



ИД «Академия Естествознания»

**СОВРЕМЕННЫЕ
НАУКОЕМКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Научный журнал

№ 12 Часть 2 2023



**MODERN
HIGH
TECHNOLOGIES**

Scientific journal

No. 12 Part 2 2023



PH Academy of Natural History

Современные наукоемкие технологии Научный журнал

Журнал издается с 2003 года.

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

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

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

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

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

Технический редактор

Доронкина Е.Н.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

Корректор

Галенкина Е.С.,

Дудкина Н.А.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

ISSN 1812–7320

Электронная версия: top-technologies.ru/ru

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

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,940

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,355

Периодичность

12 номеров в год

Учредитель, издатель и редакция

ООО ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес

105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя

440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Типография

ООО «НИИЦ Академия Естествознания»

410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

E-mail

edition@rae.ru

Телефон

+7 (499) 705-72-30

Подписано в печать

29.12.2023

Дата выхода номера

31.01.2024

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

17,25

Тираж

1000 экз.

Заказ

СНТ 2023/12

Распространяется по свободной цене

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

Modern high technologies

Scientific journal

The journal has been published since 2003.

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

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

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

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

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

CHIEF EDITOR

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

Technical editor

Doronkina E.N.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

Corrector

Galenkina E.S.,

EDITORIAL BOARD

Dudkina N.A.

D.Sc., Prof. A. Aidsov (Almaty); D.Sc., Prof. S.V. Alekseev (Irkutsk); D.Sc., Prof. V.Z. Aloe (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. Belozerov (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. Efremova (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. A.I. Zavrashnov (Michurinsk); D.Sc., Docent O.I. Zagrevsky (Tomsk); D.Sc., Prof. Izhutkin V.S. (Moscow); D.Sc., Docent Kibalchenko I.A. (Taganrog); D.Sc., Prof. Klemantovich I.P. (Moscow); D.Sc., Prof. Kozlov O.A. (Moscow); D.Sc., Prof. A.M. Kozlov (Lipetsk); D.Sc., Prof. Kuzlyakina V.V. (Vladivostok); D.Sc., Docent Kuzyakov O.N. (Tyumen); D.Sc., Prof. Kulikovskaya I.E. (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. E.A. Lavrov (Sumi); D.Sc., Docent D.V. Lande (Kiev); D.Sc., Prof. L.B. Leontiev (Vladivostok); D.Sc., Docent V.A. Lomazov (Belgorod); D.Sc., Prof. L.S. Lomakina (Nizhny Novgorod); D.Sc., Prof. V.F. Lubentsov (Krasnodar); D.Sc., Prof. A.G. Madera (Moscow); D.Sc., Prof. V.F. Makarov (Perm); D.Sc., Prof. K.K. Markov (Irkutsk); D.Sc., Prof. V.I. Matis (Barnaul); D.Sc., Prof. A.I. Melnikov (Irkutsk); D.Sc., Prof. G.J. Mikerova (Krasnodar); D.Sc., Prof. L.V. Moiseeva (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. T.I. Murashkina (Penza); D.Sc., Prof. V.K. Musaev (Moscow); D.Sc., Prof. E.N. Nadezhdin (Tula); D.Sc., Prof. E.G. Nikonov (Dubna); D.Sc., Prof. V.A. Nosenko (Volgograd); D.Sc., Prof. G.S. Osipov (Yuzhno-Sakhalinsk); D.Sc., Prof. R.Z. Pen (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. M.N. Petrov (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. I.Y. Petrova (Astrakhan); D.Sc., Prof. Piven V.V. (Tyumen); D.Sc., Prof. Potyshnyak E.N. (Kharkov); D.Sc., Prof. Puzryakov A.F. (Moscow); D.Sc., Prof. Rakhimbaeva I.E. (Saratov); D.Sc., Prof. Rezanovich I.V. (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. A.F. Rogachev (Volgograd); D.Sc., Prof. Sikhimbaev M.R. (Karaganda); D.Sc., Prof. Skrypnik O.N. (Irkutsk); D.Sc., Prof. Sobyenin F.I. (Belgorod); D.Sc., Prof. Strabykin D.A. (Kirov); D.Sc., Prof. Sugak E.V. (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. N.G. Taktarov (Saransk); D.Sc., Docent A.V. Tutolmin (Glazov); D.Sc., Prof. U.U. Umbetov (Kyzylorda); D.Sc., Prof. Fesenko Y.A. (St. Petersburg); D.Sc., Prof. Khoda L.D. (Neryungri); D.Sc., Prof. Chasovskikh V.P. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Chentsov S.V. (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. Chervikov N.I. (Stavropol); D.Sc., Prof. A.G. Shchipsitsyn (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. M.A. Yablokova (St. Petersburg); Cand.Sc., Docent A.G. Khaidarov (St. Petersburg)

