технического мышления обучающихся посредством реализации дополнительных общеразвивающих программ по 3D-моделированию проводилась на базе цифровой лаборатории 3D-моделирования и прототипирования ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет». Целью опытно-экспериментального исследования явилась проверка эффективности формирования компонентов технического мышления посредством реализации дополнительных общеразвивающих программ по 3D-моделированию. В эксперименте принимали участие обучающиеся 9 класса одной из школ города: экспериментальная группа (ЭГ) в количестве 12 обучающихся и контрольная группа (КГ) в количестве 12 обучающихся.

Формирование компонентов технического мышления в ЭГ и КГ осуществлялось в рамках изучения общеобразовательных предметов (урочная деятельность), а в ЭГ – дополнительно в рамках внеурочной деятельности при обучении по дополнительным общеобразовательным программам «Моделирование в Компас 3D» и «Моделирование в Blender 3D» в цифровой лаборатории вуза.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучением проблемы формирования технического мышления занимались многие ученые, философы, например П.К. Энгельмейер, который впервые ввел термин «техническое мышление» [4]. Данным вопросом в разное время занимался Т.В. Кудрявцев, который определил техническое

мышление как понятийно-образно-практическое (деятельное) [5].

Техническое мышление – это важная составляющая практического мышления, обладающая рядом специфических характеристик и особенностей: знание сущностных характеристик, терминов и понятий технической области; пространственное и образное мышление; решение конструкторско-технологических и технических задач. Техническое мышление имеет уникальную структуру, которая включает в себя понятийный, образный и практический компоненты (по Т.В. Кудрявцеву) [5], а также язык техники (по М.В. Мухиной [3]. Кроме того, техническое мышление требует наличия обобщенной системы знаний и умений, соответствующих выполняемой деятельности [6].

В рамках данного исследования под техническим мышлением авторы понимают вид мышления в процессе выполнения поставленных производственно-технических задач, с возникновением мыслительных образов в технической сфере, позволяющий понимать устройство и принципы технических алгоритмов и объектов, включающий следующие компоненты:

1. Понятийный компонент – обеспечивает понимание и сформированность у обучающихся основных характеристик и понятий в технической области.

2. Образный компонент – включает создание образов объектов при их восприятии и представление уже существующих образов.

3. Практический компонент – предполагает применение на практике решений, полученных в результате понятийного и образного анализа.

Формирование выделенных компонентов возможно в рамках следующих видов деятельности:

1. Изучение в общеобразовательной школе дисциплин технической направленности. Как общенаучные (физика, математика), так и предметы технической направленности (технология, черчение) позволяют сформировать и развить у обучающихся определенные качества, способствующие развитию технического мышления. Задачи на моделирование, конструирование позволяют сформировать навыки применения междисциплинарных знаний в процессе решения конструкторских или технологических задач, тем самым способствуя формированию компонентов технического мышления.

2. Проектная деятельность. Данная деятельность предполагает решение различных конструкторских задач, позволяет закрепить на практике различные группы умений практического компонента техни-

ческого мышления, способствует мотивации и профессиональному самоопределению обучающихся.

3. Дополнительные общеразвивающие программы, как правило, нацелены на углубленное изучение отдельных направлений технического творчества. Изучение технологий 3D-моделирования и прототипирования, 3D-печати позволяет осознанно действовать и подходить к решению поставленных задач, применять теоретические знания, объединять практические, понятийные и образные компоненты, способствуя росту уровня технического мышления обучающегося [7].

Рассмотрим более подробно результат реализации дополнительных общеобразовательных программ по 3D-моделированию и их влияние на формирование технического мышления у обучающихся общеобразовательных школ.

3D-моделирование является одной из технологий, применение которой позволяет заинтересовать обучающегося и стимулирует развитие личности школьника с развитыми навыками применения алгоритмов в решении поставленной цели, креативного и критического подхода к решению задач [8]. Применение трехмерного моделирования в образовании стимулирует у обучающихся интерес к получению знаний, развивает пространственное мышление и воображение, повышает творческий потенциал личности [9].

В рамках исследования авторы выделяют три возможных уровня развития технического мышления: начальный, средний и высокий.

Начальный уровень определяется базовыми умениями в решении технических задач и создании трехмерных моделей. Наблюдается отсутствие связи теории с практикой и шаблонное мышление при решении технических задач.

Средний уровень характеризуется хорошо сформированными техническими навыками. Обучающиеся успешно решают большинство технических задач при создании трехмерных моделей, часто применяя оригинальные решения, уверенно справляются с поставленными задачами различной сложности.

Высокий уровень демонстрируют обучающиеся с отлично развитыми техническими умениями и навыками работы с программами для создания трехмерных моделей. Они легко и нестандартно решают технические задачи благодаря глубоким и осмысленным знаниям. Эти студенты обладают развитым творческим и техническим мышлением, пространственным воображением.

Таблица 1

Механизм оценки показателей сформированности технического мышления обучающихся

Показатели	Уровни и баллы		
	низкий	средний	высокий
Сформированность понятийного компонента			
1. Знание и определение видов технических объектов, понимание принципов их работы	0	1	2
2. Владение специальными понятиями, «языком техники», условными графически-буквенными обозначениями различных видов схем и чертежей	0	1	2
3. Владение основными терминами технологий 3D моделирования	0	1	2
Сформированность образного компонента			
1. Представление системы образов и способов управления ими	0	1	2
2. Способность переходить от образов к понятию и наоборот	0	1	2
3. Умение мысленно преобразовывать воспринимаемый наглядный материал, актуализировать образы по памяти	0	1	2
4. Умение видоизменять образы технических объектов по форме, цвету, величине, пространственному расположению, по заданным или произвольно выбранным признакам и свойствам	0	1	2
Сформированность практического компонента			
1. Умение проверять на практике полученные технические решения	0	1	2
2. Умение переходить от одних свойств и зависимостей технического объекта к другим	0	1	2
3. Умение анализировать проблемные ситуации и находить эффективные пути решения	0	1	2
4. Умение использовать различное программное обеспечение для реализации задач технической направленности	0	1	2

Таблица 2

Уровень сформированности технического мышления обучающихся на констатирующем этапе

	Уровень сформированности компонентов технического мышления		
	Низкий	Средний	Высокий
Контрольная группа	4	6	2
Экспериментальная группа	7	4	1

Для количественной оценки уровня сформированности технического мышления (табл. 1) использовались следующие баллы:

- «2» – высокий уровень;
- «1» – средний уровень;
- «0» – начальный уровень.

Для определения уровня сформированности технического мышления обучающихся применялся метод экспертной оценки. В качестве экспертов выступали учитель технологии, информатики из общеобразовательной школы и преподаватель вуза, реализующий обучение по 3D-моделированию. Для выявления уровня сформированности технического мышления на констатиру-

ющем этапе была проведена экспертная оценка, результаты которой показали, что обучающиеся находятся преимущественно на низком и среднем уровнях (табл. 2).

В течение учебного года обучающиеся ЭГ по субботам посещали цифровую лабораторию 3D-моделирования и прототипирования, на базе которой была организована экспериментальная часть исследования, включающая обучение по дополнительным программам:

- «3D-моделирование в Компас 3D» (1 и 2 четверти учебного года);
- «Моделирование в Blender 3D» (3 и 4 четверти учебного года).

Таблица 3

Уровень сформированности технического мышления обучающихся на формирующем этапе

	Уровень сформированности компонентов технического мышления		
	Начальный	Средний	Высокий
Контрольная группа	3	7	2
Экспериментальная группа	1	6	5

В рамках обучения по дополнительным программам была реализована практическая деятельность по освоению программного обеспечения для работы с 3D-объектами. В ходе курса обучающиеся освоили программу Компас 3D и Blender 3D, изучили основы работы в трехмерных редакторах, смоделировали объекты со сложными формами, освоили техники моделирования, изучили основы освещения и рендеринга. Данная деятельность помогла сформировать у обучающихся аналитическое мышление, креативный подход к решению задач, практическое мышление, образное мышление, понятийный подход к решению поставленных проблем, что является составными частями технического мышления.

Результатом обучения по программам стали проекты «Дом в выбранном историческом стиле» в Blender 3D и «Самоходная машина» в Компас 3D.

На формирующем этапе эксперимента по завершении обучения по дополнительным программам для выявления уровня сформированности технического мышления с обучающимися ЭК и КГ была проведена экспертная оценка.

В результате сравнения данных констатирующего и формирующего этапов эксперимента по формированию компонентов технического мышления у обучающихся посредством реализации дополнительных общеразвивающих программ по 3D-моделированию эксперты отметили, что в ЭГ наблюдается более значительный рост количества обучающихся находящихся на высоком и среднем уровнях в сравнении с КГ (табл. 2, 3). Результаты экспериментальной работы подтверждают гипотезу исследования о необходимости организации практико-ориентированной подготовки обучающихся во внеурочной деятельности посредством реализации дополнительных программ, направленных на повышение эффективности формирования компонентов технического мышления в дополнение к традиционному обучению (урочной деятельности).

В рамках исследования были разработаны методические рекомендации по развитию технического мышления посредством реализации программ по 3D-моделированию, обеспечивающие сформированность выделенных авторами компонентов.

Понятийный компонент.

1. Знакомство с техническими объектами, понятиями, терминами и технологиями 3D-моделирования:

- введение в учебный процесс терминов и обозначений, которые связаны непосредственно с 3D-моделированием;

- практические задания на создание и модификацию 3D-моделей с использованием специализированного ПО;

- использование примеров и реальных кейсов для иллюстрации понятий.

Образный компонент.

2. Визуализация объектов и процессов в учебном процессе:

- применение упражнений на визуализацию объектов и процессов;

- задания на создание 3D-моделей по заданным описаниям и наоборот, описание моделей по чертежам;

- задания на воссоздание моделей по памяти после их визуального изучения.

Практический компонент.

3. Формирование практических навыков через выполнение проектов, направленных на создание 3D-моделей:

- применение заданий, направленных на тестирование созданных моделей или конструкций, выявление возможных ошибок и недочетов;

- применение проектных заданий по проверке работоспособности созданной модели и соответствия исходным требованиям.

Таким образом, можно сделать вывод, что техническое мышление у обучающихся общеобразовательных школ можно успешно формировать в процессе реализации дополнительных общеразвивающих программ по 3D-моделированию в рамках цифровой лаборатории вуза. Анализ проведенной работы за период реализации дополнительных общеразвивающих

программ позволил разработать методические рекомендации, которые могут использоваться педагогами дополнительного образования, преподавателями высших учебных заведений и учителями общеобразовательных школ для дальнейшей организации работы по формированию технического мышления.

Заключение

Реализация дополнительных общеразвивающих программ по 3D-моделированию способствует развитию технического мышления у обучающихся, подготавливая их к будущей профессиональной деятельности в высокотехнологичных отраслях.

Список литературы

1. Коротков С.Г., Крылов Д.А., Ахметов Л.Г. Лаборатория 3D-моделирования и прототипирования как средство практико-ориентированной подготовки будущих учителей технологии // Вестник Марийского государственного университета. 2023. Т. 17, № 4. С. 486-495. DOI: 10.30914/2072-6783-2023-17-4-486-495.
2. Лейбов А.М., Каменев Р.В., Осокина О.М. Применение технологий 3D-прототипирования в образовательном процессе // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=14933> (дата обращения: 24.12.2024).
3. Мухина М.В., Чайкина Ж.В., Деулина С.А., Ромашова И.А. Проблема развития технического мышления студентов в условиях техногенной цивилизации // Вестник педагогических наук. 2021. № 4. С. 204–209. URL: <https://vpr-journal.ru/wp-content/uploads/2021/06/vestnik-pedag-nauk-4-2021.pdf> (дата обращения: 24.12.2024).
4. Родионов Д.А., Демин И.В. Философия техники П.К. Энгельмейера // XVI королевские чтения: сб. междунар. науч. конф. Т. 3. Самара: Самарский национальный исследовательский университет им. ак. С.П. Королева, 2021. С. 1191–1192.
5. Поздняков С.Н. Техническое мышление и его роль в интеллектуальном развитии школьника // Компьютерные инструменты в образовании. 2023. № 2. С. 89–98. DOI: 10.32603/2071-2340-2023-2-89-98.
6. Литова З.А. Развитие технического мышления школьников с помощью реализации системы обучения техническому творчеству // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2020. № 1 (53). С. 209–218.
7. Мальцева А.А. Повышение эффективности практико-ориентированных научно-технических клубов творческого развития студентов и школьников на платформе вузов с использованием кластерного подхода // Инновации. 2017. № 7 (225). С. 96–104.
8. Челнокова Т.А., Кубеков Р.Р. Развитие детского технического творчества в процессе обучения 3D-моделированию в системе дополнительного образования // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 2. С. 326–330. DOI: 10.55355/snv2023122321.
9. Дорохова Ж.В. Развитие 3D мышления средствами компьютерного моделирования // Znanstvena Misel. 2020. № 42–3 (42). С. 26–29.

УДК 378.14.015.62
DOI 10.17513/snt.40314

ВЛИЯНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ВУЗЕ НА УРОВЕНЬ МЕЖКУЛЬТУРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (НА ПРИМЕРЕ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА)

Лесев В.Н.

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х.М. Бербекова»,
Нальчик, e-mail: lvn-tf@mail.ru

Расширение экспорта образовательных услуг приводит разработчиков образовательных программ к вопросам развития межкультурных связей и формированию у обучающихся глобальных компетенций, значение которых растет с каждым днем. В связи с этим возникает необходимость изучения способов и методов измерения уровня сформированности глобальных компетенций, что и является целью настоящего исследования. В работе проанализировано влияние программы формирования глобальных компетенций на уровень межкультурного взаимодействия студентов Кабардино-Балкарского государственного университета. Для этого проведено сравнительное исследование, основанное на данных двух анкетирований иностранных студентов, для которых проводились образовательные мероприятия, организованные сотрудниками Высшей школы международного образования и Клубом интернациональной дружбы Кабардино-Балкарского государственного университета. Анализ выявил динамические изменения в восприятии и поведении студентов, свидетельствующие о росте их межкультурной компетентности, критического мышления и толерантности. Полученные результаты подтверждают эффективность программы в подготовке студентов к взаимодействию в многонациональной среде, подчеркивают значимость межкультурного образования, необходимость дальнейших исследований в данной области, а также разработку новых образовательных стратегий, способствующих развитию глобальных компетенций и успешной адаптации студентов к современным вызовам.

Ключевые слова: глобальные компетенции, знания, навыки, отношения, качество образования

THE IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF A GLOBAL COMPETENCE DEVELOPMENT PROGRAM IN A UNIVERSITY ON THE LEVEL OF INTERCULTURAL INTERACTION (BASED ON THE EXAMPLE OF KABARDINO-BALKARIAN STATE UNIVERSITY)

Lesev V.N.

*Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov,
Nalchik, e-mail: lvn-tf@mail.ru*

The expansion of educational services exports raises questions for educational program developers regarding the development of intercultural relations and the formation of global competencies among students, whose importance is increasing every day. In this regard, there is a need to study the ways and methods of measuring the level of global competence formation, which is the objective of this research. The study analyzes the impact of a global competence development program on the level of intercultural interaction among students at Kabardino-Balkarian State University. To achieve this, a comparative study was conducted based on data from two surveys of international students, during which educational activities were implemented by the staff of the Higher School of International Education and the International Friendship Club of Kabardino-Balkarian State University. The analysis revealed dynamic changes in students' perceptions and behavior, indicating the growth of their intercultural competence, critical thinking, and tolerance. The obtained results confirm the effectiveness of the program in preparing students for interaction in a multinational environment, highlighting the significance of intercultural education, the need for further research in this area, and the development of new educational strategies that contribute to the advancement of global competencies and the successful adaptation of students to modern challenges.

Keywords: global competencies, knowledge, skills, attitudes, quality of education

Введение

Первая четверть XXI в. отличается активным перемещением людей, идей, сервисов, продуктов, понятий и терминов. Для данного периода характерны новые типы взаимосвязанности и коммуникации, в том числе в части образовательной деятельности. Рост межкультурных связей постепенно становится и тенденцией, и ориентиром

для политики высших учебных заведений. Завтрашние выпускники должны уметь коммуницировать на международном уровне (владение иностранными языками, межкультурная коммуникация, критическое мышление, умение работать в команде) и обладать глобальными компетенциями (межкультурная компетентность, глобальное мышление, этическое мышление и устойчивость, технологическая грамотность) [1].

Важным аспектом современного образования является формирование глобальных компетенций, которые включают в себя не только знания, но и навыки и установки, необходимые для эффективного взаимодействия в международной и межкультурной среде. Глобальные компетенции предполагают умение работать в многонациональных командах, способность адаптироваться к изменениям и критически мыслить, а также осознавать глобальные вызовы и находить пути их решения. У современных студентов есть возможность быть активными гражданами, участвовать в решении проблем различного уровня, исследовать мир за пределами учебного заведения, не выходя из него, развиваться и формировать новые компетенции, используя современные гаджеты, делиться своими мыслями и идеями со зрителями и подписчиками по всему миру, преодолевая любые расстояния, языковые и культурные барьеры.

При этом в процессе развития, профессионального становления и в дальнейшей деятельности выпускники должны разбираться в современных вызовах и ориентироваться в глобальных мировых процессах. Будущие специалисты должны демонстрировать компетентность и иметь свое мнение по таким вопросам, как экономические кризисы, мировые конфликты, демографические и климатические изменения, устойчивое развитие регионов, проблемы охраны окружающей среды и т.д. [2].

Таким образом, у обучающихся должны быть сформированы не только компетенции, предусмотренные действующими стандартами, но и новые компетенции (интегративное мышление, цифровая грамотность, проектное управление, навыки коммуникации), отражающие интегративные знания, навыки, методы на новом междисциплинарном уровне. Это позволит будущим выпускникам быть конкурентными, решать не только профессиональные, но и более широкие задачи, генерировать креативные идеи, демонстрировать критическое отношение к источникам и самой информации, размышлять, как они и их страны вовлечены в решение различного рода и уровня проблем, и участвовать в межкультурном взаимодействии как самостоятельно, так и в командах [3, 4]. На сегодняшний день в научной литературе представлено достаточно много методов и подходов для измерения сформированности глобальных компетенций (ГК) у обучающихся учебных заведений различного уровня, в том числе вузов. Большинство из них фокусируется на отдельных сторонах ГК, как правило с акцентом

на личностные черты, связанные с межкультурной компетентностью и межкультурной чувствительностью.

Например, предложенный в работе метод опирается в первую очередь на оценку социальной ответственности в рамках сформированности ГК и обязательств гражданина перед обществом [5]. В одной из работ была предложена анкета личности, которая оценивала сформированность ГК через непредубежденность и эмоциональную устойчивость в рамках межкультурного взаимодействия [6].

К более широкому подходу в измерении сформированности ГК можно отнести исследования, в которых предложены комплексные подходы к измерению составляющих ГК, таких как знания, понимание, навыки и ценности. Важным примером является методика, разработанная в исследовании Янг Лиуа и коллег, оценивающая эти аспекты глобальных компетенций [1]. З. Караникола, применяя предложенный метод, провела анализ с участием 336 студентов и аспирантов, что позволило ей исследовать возможные связи между уровнем сформированности ГК и такими переменными, как пол, образовательная программа, возраст и академические знания [7]. Работы подчеркивают значимость тщательной оценки компонентов ГК для понимания эффективности образовательных программ.

Вместе с тем следует отметить, что достаточно трудно указать исследования, проводимые на одних и тех же фокус-группах в различные периоды времени и отражающие влияние конкретных целенаправленных мероприятий.

Целью исследования является анализ влияния программы формирования глобальных компетенций на уровень подготовки студентов Кабардино-Балкарского государственного университета (КБГУ). Основная задача – оценить, как образовательная программа влияет на развитие межкультурного взаимодействия и глобального мышления среди студентов, исходя из изменений их взглядов и установок перед и после реализации указанных образовательных мероприятий. Исследование стремится выявить корреляции между применяемыми методами обучения и уровнем сформированности глобальных компетенций у обучающихся, что поможет определить эффективность текущих подходов и выработать рекомендации для их оптимизации.

Материалы и методы исследования

В работе было сосредоточено внимание на разработке и анализе инструмента-

рия, предназначенного для стимулирования и углубления понимания межкультурной компетентности. При проведении исследований и анализе результатов применялось сочетание теоретического осмысления и практического применения, что позволяет рассмотреть и оценить эффективность предложенных методик.

Анкетирование и дальнейший сравнительный анализ сформированности ГК проводились на базе Кабардино-Балкарского государственного университета имени Х.М. Бербекова, в нем приняли участие 570 обучающихся. В число анкетированных входили представители 20 стран, обучающиеся в университете на разных направлениях подготовки. К анкетированию не привлекались студенты первого курса и обучающиеся подготовительного отделения. Это способствовало более объективному и комплексному изучению межкультурных взаимодействий и компетенций. Кроме того, разнообразие участников способствовало анализу уникальной образовательной среды, при котором оценивался вклад каждого обучающегося в коллективное понимание межкультурной компетенции. Возраст участников тестирования варьировался от 20 до 32 лет. Подавляющее большинство анкетированных проживает в студенческих общежитиях вуза. Это обстоятельство позволило обеспечить надлежащую организационную базу для проведения масштабного исследования, цель которого заключалась в анализе и улучшении межкультурной компетенции в рамках академического сообщества.

Результаты исследования и их обсуждение

После первого из проведенных опросов с иностранными обучающимися активно работали представители высшей школы международного образования (ВШМО) и участники клуба интернациональной дружбы КБГУ. Следует отметить, что Клуб интернациональной дружбы является площадкой для социализации и адаптации иностранных студентов. В своей работе он взаимодействует с Министерством по делам молодежи КБР, Всероссийским межнациональным союзом молодежи и ВШМО.

Клуб насчитывает более 60 иностранных регулярных активистов. За 2024 г. клуб, совместно с ВШМО, организовал более 50 мероприятий с привлечением более 1500 иностранных студентов. Тематика таких встреч определяется еженедельно, на них приглашаются представители общественных организаций вуза (клубные объединения, студенческий совет, профком).

Среди ежегодных мероприятий:

– Ежегодный форум интернациональной дружбы на базе управления по молодежной политике КБГУ. Включает в себя образовательные лекции, квесты, мастер-классы, разговорные практики, задания на командообразование.

– Спортивные соревнования, в том числе турнир по мини-футболу среди иностранных студентов – ежегодное спортивное мероприятие для иностранных студентов.

Также Клуб интернациональной дружбы проводит отдельные мероприятия, например кинопросмотры, акции ко дню книгодарения, вечера традиционной адыгской музыки, лингвострановедческий брейн-ринг и т.д.

Кроме того, Клуб интернациональной дружбы привлекал иностранных обучающихся к таким мероприятиям, как «День народного единства», «Студенческая весна КБГУ», «Университетские смены 2024», «День рождения КБГУ» и т.д.