ISSN 1812–7320

Electronic version: top-technologies.ru/ru

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

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

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

Periodicity	12 issues per year		
Founder, publisher and editors	LLC PH Academy of Natural History		
Mailing address	105037, Moscow, p.o. box 47		
Editorial and publisher address	440026, Penza, st. Lermontov, 3		
Printing	LLC SPC Academy of Natural History 410035, Saratov, st. Mamontova, 5		
E-mail	edition@rae.ru	Telephone	+7 (499) 705-72-30
Signed for print	29.12.2023	Number issue date	31.01.2024
Format	60x90 1/8	Conditionally printed sheets	17,25
Circulation	1000 copies	Order	CHT 2023/12

Distribution at a free price

Subscription index in the Russian Post electronic catalog: PA037

© LLC PH Academy of Natural History

СОДЕРЖАНИЕ

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

СТАТЬИ

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ЭКОСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫМИ РАСЧЕТАМИ В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ <i>Атеев К.О., Олимпиев Н.В., Готская И.Б., Государев И.Б.</i>	190
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРАФЕНОСОДЕРЖАЩИХ СУСПЕНЗИЙ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК <i>Баити А., Альдавуд С.С., Альгураби А., Салхи Х., Першин В.Ф.</i>	195
РЕФРАКЦИОННЫЕ ИСКАЖЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛА В ВОЗМУЩЕННОМ ИНФОРМАЦИОННОМ КАНАЛЕ С КОНЕЧНОЙ КРИВИЗНОЙ <i>Ким Д.Б., Афанасьев Н.Т., Лукьянцев Д.С., Ситов И.С., Танаев А.Б., Чудаев С.О.</i>	203
ИНДИКАТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Кудрявцева С.С., Зиятдинов Н.Н., Лаптева Т.В., Титовцев А.С.</i>	210
СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ ПРОМЫСЛОВОГО НЕФТЕПРОВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ И СВР-ПОДХОДА <i>Кузьяков О.Н., Сидорова А.Э., Лапик Н.В., Попова Н.В.</i>	216
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ ОПЕРАТОРОВ ЛЕСНЫХ МАШИН В ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕДАХ <i>Курасов П.А., Петухов И.В., Стешина Л.А., Танрывердиев И.О.</i>	221
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ МЕЛКОСОРТНО-ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА) <i>Курзаева Л.В., Корнев Р., Слестников Н.А., Майоров П.Е., Скляр А.О.</i>	226
ФЕНОМЕН КОНВЕРГЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ <i>Надеждин Е.Н., Карпов К.П.</i>	232
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПЕЛЕНГАЦИИ В ЗАДАЧАХ ОРИЕНТАЦИИ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ЗАКРЫТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УЧАСТКЕ <i>Худоногов Д.Ю., Никитенко М.С., Кизилов С.А.</i>	239
МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЕЛЛЕТОВ НА БАЗЕ КАМАЗ 43118 <i>Шаповалова С.В., Егоров М.А., Костырченко В.А., Егоров А.Л.</i>	246
ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УГЛОВЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ГОЛОВОК ПУТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК <i>Шлаев К.И., Сабиров Ф.С.</i>	252

НАУЧНЫЙ ОБЗОР**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЭФФЕКТИВНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Шигин А.О. 258

Технические науки (2.3.2 Вычислительные системы и их элементы)**СТАТЬЯ****ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГЕТЕРОГЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

Костромин Р.О. 264

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)**СТАТЬИ****СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ**

Абакумова М.В., Иванова Е.А., Полякова М.В. 270

НЕЙРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ КОГНИТИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Глебова М.В. 276

ВЫСОКОВОСТРЕБОВАННЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛЕЙ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Жилин А.С., Коваленко С.В., Ребрин О.И., Шолина И.И., Печурин М.С. 284

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТРАЕКТОРИИ МОЛОДЕЖИ: ФАКТОРЫ ВЫБОРА УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Задорина М.А., Корсун К.И. 289

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ: ВЗГЛЯД ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Захарова А.Е., Алексеева Г.Г., Явловская П.Е. 294

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ БОЛЬШИХ ДАННЫХ: РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Мирошниченко А.А., Александрова И.Н., Мирошниченко И.Л. 300

ФОРМИРОВАНИЕ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА

Паршина Н.А., Тимошин В.В., Шуняева Е.А., Бакулин С.В. 307

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В РОССИЙСКИХ ВУЗАХ

Поморцева Н.В., Куновски М.Н., Коровяковский Д.Г. 312

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

DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE OF THE ECOSYSTEM FOR MANAGING INTERNATIONAL SETTLEMENTS IN DECENTRALIZED TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE <i>Ateev K.O., Olimpiyev N.V., Gotskaya I.B., Gosudarev I.B.</i>	190
IMPROVING EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF GRAPHENE-CONTAINING SUSPENSIONS AND MODIFYING LUBRICANTS <i>Baiti A., Aldavud S.S., Algurabi A., Salkhi H., Pershin V.F.</i>	195
REFRACTION DISTORTIONS OF CHARACTERISTICS OF SIGNAL IN DISTURBED INFORMATION CHANNEL WITH FINITE CURVE <i>Kim D.B., Afanasev N.T., Lukyantsev D.S., Sitov I.S., Tanaev A.B., Chudaev S.O.</i>	203
INDICATIVE MODELING OF THE EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION TOOLS IN INDUSTRY <i>Kudryavtseva S.S., Ziyatdinov N.N., Lapteva T.V., Titovtsev A.S.</i>	210
SYSTEM FOR DETERMINING THE CORROSION RATE OF A FIELD OIL PIPELINE USING PREDICTIVE ANALYTICS AND CBR APPROACH <i>Kuzyakov O.N., Sidorova A.E., Lapik N.V., Popova N.V.</i>	216
STUDY OF THE DEVELOPMENT DYNAMICS OF PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES OF FORESTRY MACHINE OPERATORS IN VIRTUAL ENVIRONMENTS <i>Kurasov P.A., Petukhov I.V., Steshina L.A., Tanryverdiev I.O.</i>	221
DEVELOPMENT OF DIGITAL DOUBLES FOR METALLURGICAL PRODUCTION (USING THE EXAMPLE OF A FINE WIRE MILL) <i>Kurzaeva L.V., Kornev R., Slastnikov N.A., Mayorov P.E., Sklyarov A.O.</i>	226
THE PHENOMENON OF TECHNOLOGY CONVERGENCE IN TASKS OF VIRTUAL RECONSTRUCTION OF OBJECTS HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE <i>Nadezhdin E.N., Karpov K.P.</i>	232
DIRECTION FINDING METHODS APPLICATION FOR AUTONOMOUS VEHICLES ORIENTATION IN CLOSED TECHNOLOGICAL AREA <i>Khudonogov D.Yu., Nikitenko M.S., Kizilov S.A.</i>	239
MOBILE COMPLEX FOR PELLET PRODUCTION BASED ON KAMAZ 43118 <i>Shapovalova S.V., Egorov M.A., Kostyrchenko V.A., Egorov A.L.</i>	246
ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF ANGULAR MILLING HEADS THROUGH THE ANALYSIS OF DYNAMIC CHARACTERISTICS <i>Shlaev K.I., Sabirov F.S.</i>	252
REVIEW	
PHYSICAL AND CHEMICAL PREREQUISITES FOR EFFICIENT MECHANICAL PROCESSING OF COMPOSITE MATERIALS <i>Shigin A.O.</i>	258