В качестве инструмента оценивания использовалось анкетирование, разработанное для анализа межкультурного взаимодействия и динамики формирования ГК у иностранных студентов. Студенты, участвующие в опросе, представляли разные страны, образуя многообразную группу, что способствовало глубокому анализу межкультурных взаимодействий и компетенций (570 обучающихся). В процессе исследования сравнивалось, как студенты выражали свои мнения по ряду утверждений в предыдущем и текущем семестрах, отражающих их личные качества, мировоззрение, образ жизни и социальное окружение. Заметим, что результаты аналогичного, но разового исследования для большего числа респондентов приводились в работе [8]. Анкета состояла из нескольких блоков, каждый из которых был направлен на исследование различных аспектов ГК, таких как межкультурная коммуникация и толерантность, международное взаимодействие и социальная ответственность, оценка знаний о глобальных проблемах и критическое мышление, социальная толерантность и инклюзивность. Все вопросы были закрытыми с возможностью выбора, что позволило получить количественные данные для анализа.

Вернувшись к рассмотрению данного исследования, остановились на отдельных результатах более подробно.

Блок «Межкультурная коммуникация и толерантность» содержал вопросы, связанные с отношением к культурным ценностям других народов, способности к межкультурному общению и готовности к культурному взаимодействию (рис. 1).

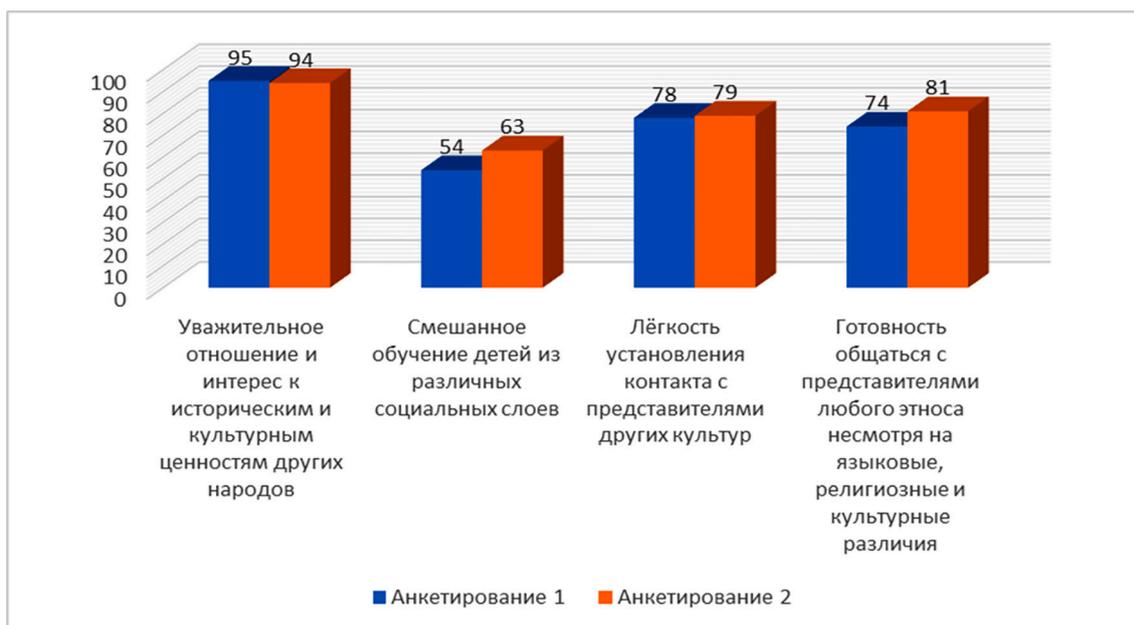


Рис. 1. Блок «Межкультурная коммуникация и толерантность»
Источник: составлено авторами

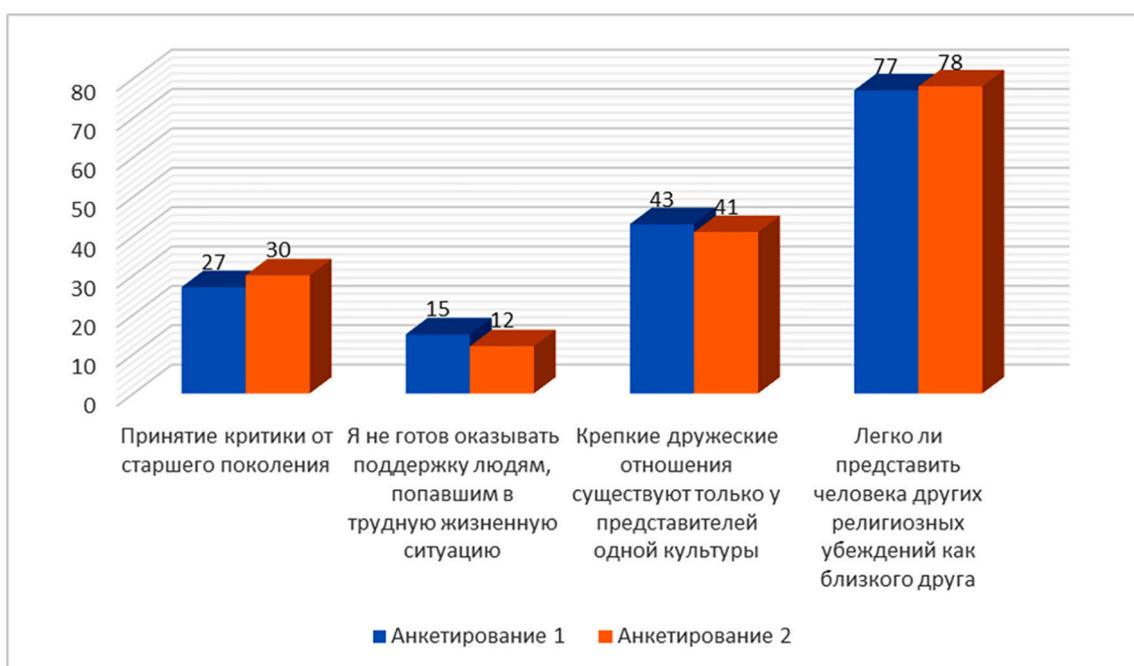


Рис. 2. Блок «Готовность к международному взаимодействию и социальной ответственности»
Источник: составлено авторами

Умение студентов принимать критику от старшего поколения укрепляет межпоколенческое взаимопонимание и является важным элементом ГК, способствующим эффективной адаптации в мультикультурной рабочей среде. Очевидно, что, несмотря на положительную динамику, она незначительна и этот вопрос требует отдель-

ной проработки. Молодежь по-прежнему испытывает трудности с формированием однозначного мнения по этому вопросу. Наибольшую лояльность в этом вопросе проявили девушки, тогда как молодым людям труднее удается справиться с критикой. Рост числа студентов по отношению к утверждению «Я не готов оказывать

поддержку людям, попавшим в трудную жизненную ситуацию» при повторном анкетировании указывает на повышение их социальной ответственности – важной составляющей глобальных компетенций.

Большинство участников не согласны с мнением, что дружба возможна только между людьми одной культуры, отмечая важность и реальность межкультурного общения и дружбы. Подавляющее число

участников уверены, что религиозные различия не мешают дружбе, что свидетельствует о принятии многообразия и готовности к межрелигиозному диалогу.

Блок «Оценка знаний о глобальных проблемах и критическое мышление» состоял из вопросов, касающихся осведомленности студентов о глобальных вызовах, таких как расовые различия, устойчивое развитие и глобальные проблемы (рис. 3).

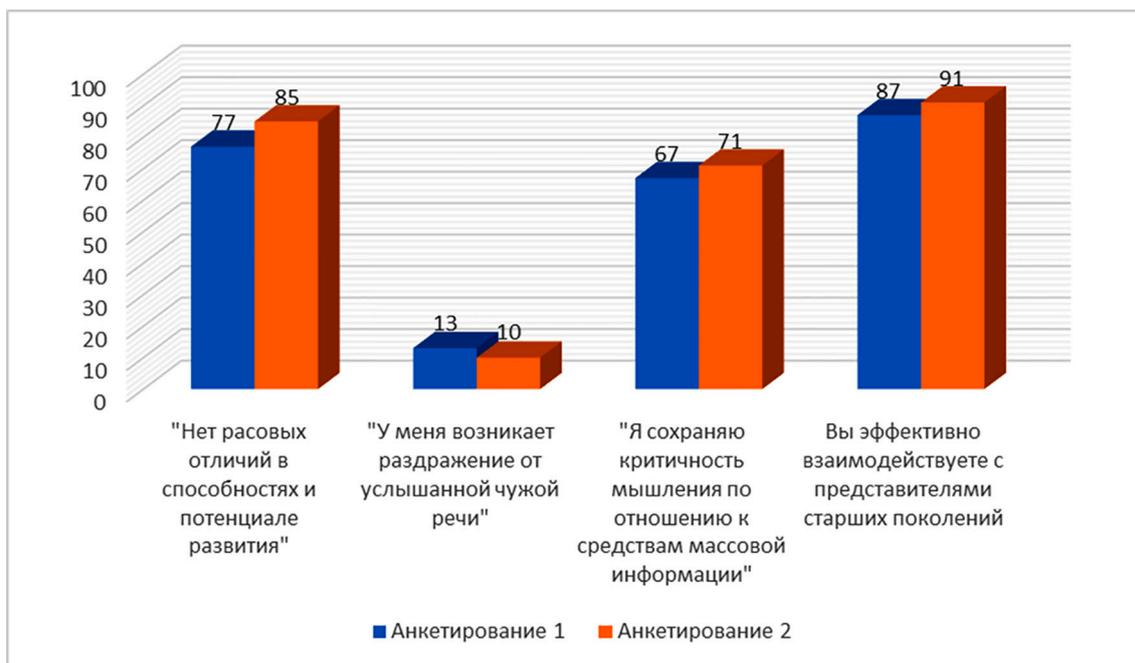


Рис. 3. Блок «Оценка знаний о глобальных проблемах и критическое мышление»
Источник: составлено авторами

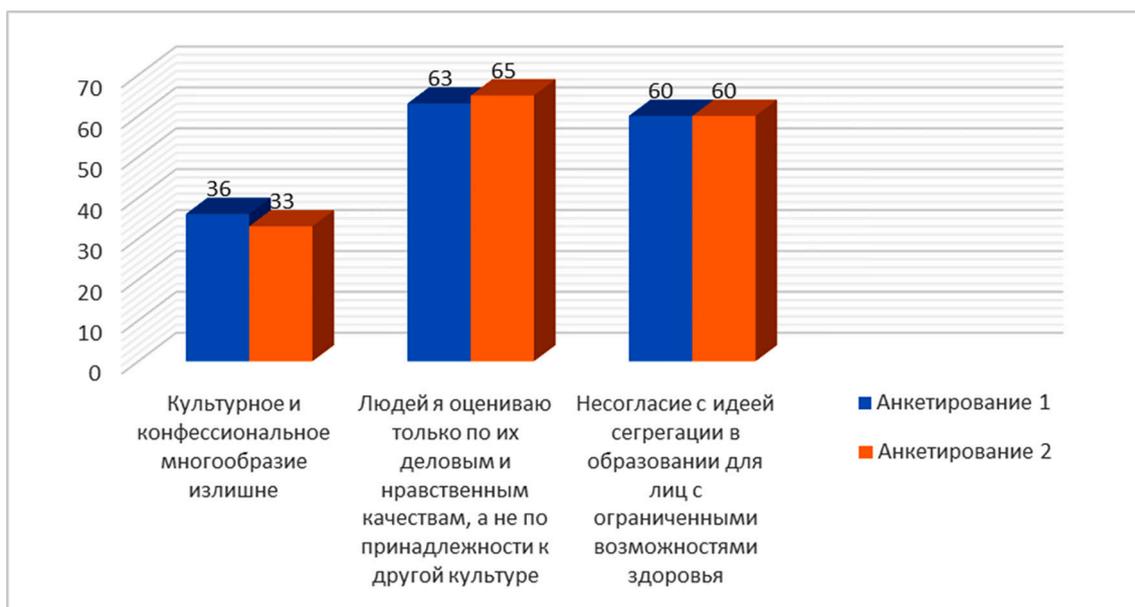


Рис. 4. Блок «Социальная толерантность и инклюзивность»
Источник: составлено авторами

Еще одним результатом со значительным изменением мнения респондентов стал опрос в части расовых отличий в способностях и потенциале развития. Очевиден рост на 8% участников, считающих, что все люди, независимо от расы, обладают одинаковым потенциалом к развитию и достижениям. Такая положительная динамика наблюдается при опросе как молодых людей, так и девушек.