Technical sciences (2.3.2 Computing systems and their elements)
ARTICLEASPECTS OF IMPLEMENTING A MONITORING SYSTEM
IN A HETEROGENEOUS COMPUTING ENVIRONMENT

Kostromin R.O. 264

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)
ARTICLESCOMPARATIVE ANALYSIS OF USING VARIOUS BLENDED
LEARNING MODELS IN FOREIGN LANGUAGE TRAINING
FOR STUDENTS OF ECONOMIC SPECIALTIES

Abakumova M.V., Ivanova E.A., Polyakova M.V. 270

NEUROBIOLOGICAL ASPECTS OF INCREASING COGNITIVE
EFFECTIVENESS OF LEARNING IN A MODERN GENERAL
EDUCATION SCHOOL

Glebova M.V. 276

HIGHLY DEMANDED COMPETENCIES AND ENGINEERING
EDUCATION FOR EMPLOYEES OF METALLURGICAL AND
MACHINE-BUILDING FIELDS OF THE URAL FEDERAL DISTRICT

Zhilin A.S., Kovalenko S.V., Rebrin O.I., Sholina I.I., Pechurin M.S. 284

EDUCATIONAL TRAJECTORIES OF YOUTH: FACTORS OF CHOOSING
THE LEVEL OF PROFESSIONAL EDUCATION

Zadorina M.A., Korsun K.I. 289

EFFICIENCY OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER EDUCATION
INSTITUTIONS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION
OF EDUCATION: THE VIEW OF TEACHERS

Zakharova A.E., Alekseeva G.G., Yavlovskaya P.E. 294

ASSESSMENT OF THE PERFORMANCE OF EDUCATIONAL WORK
BASED ON BIG DATA TECHNOLOGIES: RESULTS AND PROSPECTS

Miroshnichenko A.A., Alexandrova I.N., Miroshnichenko I.L. 300

FORMATION OF HEALTH-SAVING BEHAVIOR OF PEDAGOGICAL
UNIVERSITY STUDENTS

Parshina N.A., Timoshin V.V., Shunyaeva E.A., Bakulin S.V. 307

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACHES
TO THE ORGANIZATION OF SOCIAL AND PEDAGOGICAL
SUPPORT FOR FOREIGN STUDENTS IN RUSSIAN UNIVERSITIES

Pomortseva N.V., Kunovski M.N., Korovyakovskiy D.G. 312

СТАТЬИ

УДК 004.75

DOI 10.17513/snt.39880

**РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ЭКОСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
МЕЖДУНАРОДНЫМИ РАСЧЕТАМИ В ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ****Атеев К.О., Олимпиев Н.В., Готская И.Б., Государев И.Б.***Университет ИТМО, Санкт-Петербург, e-mail: 307692@niuitmo.ru*

В статье представлена архитектура экосистемы управления международными расчетами на основе блокчейна, призванная устранить неэффективность и уязвимость нынешней глобальной финансовой системы. В своей основе система использует децентрализованную технологию и товарные токены, предлагая стабильное, устойчивое к инфляции средство обмена, независимое от традиционных фиатных валют. Архитектура способствует прямой, автономной международной торговле, позволяя участникам рынка сотрудничать в общей децентрализованной технологической инфраструктуре, которая не принадлежит одному участнику, устраняя тем самым ограничения и монопольный контроль во внешней торговле. Ключевые особенности системы включают безопасную обработку транзакций с помощью смарт-контрактов, обеспечивающих прозрачность, целостность и безотзывность. Регулярные клиринговые сессии избавляют центральные банки от необходимости держать избыточные резервы, снижая инфляционное давление и оптимизируя управление ликвидностью. Кроме того, гибкость центральных банков в регулировании выпуска товарных токенов для конкретной страны и их торговли на вторичных рынках повышает адаптивность системы. Предлагаемая архитектура представляет собой трансформационный подход к международным торговым расчетам, способствующий экономической справедливости и инклюзивности. Устраняя зависимость от традиционных финансовых ограничений, она предлагает устойчивую альтернативу в условиях неопределенности.

Ключевые слова: технология распределенных реестров, блокчейн, децентрализация, международные расчеты, смарт-контракты

**DEVELOPMENT OF THE ARCHITECTURE OF THE ECOSYSTEM
FOR MANAGING INTERNATIONAL SETTLEMENTS
IN DECENTRALIZED TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE****Ateev K.O., Olimpiev N.V., Gotskaya I.B., Gosudarev I.B.***ITMO University, Saint Petersburg, e-mail: 307692@niuitmo.ru*

This article presents an architecture for a blockchain-based international settlement management ecosystem designed to address the inefficiencies and vulnerabilities of the current global financial system. At its core, the system uses decentralized technology and commodity tokens to offer a stable, inflation-resistant medium of exchange independent of traditional fiat currencies. The architecture facilitates direct, autonomous international trade by allowing market participants to collaborate on a common decentralized technological infrastructure that is not owned by a single participant, thereby eliminating restrictions and monopoly controls in foreign trade. Key features of the system include secure transaction processing through smart contracts that ensure transparency, integrity and irrevocability. Regular clearing sessions eliminate the need for central banks to hold excess reserves, reducing inflationary pressures and optimizing liquidity management. In addition, the flexibility of central banks to regulate the issuance of country-specific commodity tokens and their trading in secondary markets increases the adaptability of the system. The proposed architecture represents a transformative approach to international trade settlement that promotes economic fairness and inclusiveness. By removing dependence on traditional financial constraints, it offers a sustainable alternative in the face of uncertainty.

Keywords: distributed ledger technology, blockchain, decentralization, international settlements, smart contracts

В эпоху, когда экономическая взаимозависимость государств находится на высоком уровне, как никогда остро встает вопрос о необходимости создания бесперебойной, эффективной и справедливой системы кооперации и международных расчетов. В настоящее время основу мировой финансовой архитектуры составляет сложная система фиатных валют, каждая из которых зависит от экономической политики и геополитической позиции суверена [1]. Опора на эти традиционные валюты и централизованные институты, осуществляющие их эмиссию и управление ими, порождает множество

проблем – от неэффективности трансграничных операций до подверженности международной торговли волатильности валют и политическим рискам.

Появление технологии блокчейн открывает новые возможности для решения этих системных проблем. Свойственные блокчейну качества – децентрализация, прозрачность, безопасность и неизменяемость – представляют собой новую основу для технологической платформы организационных систем и проведения финансовых операций, которая может изменить саму структуру международной торговли и расчетов.

Актуальность таких инноваций трудно переоценить. Консалтинговая компания Deloitte в своем исследовании потенциала блокчейна утверждает, что эта технология способна изменить представление о финансовых операциях, начиная от скорости и уверенности в расчетах и заканчивая наглядностью и простотой единого источника правды. Это особенно актуально для международных расчетов, где возникают тонкости транснационального регулирования, обмена валют и роли резервных валют [2]. Также это влияет на способ построения внешних и внутренних организационных систем, позволяя реализовывать прозрачный и программируемый консенсус между участниками в общей децентрализованной технологической инфраструктуре.

Более того, появление децентрализованных финансов (DeFi) показало, что системы на основе блокчейна могут работать с такой степенью автономности и эффективности, с которой не могут сравниться традиционные финансовые инфраструктуры [3]. В отчете PwC «Global FinTech Report 2019» подчеркивается растущее влияние DeFi, отмечается, что DeFi может изменить глобальные финансы, создав более открытый, прозрачный и доступный финансовый рынок.

Возрастает потребность в альтернативном расчетном механизме, который мог бы работать вне рамок существующей финансовой системы, особенно для стран,

оказавшихся в менее выгодном положении в результате санкций или других форм финансовой изоляции [4]. Доклад Всемирного банка «De-risking in the Financial Sector» проливает свет на эту растущую проблему, подчеркивая необходимость создания систем, способных обеспечить беспрепятственный доступ к международным финансовым рынкам для всех.