Значительный прогресс в толерантном отношении к чужой речи при выражении мнения подчеркивает рост межкультурной компетентности студентов, что является ключевым аспектом ГК, необходимых для успешного международного взаимодействия.

Усиление критичности студентов к средствам массовой информации, отмеченное в опросе, отражает рост их информационной грамотности и критического мышления – важных составляющих глобальных компетенций. Эти изменения, особенно заметные среди молодых мужчин (в то время как позиции девушек остались неизменными), подчеркивают динамику в развитии навыков оценки информационного контента.

Уверенность студентов в общении с представителями разных поколений отражает развитие их глобальных компетенций, включая межпоколенческую коммуникацию, адаптивность и умение учитывать разные точки зрения. Эти навыки важны для эффективного взаимодействия в многонациональном и динамичном мире, где ценность опыта старших поколений играет ключевую роль в профессиональной и социальной среде. Развитие коммуникативных навыков и изменение самооценки в этом вопросе заметно и на тех респондентах, которые при первом анкетировании заявляли о трудностях такого взаимодействия. Таким образом, несмотря на то, что и при первом анкетировании количество респондентов при выражении своего мнения в пользу одобрения по данному вопросу было значительным, нельзя не отметить рост количества тех обучающихся, которые почувствовали уверенность и повысили оценку своих навыков межпоколенческого взаимодействия.

Блок «Социальная толерантность и инклюзивность» охватил вопросы, касающиеся толерантности и способности работать в инклюзивной среде (рис. 4).

Утверждение об излишнем культурном и конфессиональном многообразии, как и прежде, вызвало значительное расхождение во взглядах у иностранных обучающихся. Здесь следует отметить, что, несмотря на произошедшие изменения, имеет место расхождение во взглядах и явно прослеживаются затруднения с формировани-

ем четкой позиции по данному сложному для опрашиваемых вопросу.

Гораздо увереннее обучающиеся высказывали свое мнение относительно утверждения «Людей я оцениваю только по их деловым и нравственным качествам, а не по принадлежности к другой культуре». Наибольшее количество опрошенных устремлены к оценке людей на основе их личных достижений, и количество таких обучающихся увеличилось, хотя и незначительно, по сравнению с первым аналогичным исследованием.

Обучающиеся по-прежнему выражают несогласие с идеей сегрегации в образовании для лиц с ограниченными возможностями здоровья. Зафиксированное изменение их отношения к соответствующему утверждению осталось в пределах статистической погрешности, а общий процент близок к 60, что отражает их глобальные компетенции в области инклюзивности и социальной справедливости.

Заключение

Изложенные результаты позволяют утверждать, что межкультурное взаимодействие занимает важное место в процессе формирования ГК у студентов. Проведенное анкетирование, а также организованные университетом образовательные и культурные мероприятия, такие как семинары, дискуссионные клубы, совместные студенческие проекты и мероприятия, способствуют развитию межкультурной компетентности позволяют успешно влиять на данный процесс и повышать уровень сформированности ГК. Вместе с тем эта область остается недостаточно изученной и требует дополнительных исследований. Необходимо развивать оценочный инструментарий, находить новые и модернизировать имеющиеся приемы и методы формирования ГК у различных групп обучающихся. Данная работа должна ставить своей целью эффективную подготовку выпускников вузов и их конкурентоспособность при трудоустройстве.

Список литературы

1. Liua Y., Yinb Y., Wuk R. Measuring graduate students' global competence: Instrument development and an empirical study with a Chinese sample // *Studies in Educational Evaluation*. 2020. Vol. 67, Is. 2. № 100915. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/343820787_Measuring_graduate_students'_global_competence_Instrument_development_and_an_empirical_study_with_a_Chinese_sample (дата обращения: 24.01.2025). DOI: 10.1016/j.stueduc.2020.100915.
2. Вылегжанина И.А. Формирование глобальной межкультурной компетентности обучающихся в системе «школа – колледж – вуз» // *Концепт*. 2023. № 1. С. 82–99. URL: <http://e-koncept.ru/2023/231006.htm> (дата обращения: 24.01.2025) DOI: 10.24412/2304-120X-2023-11006.

3. Лесев В.Н., Валева Р.А. Содержательная характеристика понятия «глобальные компетенции» // Гуманитарные науки и образование. 2022. № 2. С. 52–56. DOI: 10.51609/2079-3499_2022_13_02_52.
4. Галиахметова А.Т. Развитие глобальных компетенций у студентов зарубежных вузов на основе создания центров обучения и управления данной деятельностью // Современный ученый. 2023. № 3. С. 177–181. URL: <https://su-journal.ru/wp-content/uploads/2023/05/su-3.pdf> (дата обращения: 24.01.2025).
5. Duarte M., Anthony O. Initial Development and Validation of the Global Citizenship Scale // Journal of Studies in International Education. 2010. Vol. 14, Is. 1. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Initial-Development-and-Validation-of-the-Global-Morais> (дата обращения: 24.01.2025). DOI: 10.1177/1028315310375308.
6. Zee V.K., Van Oudenhoven J.P., Ponterotto J.G., Fietzer A.W. Multicultural Personality Questionnaire: Development of a Short Form // Journal of Personality Assessment. 2013. Vol. 95, Is. 1. P. 118–124.
7. Karanikola Z. Measuring Global Competence of Undergraduate and Postgraduate Students // International Journal of Education, Learning and Development. 2022. Vol. 10, Is. 8. P. 27–39. URL: <https://www.eajournals.org/wp-content/uploads/Measuring-Global-Competence.pdf> (дата обращения: 24.01.2025).
8. Лесев В.Н. Межкультурная компетенция как основа успешного образовательного взаимодействия в мультикультурной среде // Концепт. Серия: Науки об образовании. 2024. № 11. С. 393–410. URL: <http://e-koncept.ru/2024/241197.htm> (дата обращения: 24.01.2025). DOI: 10.24412/2304-120X-2024-11197.

УДК 373:376.7

DOI 10.17513/snt.40315

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ДЕТЕЙ МИГРАНТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ПРЕДМЕТОВ

Лихачева Д.Л.

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань,
e-mail: darzemanova.dilulara@mail.ru

В современных условиях усиления миграционных процессов востребованы умения современных учителей работать с детьми мигрантов, осуществлять их педагогическую адаптацию в русскоязычной образовательной среде. Исследование посвящено выявлению и обоснованию педагогических условий результативной адаптации детей мигрантов при изучении естественнонаучных предметов в основной школе. Это оптимальное сочетание содержания естественнонаучных предметов с возможностями адаптивных технологий обучения; применение интеллект-карт в учебной деятельности с акцентом на когнитивный аспект; применение курсов внеурочной деятельности, ориентированных на развитие коммуникации и культуры; усиление рефлексивных действий по учету возрастных и личностных особенностей. Ведущим подходом в исследовании является инклюзивный подход, позволяющий учитывать индивидуальные потребности и культурные особенности каждого обучающегося, что способствует не только их языковой и социальной адаптации, но и общему развитию. Описана разработанная автором программа внеурочной деятельности, которая опирается на диалог культур с целью воспитания и развития у обучающихся мигрантов коммуникативных способностей, приобщения их к российской культуре (культурному наследию города обучения), принятию российской идентичности, используя материал по химии, биологии и географии. Для определения результативности педагогической адаптации выявлены четыре основных критерия и семь показателей: образовательный (показатели: качество обучения и выполнения всероссийских проверочных работ (ВПР) по естественнонаучным предметам), мотивационно-деятельностный (показатели: мотивация к обучению; участие в естественнонаучных внеклассных мероприятиях), коммуникативный (показатель – социализация), эмоциональный (показатели: тревожность; культурно-ценностные ориентиры). В результате педагогического эксперимента установлен существенный рост показателей экспериментальной группы практически по всем критериям, в сравнении с контрольной группой.

Ключевые слова: естественнонаучное образование, школа, дети мигрантов, педагогическая адаптация, педагогические условия

PEDAGOGICAL ADAPTATION OF MIGRANT CHILDREN IN THE PROCESS OF STUDYING NATURAL SCIENCE SUBJECTS

Likhacheva D.L.

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, e-mail: darzemanova.dilulara@mail.ru

In the current conditions of increasing migration processes, the skills of modern teachers to work with migrant children and to carry out their pedagogical adaptation in the Russian-language educational environment are in demand. The study is devoted to identifying and substantiating pedagogical conditions for the effective adaptation of migrant children when studying natural science subjects in basic school. This is an optimal combination of the content of natural science subjects with the possibilities of adaptive learning technologies; the use of mind maps in educational activities with an emphasis on the cognitive aspect; the use of extracurricular courses aimed at the development of communication and culture; strengthening reflexive actions to take into account age and personal characteristics. The leading approach in the study is an inclusive approach that allows taking into account the individual needs and cultural characteristics of each student, which contributes not only to their linguistic and social adaptation, but also to their overall development. The article describes the program of extracurricular activities developed by the author, which is based on the dialogue of cultures with the aim of educating and developing communicative skills in migrant students, introducing them to Russian culture (cultural heritage of the city of study), accepting Russian identity, using material on chemistry, biology and geography. To determine the effectiveness of pedagogical adaptation, four main criteria and seven indicators were identified: educational (indicators: quality of training and performance of all-Russian tests in natural sciences), motivational and activity (indicators: motivation for learning; participation in natural science extracurricular activities), communicative (indicator – socialization), emotional (indicators: anxiety; cultural and value guidelines). As a result of the pedagogical experiment, a significant increase in the indicators of the experimental group was established for almost all criteria, in comparison with the control group.

Keywords: natural science education, school, children of migrants, pedagogical adaptation, pedagogical conditions

Введение

Современная Россия – это крупнейший мировой центр, принимающий мигрантов из разных стран. По данным Министерства внутренних дел (МВД) на сентябрь 2024 г., в Российской Федерации (РФ) официально находится свыше 6 млн мигрантов [1]. Обычно иностранные граждане способ-

ствуют переселению и своих семей с детьми либо обзаводятся ими на территории РФ. Эти миграционные процессы оказывают огромное влияние на все сферы жизнедеятельности, в том числе образование. Исходя из сложившейся геополитической ситуации становятся актуальными ключевые вопросы миграционной педагогики, а именно педагогической адаптации детей мигрантов.