Материалы и методы исследования

Для системного решения поставленных задач в данном исследовании использованы методы: декомпозиция требований, анализ и моделирование. Проанализированы прикладные бизнес-сценарии, демонстрирующие практическую жизнеспособность системы и позволяющие оценить ее эффективность в реальных торговых ситуациях.

На рисунке 1 представлен высокоуровневый концепт международных расчетов с введением операторов товарных поставок и товарных токенов страны.

В целях разработки архитектуры децентрализованной системы управления международными расчетами проведено систематическое исследование. Проведен анализ требований к системе с разбивкой их на основные элементы с целью определения ключевых проблем агентов и возможных решений. На основе требований и анализа были созданы модели, описывающие механизм работы предлагаемой архитектуры.

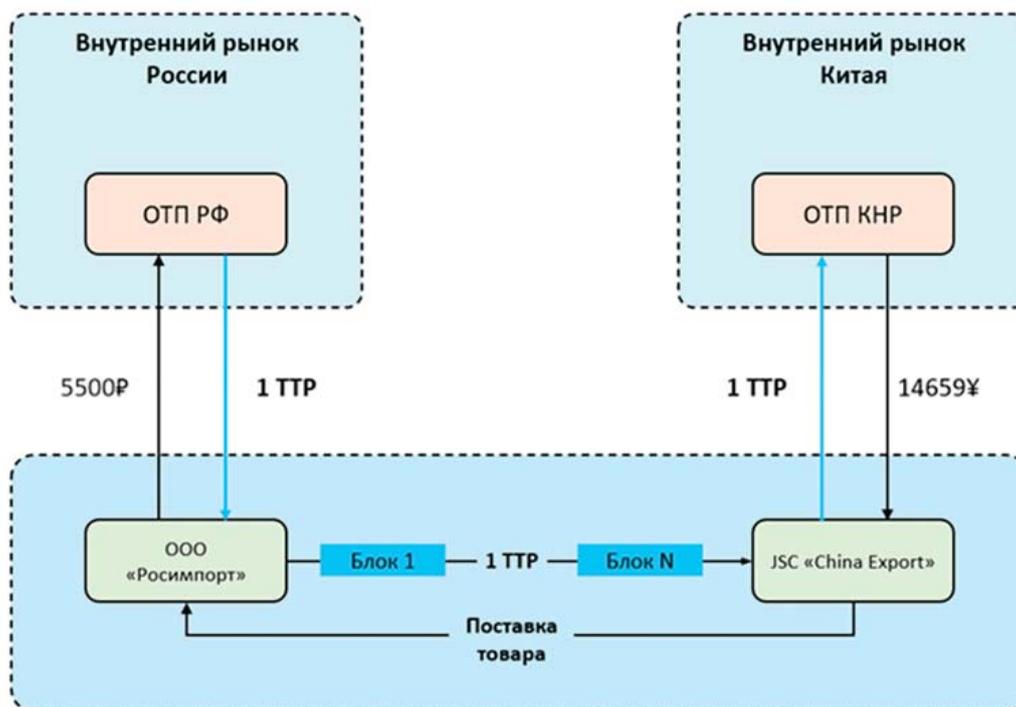


Рис. 1. Концепт международных расчетов с операторами товарных поставок

В ходе исследования выделено несколько основных компонентов, которым должна удовлетворять архитектура экосистемы.

Платформа: В основе архитектуры лежит платформа с открытым исходным кодом, реализующая технологию распределенного реестра и исполнения смарт-контрактов.

Смарт-контракты: Набор смарт-контрактов лежит в основе реализации бизнес-логики, автоматизируя процессы расчетов и управления в организационных системах, обеспечивая выполнение условий торговых соглашений.

Провайдер: Провайдер является связующим звеном между клиентами экосистемы

и блокчейном и преобразует вызовы JSON RPC в запросы и транзакции в блокчейне.