Необходимость сопровождения адаптации иностранных обучающихся на многих этапах образовательной деятельности регламентирована международными нормативно-правовыми актами и документами РФ. В Профессиональном стандарте «Педагог» обращается внимание на такой важный аспект, как умение современных учителей работать с «различными контингентами обучающихся» и детьми мигрантов в том числе, применять педагогические технологии «для адресной работы» [2], а в Конвенции о правах ребенка Организации Объединенных наций (ООН) говорится о том, что каждый ребенок независимо от социальных, культурных, физических особенностей имеет право получить образование, которое будет осуществляться с помощью методов, уважающих честь и достоинство ребенка [3].

Под педагогической адаптацией в исследовании понимается явление, характеризующее наибольшую приспособленность человека к обучению и воспитанию [4]. В нее входят разнообразные процессы перестройки и усиления таких областей, как познавательная, эмоциональная, мотивационная, волевая, что обуславливает важность взаимодействия субъектов образовательного процесса с целью успешного вхождения в новые условия познавательной деятельности в основной школе. Этот процесс исследуют многие ученые. В диссертационном исследовании Н.С. Путулян проведен анализ особенностей педагогической адаптации детей мигрантов начальной школы [5]. Автор, в частности, подчеркивает неготовность современной системы образования к принятию иностранных обучающихся и предлагает организацию театра, разговорного клуба и тьюторство для успешной адаптации детей мигрантов в начальной школе. О взаимосвязи образовательной и социокультурной адаптации детей мигрантов пишут В.Л. Бенин и Е.Д. Жукова [6]. Педагоги предлагают учитывать региональную специфику и культурный компонент в процессе обучения иностранных школьников. В исследовании О.В. Мартасовой выделены дефициты детей мигрантов (язык, эрудированность, психологический комфорт, социализация), препятствующие аккультурации [7]. Автор предлагает устранять выявленные дефициты с помощью комплексной работы с применением дифференцированных заданий, коллективных форм работы, библиотечных уроков, психолого-педагогических консилиумов, внеурочной деятельности, связанной с развитием творчества обучающихся.

На сегодняшний день в педагогической науке имеется глубокое понимание проблемы обучения детей мигрантов и их при-

способления к образовательной системе, сделаны многочисленные попытки в решении выявленных проблем, но не определен и не обоснован единый методологический подход. В исследовании Е.А. Железняковой акцентируется внимание на применении системного подхода [8]. В работе Е.А. Хамраевой отмечается важность средового подхода как способа социокультурной адаптации детей мигрантов [9].

Несмотря на большое количество исследований, описывающих процесс адаптации детей мигрантов и трудности, с которыми сталкиваются иностранные школьники при попадании в новую для них образовательную среду, совершенно недостаточно исследован вопрос их педагогического сопровождения в рамках конкретных профильных дисциплин. Особенно это касается дисциплин естественнонаучного профиля, которые имеют свою специфику и трудно воспринимаются даже русскоговорящими обучающимися. Имеются лишь отдельные публикации по адаптации детей мигрантов при изучении предметов естественнонаучного профиля Д.Л. Дарземановой совместно с научным руководителем С.И. Гильманшиной. Авторы раскрывают потенциал адаптивных технологий обучения по химии, биологии и географии с акцентом на когнитивный аспект, подробно описывают технологии приспособления практических, лабораторных работ и интеллектуальных карт, которые успешно были апробированы при обучении детей мигрантов [10, 11], а обучение иностранных школьников обоснованно приравнивают к инклюзивной педагогике [12].

Следовательно, исследование специфики педагогической адаптации детей мигрантов при изучении естественнонаучных предметов в основной школе изучено недостаточно, поэтому актуально и требует специального научного исследования. Проблема исследования следующая: педагогические условия адаптации детей мигрантов при изучении химии, биологии и географии в основной школе.

Цель исследования – выявить, обосновать и экспериментально проверить результативность педагогических условий адаптации детей мигрантов при изучении естественнонаучных предметов в основной школе.

Материалы и методы исследования

Методологической основой исследования служит инклюзивный подход, позволяющий учитывать индивидуальные потребности и культурные особенности каждого ребенка, что способствует не только их языковой и социальной адаптации, но и общему развитию. Инклюзивная культура школы

определяется совокупностью мер, процедур, программ, правил и действий, которые создают среду, где разнообразие человеческих потребностей и ценностей не мешает, а способствует успеху всех обучающихся, поэтому дети-мигранты нуждаются в образовательной инклюзии не меньше, чем обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалидностью. Подход позволяет обеспечить общий доступ детей мигрантов к образованию с учетом разнообразия их индивидуальных возможностей, образовательных особенностей и потребностей, связанных с языком, предметными результатами обучения, эмоциональным состоянием, культурными нормами и правилами.

В исследовании инклюзивный подход помогает в приспособлении естественнонаучного материала к индивидуальным возможностям обучающихся (язык, знания, культурные особенности) и в построении коммуникативно-образовательной среды, направленной на развитие личности.

Педагогический эксперимент был комплексным и включал этапы: подготовительный, констатирующий, дидактический и контрольный. На подготовительном этапе в 2014 г. велась работа с учителями Республики Татарстан (РТ), было опрошено 100 действующих учителей разного возраста и стажа работы, преподающих разные предметы в городских и сельских школах. В основном экспериментальном исследовании принимали участие две группы иностранных обучающихся – контрольная (КГ) 56 чел. (МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 156» Советского района Казани) и экспериментальная (ЭГ) 56 чел. (МБОУ «Средняя общеобразовательная русско-татарская школа № 111» Советского района Казани). На контрольном этапе шло оценивание результативности педагогического сопровождения адаптации детей мигрантов при изучении естественнонаучных предметов в соответствии с критериями с помощью авторских тестов и результатов выполнения ВПР; методики Г.А. Карповой по выявлению уровня сформированности учебной мотивации обучающихся [13]; опросника школьной тревожности Филлипса [14]; методики М.И. Рожкова для изучения социализированности личности учащегося [15]; теста культурно-ценностных ориентаций Л.Г. Почебуты [16]. При качественном и количественном анализе результатов экспериментального исследования при проверке статистических гипотез применялся критерий Хи-квадрат (вероятность ошибки $p \leq 0,05$, число степеней свободы $df = 2$, критическое значение 5,99).

Результаты исследования и их обсуждение

Применение инклюзивного подхода в обучении детей мигрантов химии, биологии и географии обуславливает реализацию соответствующих дидактических принципов:

1. Принцип адаптации естественнонаучного материала к индивидуальным возможностям обучающихся с учетом их образовательных особенностей и потребностей. Весь учебный материал по химии, биологии и географии 8–9 класса был адаптирован автором специально для детей мигрантов. Сюда включены практические работы, интеллект-карты, видеофрагменты экспериментов, инструкции для обучающихся. ЭГ несколько лет успешно обучалась по адаптированному материалу.

2. Принцип построения коммуникативно-образовательной среды, направленной на воспитание, развитие и социализацию личности обучающихся, при изучении естественнонаучных предметов. Это реализуется с помощью внеурочной деятельности, которая приобщает детей мигрантов к российской культуре, а также с помощью применения адаптированного естественнонаучного материала и информационно-коммуникативных технологий обучения.

Применение инклюзивного подхода и вышеописанных дидактических принципов позволило внести преемственность, целостность и согласованность в педагогическое сопровождение детей мигрантов в процессе изучения химии, биологии и географии и выявить условия результативности их адаптации в основной школе.

Первое условие – оптимальное сочетание содержания естественнонаучных предметов с возможностями адаптивных технологий с целью позитивного вхождения детей мигрантов в российскую образовательную среду. Его суть в том, что обучение будет происходить, опираясь на адаптивные технологии обучения.

Второе условие – применение интеллект-карт в учебной деятельности детей мигрантов, ориентированных на педагогическую адаптацию с акцентом на когнитивный аспект. Главная цель – помощь в структурировании и усвоении сложных тем, а также в решении расчетных задач.

Оба педагогических условия подробно описаны автором совместно с научным руководителем в публикациях ранее [10, 11].

Третье условие – применение курсов внеурочной деятельности, ориентированных на педагогическую адаптацию детей мигрантов с акцентом на коммуникативный и культурный аспекты. Логика построения курсов

опирается на диалог культур с целью воспитания и развития коммуникативных способностей, приобщения иностранных школьников к российской культуре (культурному наследию города обучения), принятию российской идентичности, используя естественнонаучный материал. Курсы внеурочной деятельности должны гармонично сочетаться с тематикой единых классных часов, таких как «Разговоры о важном», «Экстремизму – нет!», «День солидарности в борьбе с терроризмом». Для эффективности предлагаются разнообразные формы (практические занятия; беседы и встречи; тематические лекции от выдающихся горожан; экскурсии по городу, посещение музеев, университетов).

Рабочая программа авторского курса внеурочной деятельности «Естествознание» рассчитана на 8–9 классы (68 ч, 2 года), где присутствуют дети мигрантов. Освоение программы направлено на развитие у обучающихся ценностного отношения к живой природе и к собственному здоровью, формирование чувства патриотизма, гордости за страну, в которой они проживают, развитие культурных ценностей. В ходе внеурочной деятельности обучающиеся овладеют научными методами решения различных теоретических и практических задач, умениями формулировать гипотезы, моделировать, проводить эксперименты, оценивать и анализировать полученные результаты, сопоставлять их с объективными реалиями жизни.

Авторская программа состоит из пояснительной записки, календарно-тематического планирования, учебно-методических материалов, согласована с руководителем школьного методического объединения учителей естественного цикла и заместителем директора по воспитательной работе школы, утверждена директором.

Календарный тематический график занятий в 8 классе содержит разделы: Введение (4 ч); Естествознание и методы познания мира (6 ч); Оболочки Земли: литосфера, гидросфера, атмосфера (11 ч); Макромир. Наука об окружающей среде. Биосфера. (11 ч); Заключение (2 ч).

Календарно-тематический план занятий в 9 классе: Введение (4 ч); Абиотические факторы и приспособленность к ним живых организмов (13 ч); Великие люди великого города (9 ч); Заключение (8 ч).

Каждый из разделов предполагает разнообразные формы проведения занятий и различные формы контроля освоения компетенций обучающимися для преодоления внутренних факторов препятствия (слабого владения русским языком и слабой учебной мотивации) адаптации детей мигрантов при изучении естественнонаучных предме-

тов. При этом формируется функциональная грамотность в результате синтеза биолого-химических и географических знаний, расширяются представления об особенностях проявления химических свойств вещества в природе и быту. Наблюдается развитие у обучающихся ценностного отношения к живой природе и к собственному здоровью, формирование чувства патриотизма, гордости за природу и полезные ископаемые страны, в которой они проживают, происходит развитие культурных ценностей.

Реализация программы внеурочной деятельности начинается в 8 классе с темы «Правила и приемы работы в лаборатории. Техника лабораторных работ» в школьных кабинетах химии, биологии, географии и фронтальной формы контроля. А через несколько недель предполагаются экскурсии – посещение Химического института имени А.М. Бутлерова Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ) и Музея естественной истории РТ, где иностранные обучающиеся знакомятся с большим объемом интересной информации о природе и городах региона, в который они прибыли для длительного проживания. Завершается курс в 9 классе работой над индивидуальными проектами и их публичной защитой.

Внеурочная деятельность для обучающихся мигрантов способствует овладению основами естественнонаучного эксперимента и выполнению индивидуальных проектных работ, формированию комфортного поведения для себя и окружающих, демонстрации дружелюбия и диалога культур в условиях русскоязычной среды, принятию российских культурных ценностей, восприятия культурного наследия россиян, приобретению положительных эмоций в результате творческой деятельности по предметам, а также успешному преодолению эмоциональных трудностей при попадании в новую русскоязычную образовательную среду. В результате отмеченного снижаются внутренние факторы препятствия педагогической адаптации детей мигрантов при изучении химии, биологии и географии, улучшается владение разговорным русским языком, повышается учебная мотивация.