Экосистемные клиенты: Этот слой включает в себя клиентские приложения. Эти интерфейсы предназначены для взаимодействия пользователей с блокчейном, проверки транзакций и мониторинга активности системы в режиме реального времени.

Подписывающий элемент: Подписывающий элемент является компонентом процесса аутентификации и отвечает за цифровое подписание транзакций, обеспечивая их безотзывность и целостность.

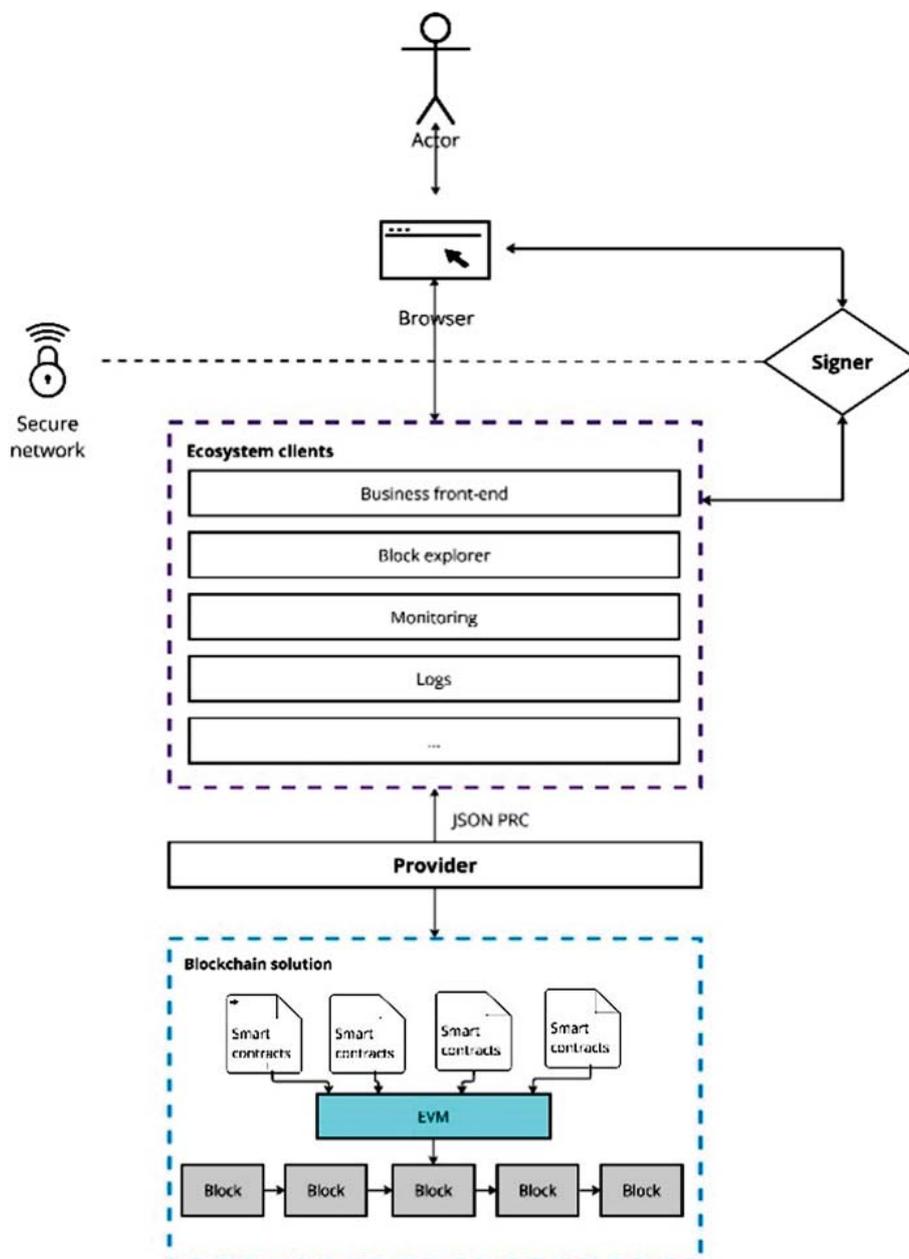


Рис. 2. Техническая архитектура экосистемы управления международными расчетами

В предложенной архитектуре на рисунке 2 поток транзакций между сетевыми агентами представляет собой процесс взаимодействия пользователя и архитектурных компонентов, которые согласованно работают над обеспечением целостности, безопасности и эффективности транзакций в экосистеме.