Четвертое условие – усиление рефлексивных действий с учетом возрастных и личностных особенностей детей мигрантов при изучении естественнонаучных предметов. Выявленное условие обусловлено необходимостью развития способности осознанно управлять мыслями, эмоциями и поведением. Это включает в себя несколько ключевых аспектов: осознанность и саморефлексия, оценка принятых решений, эмоциональная грамотность, критическое

мышление, безопасная образовательная среда. А умения, сформированные на уроках химии, биологии и географии, не всегда допустимы и оправданы в реальных жизненных условиях. Это требует приобщения иностранных обучающихся к проектной деятельности и выполнению упражнений по функциональной естественнонаучной грамотности. Усиление рефлексивных действий обуславливает положительные качества обучения, сочетающего требования Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) с педагогической адаптацией детей мигрантов.

С опорой на теоретическое исследование для определения результативности адаптации детей мигрантов в процессе изучения химии, биологии и географии выбраны четыре основных критерия и семь показателей: образовательный (показатели: качество обучения и выполнения всероссийских проверочных работ (ВПР) по естественнонаучным предметам), мотивационно-деятельностный (показатели: мотивация к обучению; участие в естественнонаучных внеклассных мероприятиях), коммуникативный (показатель – социализация), эмоциональный (показатели: тревожность; культурно-ценностные ориентиры).

На подготовительном этапе исследования выявлено, что все учителя сталкиваются с трудностями при работе с детьми мигрантов. Были опрошены 100 действующих учителей РТ возраста и стажа работы, преподающих разные предметы в городских и сельских школах, причем мужчин-учителей было 16%. Оказалось, что большинство опрошенных учителей работают в образовательных учреждениях больше 15 лет. Интересным оказался вопрос об опыте работы опрошенных учителей с детьми мигрантов, 76% респондентов имеет опыт работы с иностранными школьниками. Эта цифра подтверждает, что в РТ очень часто за школьной скамьей встречаются дети из семей мигрантов, большинство из которых прибыло из стран ближнего зарубежья. Далее учителя отметили, что проблемы при работе с данной группой обучающихся возникают чаще, чем с соотечественниками. Наиболее часто выделяются следующие проблемы: языковой барьер (37%), он затрудняет понимание учебного материала и взаимодействие между учителями и обучающимися; психологические проблемы (26%), обучающиеся-мигранты могут сталкиваться с культурной адаптацией, что может вызывать стресс, тревогу и другие эмоциональные трудности; отсутствие учебной мотивации (37%), это может быть связано с различными факторами, такими как недостаток поддержки,

непонимание учебных целей или отсутствие интереса к предмету.

Таким образом, на основе результатов анкетирования 2014 г. была выявлена острая необходимость и потребность в разработке и внедрении педагогического сопровождения адаптации детей мигрантов в основной школе при изучении естественнонаучных дисциплин.

На констатирующем этапе был выявлен первоначальный уровень ЭГ и КГ по разработанным критериям (показателям-индикаторам). Было определено, что обучающиеся КГ имеют следующее качество обучения и выполнения ВПР по химии, биологии и географии по классам основной школы: 5 класс – 12% и 12%; 6 класс – 9% и 5%; 7 класс – 4% и 8%; 8 класс – 12% и 10%; 9 класс – 6% (только качество знаний, ВПР не проводится), а в ЭГ соответственно: 5 класс – 10,5% и 8%; 6 класс – 3,6% и 3%; 7 класс – 5,4% и 5%; 8 класс – 9% и 10%; 9 класс – 5,4% (только качество знаний).

Установлено, что ни один обучающийся мигрант КГ не имеет высокого уровня учебной мотивации, 12,5% имеют средний уровень и 87,5% – низкий. В ЭГ также не было обучающихся, имеющих высокий уровень учебной мотивации, 9% имеют средний уровень и 91% – низкий. Было выявлено, что 18% школьников КГ и 5,6% ЭГ участвуют во внеурочных мероприятиях (акции, игры, квесты, экологические и профориентационные мероприятия).

Определено, что умеренной тревожностью отличаются 9% детей мигрантов КГ и 11% ЭГ, повышенной – 66% КГ и 53,5% ЭГ, высокой – 25% КГ и 35,5% ЭГ. Социализированы в новой образовательной русскоязычной среде на низком уровне 87% (ЭГ) и 90% (КГ), на среднем – 11% (ЭГ) и 6,5% (КГ), на высоком – 2% (ЭГ) и 3,5% (КГ). Большинство участников эксперимента имеют традиционный тип культуры (98% ЭГ и 96,5% КГ).

На констатирующем этапе установлено, что по всем критериям, выявленным автором, дети мигрантов имеют низкий уровень адаптации к русскоязычной образовательной среде.

Дидактический этап включал реализацию выявленных педагогических условий, разработанных под обучение детей мигрантов интеллект-карт, лабораторных, практических и проектных работ, упражнений по функциональной естественнонаучной грамотности, курсов внеурочной деятельности, цифровых видеоопытов, авторского сайта учителя, включающего в себя разнообразный адаптивный учебно-методический материал (инструкции для работы с ин-

теллект-картами, QR-кодами, мобильными приложениями и др.).

В ходе контрольного этапа исследования установлен существенный рост показателей ЭГ практически по всем критериям, в сравнении с КГ. 9% обучающихся ЭГ увеличили качество обучения по химии, биологии и географии, в КГ этого достигнуть смогли лишь 0,8%. 1,25% обучающихся мигрантов ЭГ в ходе эксперимента увеличили показатели написания ВПР по предметам естественнонаучного цикла, в КГ этот показатель равен 0%. Практически равными оказались результаты средних показателей по индикатору «мотивация к обучению» – в ЭГ данный показатель равен 5%, в КГ – 4%. 83% школьников ЭГ увеличили свою мотивацию к участию в школьных мероприятиях, в КГ только 9%. Преодолеть тревожность смогли 28% детей мигрантов ЭГ и 17% КГ, а повысить уровень социализации 24% обучающихся ЭГ и всего 14% КГ. Кроме этого, повысили уровень сформированных культурно-ценностных ориентаций в ЭГ – 27%, в КГ – 4%. В целом улучшить адаптацию при изучении естественнонаучных предметов удалось 25% респондентов ЭГ и 8% КГ.

Закключение

В ходе исследования определена важность применения инклюзивного подхода в обучении детей мигрантов химии, биологии и географии. Он позволяет адаптировать естественнонаучный материал под индивидуальные возможности обучающихся и выстроить доверительную коммуникативно-образовательную среду в процессе обучения и воспитания иностранных школьников.

Выявлены четыре педагогических условия, которые способствуют успешному приспособлению иностранных обучающихся в процессе изучения предметов естественнонаучного цикла в основной школе. Установлены три критерия и семь показателей для оценки результативности процесса адаптации иностранных школьников. Обосновано, что при обучении детей мигрантов учителям химии, биологии и географии важно использовать в работе такие технологии и средства, как простые интеллект-карты, задания на формирование функциональной грамотности, проектную и внеурочную деятельность, скорректированные лабораторные и практические работы. Это способствует результативной педагогической адаптации иностранных обучающихся, формирует их когнитивные способности, коммуникативные компетенции, а также знакомит с культурой РФ и нового города.

В экспериментальной части исследования установлен существенный рост каче-

ства обучения, выполнения ВПР, мотивации к обучению, социализации, количества иностранных школьников, участвующих во внеклассных мероприятиях, уровень культурно-ценностных ориентиров, а также снизилась тревожность ЭГ.

Список литературы

1. Численность и миграция населения Российской Федерации. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13283> (дата обращения: 07.01.2025).
2. Профессиональный стандарт от 8 октября 2013 г. № 544н «Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)» [Электронный ресурс]. URL: https://school3.kchr.edu.ru/media/2020/02/11/1250875158/Profstandart_Pedagog.pdf (дата обращения: 17.12.2024).
3. Конвенция о правах ребенка. Резолюция ООН от 20 ноября 1989 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.un.org/ru> (дата обращения 02.01.2025).
4. Социальная педагогика: краткий словарь понятий и терминов / М-во образования и науки Российской Федерации, Российский гос. социальный ун-т; авт.-сост. Л.В. Мардахаев. М.: Издательство Российского социального университета, 2014. 362 с.
5. Путулян Н.С. Педагогическая адаптация детей-мигрантов в начальной школе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Казань, 2023. 25 с.
6. Бенин В.Л., Жукова Е.Д. Концептуальные основы системы оценки социально-культурной адаптации несовершеннолетних иностранных граждан в школах России // Педагогический журнал Башкортостана. 2023. № 4 (102). С. 12–21. DOI: 10.21510/18173292_2023_102_4_12_21.
7. Мартасова О.В. Образовательные и социальные дефициты детей мигрантов. Пути их преодоления // Управление развитием образования. 2024. № 3. С. 185–194.
8. Железнякова Е.А. Языковая адаптация детей из семей мигрантов в российской школе // Вестник Вятского государственного университета. 2023. № 3 (149). С. 107–115. DOI: 10.25730/VSU.7606.23.041.
9. Хамраева Е.А. Средовой подход как способ социокультурной адаптации детей мигрантов в условиях российской школы // Русский язык за рубежом. 2023. № 6 (301). С. 22–26. DOI: 10.37632/PI.2023.301.6.003.
10. Дарзманова Д.Л., Гильманшина С.И. Особенности обучения детей мигрантов естественнонаучным дисциплинам // Преемственная система инклюзивного образования: материалы XI Международной научно-практической конференции (Казань, 16–18 марта 2022 г.). Казань: Изд-во Казанского инновационного университета, 2022. С. 48–51.
11. Гильманшина С.И., Дарзманова Д.Л., Агзамова И.И. Технология адаптации практических работ по химии для обучения детей мигрантов в русскоязычной среде // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 11. URL: <https://top-technologies.ru/article/view?id=39408> (дата обращения: 11.01.2025). DOI: 10.17513/snt.39408.
12. Гильманшина С.И., Дарзманова Д.Л. Адаптация детей мигрантов к естественнонаучной информации на русском языке посредством технологии интеллект-карт // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 3. URL: <https://top-technologies.ru/article/view?id=39957> (дата обращения: 11.01.2025). DOI: 10.17513/snt.39957.
13. Педагогическая диагностика воспитанности и ценностных ориентаций школьников: Метод. рекомендации / Г.А. Карпова. Екатеринбург: Урал. гос. пед. ун-т, 1997. 31 с.
14. Phillips B.N. School stress and anxiety theory, research, and intervention. New York: Human Sciences Press, 1978. 165 p.
15. Байбородова Л.В., Рожков М.И., Харисова И.Г., Чернявская А.П. Теория обучения и воспитания, педагогические технологии. 3-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2019. 223 с.
16. Почебут Л.Г. Кросс-культурная и этническая психология: учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2025. 279 с.

УДК 372.8:376.37
DOI 10.17513/snt.40316

ОРГАНИЗАЦИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ПРЕДЛОЖНО-ПАДЕЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДОШКОЛЬНИКОВ С ОБЩИМ НЕДОРАЗВИТИЕМ РЕЧИ

Парфёнова Т.А.

*ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова»,
Ульяновск, e-mail: blus73@mail.ru*

Статья рассматривает состояние сформированности предложно-падежных конструкций у старших дошкольников с общим недоразвитием речи. На основе анализа исследований выявлены типичные ошибки, которые ведут к искажению грамматической структуры предложений, что в перспективе может негативно сказаться на письменных навыках учащихся. Формирование предложно-падежных конструкций эффективно происходит при комплексном подходе, объединяющем усилия всех участников образовательного процесса, использование разнообразных методов и вовлечение различных анализаторов. Эмпирическая часть статьи освещает ход и результаты экспериментального исследования. Анализ полученных данных показал, что многие дошкольники испытывают трудности как в освоении, так и в активном применении предложно-падежных конструкций в спонтанной речи. Детям легче выполнять задания, связанные с демонстрацией действий, нежели с устным названием предлогов. Наибольшую сложность вызывали задания, требующие изменения названий объектов в зависимости от их числа и падежа, выбора предлогов и построения связанных предложений с их использованием. Автор выделил направления коррекционной работы, включающие разработку специальной программы, учитывающей особенности каждого ребенка, его текущий уровень развития и темпы усвоения материала. Такая программа должна предусматривать систематические занятия, применение разнообразных методов обучения, а также активное участие педагогов и родителей в коррекционном процессе.

Ключевые слова: дошкольники, общее недоразвитие речи, предложно-падежные конструкции, формирование

ORGANIZATION AND RESULTS OF THE STUDY OF THE FORMATION OF PREPOSITIONAL-CASE CONSTRUCTIONS IN PRESCHOOLERS WITH GENERAL SPEECH UNDERDEVELOPMENT

Parfenova T.A.

*Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N. Ulyanov,
Ulyanovsk, e-mail: blus73@mail.ru*

The article examines the state of formation of prepositional-case constructions in senior preschoolers with general speech underdevelopment. Based on the analysis of studies, typical errors were identified that lead to distortion of the grammatical structure of sentences, which in the long term can negatively affect the writing skills of students. The formation of prepositional-case constructions effectively occurs with an integrated approach that combines the efforts of all participants in the educational process, the use of various methods and the involvement of various analyzers. The empirical part of the article covers the course and results of the experimental study. Analysis of the obtained data showed that many preschoolers experience difficulties both in mastering and in actively using prepositional-case constructions in spontaneous speech. It is easier for children to complete tasks related to demonstrating actions than to orally naming prepositions. The greatest difficulty was caused by tasks that required changing the names of objects depending on their number and case, choosing prepositions and constructing coherent sentences using them. The author identified areas of correctional work, including the development of a special program that takes into account the characteristics of each child, their current level of development and the rate of assimilation of the material. Such a program should provide for systematic classes, the use of various teaching methods, as well as the active participation of teachers and parents in the correctional process.

Keywords: preschoolers, general speech underdevelopment, prepositional-case constructions, formation

Введение

Грамматика занимает центральное место в речевом развитии детей дошкольного возраста. Овладение ею помогает ребенку строить правильные синтаксические конструкции, понимать значения слов и контролировать свою речь. Формирование грамматического строя включает освоение таких аспектов, как падеж, число, род, склонение, а также управление предложениями при помощи предлогов. Пространственные предлоги играют важную роль в становле-

нии грамматического строя, способствуя выражению разнообразных смысловых связей между словами в предложениях. Эти предлоги помогают детям точно указывать положение предмета в пространстве, что необходимо как для четкой передачи информации, так и для лучшего понимания окружающей действительности. Предлоги объединяют слова, придавая им определенное смысловое значение и уточняя характер взаимоотношений между ними. Каждый предлог сочетается с именем существи-

тельным в определенном падеже, что влияет на общую структуру фразы и ее смысл. Таким образом, предлог и падеж работают вместе, образуя единую предложно-падежную конструкцию, которая передает точный смысл и обеспечивает грамматическую правильность речи.

Формирование предложно-падежных конструкций у детей с общим недоразвитием речи является важным вопросом как в теории, так и в практике логопедии, поскольку такие дети сталкиваются с существенными трудностями в освоении грамматики родного языка. Р.Е. Левина провела масштабные исследования и выявила различные типы ошибок, такие как «...пропуски, замены, смещения и искажения предлогов и окончаний существительных в речи» [1, с. 96]. Эти ошибки свидетельствуют о том, что у дошкольников с ОНР грамматическая система языка и связная речь находятся на стадии становления. Н.В. Серебрякова и Г.Р. Шашкина указывают на то, что дети с ОНР испытывают значительные сложности в понимании значений схожих предлогов, правильном сочетании предлогов с соответствующими падежными окончаниями, а также в установлении пространственных взаимосвязей между предметами. Исследование показало, что у этой группы детей уровень владения предложно-падежными конструкциями, обозначающими местонахождение и направление действий, ниже, чем у сверстников без речевых нарушений. Авторы делают вывод, что ошибки, характерные детям с ОНР, «...являются более грубыми и специфическими» [2, с. 197].

Т.Н. Семенова, изучив работу Н.Н. Китаевой и С.О. Емельяновой, акцентирует внимание на том, что дети с ОНР испытывают трудности в использовании лексики, связанной с описанием пространства. Им сложно определять расположение предметов и применять такие предлоги, как «за», «в», «из-за», и «перед» [3]. По результатам исследования Е.В. Жулиной и И.В. Алаевой, дошкольники с ОНР также сталкиваются с проблемами при восприятии и формировании предложно-падежных конструкций, особенно содержащих сложные предлоги типа «перед», «из-за», «из-под», «через», «между». Даже использование простых предлогов вызывает у них затруднения при составлении рассказов, что приводит к ошибкам в грамматике, связанным с неправильным выбором падежных окончаний [4].

В исследовании Н.В. Дроздовой и В.Д. Ладейко был проведен анализ уровня сформированности грамматических компетенций, в особенности использования предложно-падежных конструкций, среди

старших дошкольников с различными вариантами ОНР, включая неосложненное ОНР; дизартрию, осложненную ОНР, а также моторную алалию. Для сравнения были привлечены дети с нормальным речевым развитием. Результаты исследования помогли выявить как общие, так и специфические особенности восприятия и употребления предложно-падежных конструкций детьми с ОНР. Авторы сделали вывод о необходимости разработки специализированных методик обучения использованию предложно-падежных конструкций для детей с различными вариантами ОНР, основанных на принципе дифференцированного подхода [5].

Е.С. Брагина разработала систему работы по усвоению предлогов детьми с тяжелыми речевыми нарушениями, которая предполагает активное участие всех сторон образовательного процесса – логопедов, воспитателей и родителей. Она акцентирует внимание на важности использования принципа наглядности в обучении, что способствует активному вовлечению сенсорного опыта ребенка в понимание, восприятие и отработку учебного материала. Применение наглядных пособий, таких как схемы и игровые материалы, помогает детям лучше понимать значение предлогов, развивать лексико-грамматические навыки и тренироваться в составлении предложений на основе картинок и схем [6].

Опираясь на исследование В.А. Иванова и О.Ю. Якушевой, Н.В. Дроздова и В.Д. Еремейчик предлагают организовать логопедическую работу в форме активного взаимодействия, где сложность заданий увеличивается постепенно – от простых словосочетаний и фраз до более сложных конструкций. Авторы советуют использовать различные виды упражнений: имитативные (основанные на образце), подстановочные (на основе аналогии), трансформационные (основанные на преобразовании предложно-падежных конструкций) и комбинированные (основанные на актуализации ранее усвоенных конструкций), а также моделирование коммуникативных ситуаций. Примеры таких ситуаций включают выражение просьб, обращения за помощью, предоставление информации о себе и других людях и предметах, а также выражение согласия или несогласия [7].

Согласно исследованиям Н.В. Серебряковой и Г.Р. Шашкиной, работа над формированием предложно-падежных конструкций должна начинаться с развития пространственно-временных представлений. Затем важно сосредоточиться на осмыслении значения предлогов и их роли как самостоятельных языковых единиц. Основные

задачи включают тренировку правильного согласования существительных с предлогами (предложное управление), обучение правильному употреблению и анализу предложений с предлогами, а также закрепление навыков составления предложений с использованием предлогов по образцам и схемам. Большое внимание уделяется овладению разнообразными способами выражения пространственных отношений и различению смыслов различных предлогов. Среди наиболее действенных методов авторы выделяют применение графических символов, опорных схем и упражнений на ориентацию в пространстве, а также моделирование ситуаций с предметами, компьютерные игры и пиктограммы, иллюстрирующие действия [2].

Н.В. Горностаева рекомендует использовать практические методы для освоения предлогов в импрессивной речи. Эти методы включают демонстрацию пространственных ситуаций (где дети наблюдают за перемещениями предметов и подбирают соответствующие картинки), действия с предметами (дети выполняют инструкцию логопеда, манипулируя объектами) и использование схем предлогов (логопед произносит словосочетание с предлогом, а дети демонстрируют подходящие схемы). Для закрепления правильного использования предлогов в активной речи автор предлагает различные игровые задания: 1) изменение формы слова в соответствии с предлогом на картинке, 2) определение недостающего предлога в предложении, 3) составление предложений по предметным картинкам, 4) завершение начатого предложения и другие подобные упражнения. Эти методы способствуют улучшению восприятия и активного применения предлогов в речи детей [8].

Таким образом, изучение и формирование предложно-падежных конструкций остается актуальным направлением исследований, и ученые продолжают активно работать над этой проблемой. Анализ научных трудов показывает, что у дошкольников с ОНР возникают трудности, связанные с употреблением предлогов как в словосочетаниях, фразах, так и в связной речи. Эти трудности проявляются в различных формах, таких как пропуск предлогов, замена их на другие предлоги, а также неправильный выбор предлога и падежного окончания. Такие ошибки могут приводить к искажениям в структуре предложения, что в дальнейшем может сказаться на качестве письменной речи. Успешное формирование предложно-падежных конструкций достигается с помощью комплексного под-

хода, который сочетает усилия всех участников образовательного процесса, использование разнообразных методов и вовлечение различных анализаторов.

Цель исследования – изучение состояния сформированности предложно-падежных конструкций у старших дошкольников с общим недоразвитием речи.

Материалы и методы исследования

Исследование проходило на базе МБДОУ детского сада № 139 «Яблонька» г. Ульяновска в сентябре 2024 г. В нем участвовали 15 старших дошкольников с ОНР (III уровень). Для изучения состояния сформированности предложно-падежных конструкций автором были использованы следующие задания: 1) понимание предлогов; 2) использование предлогов и падежных окончаний в речи; 3) различение предлогов; 4) изменение имен существительных по падежам и числам; 5) составление связных предложений с использованием предлогов в активной речи.

Диагностику сформированности предложно-падежных конструкций проводили индивидуально с каждым ребенком, при наличии согласия родителей или законных представителей. Каждый воспитанник получал баллы за выполнение заданий, которые затем суммировались для определения общего уровня сформированности предложно-падежных конструкций. Баллы варьировались от 0 до 2, что позволило выделить уровень сформированности следующим образом: высокий (16–15 баллов), средний (14–10 баллов), низкий (9 баллов и ниже).

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования сформированности понимания предлогов было обнаружено, что у большинства воспитанников эти навыки уже развиты. 53,33% дошкольников успешно справились с заданием, самостоятельно и правильно выполняя игровые действия с игрушкой, следуя указаниям взрослого. 46,67% участников исследования выполняли задание медленнее и имели трудности с пониманием некоторых пространственных предлогов. Например, вместо того, чтобы разместить игрушку перед коробочкой, они помещали ее позади коробочки. Вместо того чтобы продемонстрировать действие, как игрушка вылезает из-за и изпод коробочки, они показывали ее спрятавшейся в коробке. Это свидетельствовало о трудностях демонстрации действий, выраженных сложными предлогами, такими как «перед», «из-за», «из-под».

Исследование сформированности использования ребенком предлогов и падежных окончаний в речи, посредством рассмотрения картинки и комментирования увиденного, показало, что ни один из дошкольников не выполнил задание правильно. Все дети допускали ошибки в построении предложений или словосочетаний. 73,33% воспитанников смогла частично справиться с заданием, давая полные ответы, но испытывали трудности с описанием ситуации, где птица летает над деревом, делая одну и ту же ошибку – заменяли предлог «над» на «под». Оставшиеся 26,67% дошкольников использовали краткую форму ответа (предлог + существительное), совершая больше ошибок, что выражалось в выборе неподходящего предлога или неправильном употреблении падежного окончания. Например, высказывались утверждения вроде: «Птица сидит в ветке» или «Птица сидит на гнезде». Для уточнения понимания предлогов в речи детям задавались вопросы с акцентом на предлог. После этого они исправляли свои ошибки.

Во время исследования способности дифференцировать предлоги в речи выяснилось, что 33,33% дошкольников быстро и уверенно справились с заданием, правильно называя действия взрослого с использованием пространственных предлогов, не допуская ошибок. Тем не менее 46,67% воспитанников действовали медленнее и допускали некоторые ошибки, например помещали карандаш перед тетрадью, а не над ней или клали его внутрь тетради, а не под нее. С помощью наводящих вопросов логопеда дети исправляли свои ошибки. 20% испытуемых смогли правильно расположить карандаш только на тетради, в остальных случаях задание выполнялось неверно. Помощь логопеда этими детьми не была воспринята.

Следующее диагностическое задание состояло из двух частей: сначала проверялось умение ребенка употреблять имена существительные в различных падежах, а затем навык использования существительных в родительном падеже со значением «много». В ходе выполнения первой части задания выяснилось, что 53,33% дошкольников справились с заданиями быстро и без ошибок, тогда как у 46,67% возникли сложности, связанные с неправильным употреблением существительных. Некоторые дети пропускали предлоги или делали ошибки в выборе падежной формы, например, отвечая «скатертею», «скатертей», «скатером» на вопрос «Чем накрыт стол?». Это говорило о том, что дошкольникам сложно правильно согласовывать предлоги и падеж-

ные окончания. Аналогично при вопросе «Куда смотрится девочка?» воспитанники могли пропускать предлог, отвечая «Девочка смотрится зеркало», что нарушало структуру предложения. При выполнении второй части задания выяснилось, что никто из детей не смог правильно использовать существительные в родительном падеже множественного числа. Это говорило о недостаточной сформированности данного навыка у дошкольников. Их ответы содержали ошибки, такие как «много платий, платев, платье; много носок, носки; много юбок, юбкев; много куклы; много мяч; много мишки; много кубик; много куртки; много футболка и др.». Результаты исследования показали, что почти все воспитанники продемонстрировали трудности с изменением имен существительных по падежам и числам.

Исследование сформированности навыка правильного использования предложно-падежных конструкций в речи состояло из трех частей. Сначала ребенку предлагалось выбрать подходящий предлог для дополнения предложения, учитывая контекст, далее сопоставить пространственный предлог со словом в нужной падежной форме и затем построить связные предложения, используя предлоги. Анализ первой части задания выявил, что 86,67% дошкольников допускали ошибки в своих ответах, часто выбирая неподходящий предлог. Это выражалось в замене предлога «на» на «в» или «под» («Ручка лежит в тетради», «Груша висит в дереве», «Груша висит под деревом»), замена предлога «над» на «под» или «на» («Самолет летит под землей», «Самолет летит на землей»), замена предлога «в» на «на» или «под» («Грибы лежат на корзине», «Мышка спряталась под норку»), замена предлога «под» на «над» («Кошка лежит над стулом»). Остальные воспитанники (13,33%) не смогли правильно составить предложения, поэтому повторяли его без предлога. При выполнении второй части задания 53,33% дошкольников успешно справились с заданием, правильно составляя предложения, используя пространственный предлог со словом в нужной падежной форме. Однако 46,67% допускали ошибки, связанные с неверным согласованием предлога и существительного, например: «Пчела летит над цветком», «Гусеница сидит на грибаме» и др. При выполнении задания по установлению связи между предложениями посредством составления предложений с использованием предлогов, было выявлено, что у большинства участников исследования (53,33%) данный навык сформирован. Однако 26,67% дошкольников допускали ошибки, неправильно используя предлоги

в речи, что привело к созданию неполноценных и неосмысленных высказываний, таких как «Рыбки плавают между аквариумом», «Платье висит около шкафа» и др. Остальные воспитанники (20%) не справились с заданием, ограничившись перечислением предметов, изображенных на картинках, но не сумели самостоятельно составить предложение. Даже при попытке оказания обучающей помощи в виде наводящих вопросов дети составляли предложения без предлогов, например «Бабочка летит цветок», «Дерево растет дом».

В результате исследования выявлено, что у дошкольников с ОНР преобладают средний (53,33%) и низкий (46,67%) уровни сформированности предложно-падежных конструкций. Дети, показавшие средний уровень, в целом правильно использовали предлоги, хотя иногда заменяли их неподходящими по смыслу. При составлении предложений или словосочетаний по картинкам сталкивались с проблемами выбора правильного предлога и его сочетанием с именем существительным. Это выражалось в неверном подборе предлога, что приводило к ошибочным конструкциям речи. При изменении имен существительных по падежам и числам их ответы содержали ошибки, связанные с неверным выбором падежного окончания. Дошкольники с низким уровнем испытывали серьезные трудности при выполнении всех заданий. Они могли назвать только два-три предлога, которые знали лучше других. Поэтому при составлении предложений или словосочетаний по картинкам, пользовались только теми предлогами, которыми владели, заменяя остальные, либо вообще обходились без них. При изменении имен существительных по падежам и числам дети допускали большое количество ошибок, связанных с неверным согласованием предлога и существительного. Зачастую предлоги вообще отсутствовали в их речи, что свидетельствует о недостаточной сформированности предложно-падежных конструкций.

Основываясь на результатах проведенного исследования, можно определить два ключевых направления коррекционной работы по формированию предложно-падежных конструкций у дошкольников с ОНР: 1) усвоение смыслового значения предлогов в импрессивной речи (на материале словосочетаний и несложных фраз); 2) вербализация предложно-падежных конструкций в экспрессивной речи. Реализация данных направлений работы предполагает разработку специальной коррекционной программы, которая учитывает особенности каждого ребенка, его текущий уровень раз-

вития и темп усвоения материала. Такая работа должна включать регулярные занятия, разнообразные методы обучения, а также активную вовлеченность взрослых в процесс коррекции.

Процесс усвоения смыслового значения предлогов в импрессивной речи подразумевает обучение ребенка пониманию и осмыслению словосочетаний и несложных фраз, содержащих предлоги и падежи, которые передают пространственные и временные связи между словами. Для этого применяются следующие методы и приемы: словесные (пассивное восприятие, объяснение и показ, показ и называние, выделение предлога из предложения на слух, ответы на вопросы), наглядные (демонстрация пространственных ситуаций), практические (дорисовывание предмета по заданию, имитация действий, практические действия, игры и упражнения, моделирование). Эти методы помогают ребенку освоить понимание и использование предложно-падежных конструкций в повседневной речи, улучшая его способность воспринимать и интерпретировать сложные пространственные отношения.

Формирование навыка вербализации предложно-падежных конструкций в экспрессивной речи является важной частью логопедической работы, направленной на то, чтобы ребенок начал активно применять предлоги и падежи в своей речи. Для этого используются различные методы и приемы, среди которых выделяются: словесные (словесные упражнения, вопросы-загадки, чтение и заучивание стихов, рассказ и пересказ, грамматические сказки), наглядные (рассматривание натуральных объектов, картин и др.), практические (завершение предложений, подбор слов, прослушивание предложений с пропущенными предлогами, изменение формы слова в зависимости от предлога, составление предложения по предметным картинкам, работа с деформированным текстом или предложением, дидактические игры (например, прятки, поиски, расстановки, передвижки, бродилки, противопоставления, путаницы), игры-драматизации, настольные игры, игры по демонстрации с дополнением предложения). Наиболее эффективными инструментами коррекции предложно-падежных конструкций у детей с ОНР считаются дидактические игры и специальные упражнения, которые предоставляют возможность активной тренировки навыков использования предлогов и падежей в повседневной речи.

Для повышения эффективности коррекции предложно-падежных конструкций важно вовлечение как педагогов, так и роди-

телей в этот процесс. Воспитатели могут закрепить полученные знания в процессе разнообразных занятий, таких как рисование, лепка, физкультура, а также в повседневных ситуациях, например во время прогулок, экскурсий, игр и других видов деятельности. Родителям рекомендуется поддерживать этот процесс дома через регулярные домашние задания и игровые активности.

Заключение

Результаты эмпирического исследования свидетельствуют о том, что большинство дошкольников с ОНР испытывают трудности как в освоении, так и в активном применении предложно-падежных конструкций в спонтанной речи. Детям легче выполнять задания, в которых нужно продемонстрировать действие, а не называть предлоги вслух. Наиболее сложными для воспитанников оказались задания, требующие изменения названий объектов в зависимости от их числа и падежа, подбора предлогов и составления связных предложений с использованием предлогов. В результате исследования выявлено, что у дошкольников с ОНР преобладают средний (53,33%) и низкий (46,67%) уровни сформированности предложно-падежных конструкций. Это подчеркивает значимость разработки специальной коррекционной программы, направленной на формирование предложно-падежных конструкций у дошкольников с ОНР.

Список литературы

1. Левина Р.Е. Основы теории и практики логопедии. М.: Альянс, 2017. 368 с.
2. Серебрякова Н.В., Шашкина Г.Р. Формирование предложно-падежных конструкций в логопедической работе с детьми старшего дошкольного возраста с общим недоразвитием речи // Проблемы современного педагогического образования. 2020. № 66–1. С. 195–198. URL: <https://gra.cfuv.ru/attachments/article/4601/Выпуск%2066%20часть%201,%202020%20год.pdf> (дата обращения: 05.01.2025).
3. Семенова Т.Н. Активизация словаря существительных у детей 4–5 лет с общим недоразвитием речи с использованием игр на развитие пространственных представлений // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 6. С. 173–177. DOI: 10.17513/snt.39221.
4. Жулина Е.В., Алаева И.В. Авторская методика коррекции нарушений предложно-падежных конструкций у дошкольников с ОНР // Проблемы современного педагогического образования. 2019. № 65–1. С. 121–123. URL: <https://gra.cfuv.ru/attachments/article/4051/Выпуск%2065%20часть%201,%202019%20год.pdf> (дата обращения: 05.01.2025).
5. Дроздова Н.В., Ладейко В.Д. Изучение предложно-падежных конструкций у детей старшего дошкольного возраста с общим недоразвитием речи // Дефектология. 2021. № 2. С. 56–65.
6. Брагина Е.С. Система работы учителя-логопеда по усвоению предлогов детьми с тяжелыми нарушениями речи // Поволжский педагогический вестник. 2020. № 4 (29). С. 12–18.
7. Дроздова Н.В., Еремейчик В.Д. Коммуникативная направленность методов формирования предложно-падежных конструкций у детей с общим недоразвитием речи // Специальная адукация. 2023. № 4. С. 13–18.
8. Горностаева Н.В. Формирование предложно-падежных конструкций у детей дошкольного возраста с общим недоразвитием речи // Вопросы дошкольной педагогики. 2020. № 6 (33). С. 24–25. URL: <https://moluch.ru/th/1/archive/170/> (дата обращения: 05.01.2025).