В начале сделки импортер, в качестве которого выступает ООО «Росимпорт», стремится приобрести на внешнем рынке товар. Для облегчения этой сделки импортер должен приобрести товарные токены, стоимость которых привязана к стоимости наименее волатильного актива или корзине товаров. «Росимпорт» получает доступ к экосистеме через браузер и инициирует запрос на покупку товарных токенов России.

Запрос обрабатывается через экосистемный клиент-интерфейс, предназначенный для беспрепятственного взаимодействия с блокчейном через оператора товарных поставок России (ОТП РФ) посредством JSON RPC вызовов. Эти вызовы транслируются провайдером в исполняемые запросы к блокчейну, где размещаются смарт-контракты.

ОТП РФ, используя смарт-контракты, выпускает товарные токены России. Эти смарт-контракты реализуют бизнес-логику и являются основой транзакционного процесса, автоматизируя традиционно сложную и иногда ручную финансовую операцию. Вновь выпущенные токены зачисляются на цифровой кошелек импортера, при этом каждая транзакция неизменно фиксируется в блокчейне в последовательных блоках, что обеспечивает четкий и защищенный от несанкционированного доступа аудиторский след.

Затем импортер инициирует перевод токенов для оплаты товара экспортеру – JSC «China Export». Транзакция подписывается цифровой подписью, что подтверждает подлинность транзакции.

После получения токенов JSC «China Export» получает возможность использовать товарные токены России по нескольким направлениям. Если требуется получение фиатной валюты, экспортер может обратиться к оператору товарных поставок Китая (ОТП КНР) для обмена токенов на местную валюту – юани. Этот обмен опять же осуществляется благодаря защищенной сети и исполнению смарт-контрактов, которые регулируют условия выкупа токенов и обеспечивают беспрепятственный процесс обмена.

В качестве альтернативы экспортер может обменять товарные токены на номенклатурные активы страны эмитента, например на природный газ. Процесс выкупа

аналогичным образом управляется смарт-контрактами, которые поручают ОТП организовать закупку и доставку актива, обеспечивая эффективное обеспечение токенов физическими товарами, которые они представляют.

Через регулярные промежутки времени проводятся клиринговые сессии между ОТП для сверки находящихся в обращении токенов с физическими товарами и валютами. Эти сессии, регулируемые программируемым консенсусом, имплементированным в смарт-контрактах, автоматизируют процесс многостороннего клиринга.

ОТП и пользователями также могут быть смарт-контракты, реализующие более сложную логику, нужную для интегрирования организационных систем в общую инфраструктуру.

Предложенная архитектура демонстрирует гармоничное сочетание управления, технологий и торговли, где финансовые операции будут не только безопасными и прозрачными, но и изначально устойчивыми к волатильности и неопределенности финансовых систем.

Результаты исследования и их обсуждение

Представленная инновационная архитектура управления международными расчетами на основе блокчейна была подвергнута комплексному анализу с целью оценки ее жизнеспособности и потенциального влияния на мировую торговлю. Результаты исследования подчеркивают способность экосистемы устранить недостатки существующих финансовых инфраструктур за счет использования технологии блокчейн для обеспечения безопасных, прозрачных и эффективных транзакций.

Одним из важнейших результатов является успешная демонстрация прототипа децентрализованной платформы и сервисов на форуме Finopolis, которые исключают возможность блокировки транзакций или замораживания активов, придерживаясь основных принципов экосистемы без доверия. Такая архитектура устраняет необходимость в общем банке или централизованном сервере, что исключает возможность создания единой точки отказа или контроля, которая может быть использована или подвергнута санкциям.

Анализ бизнес-кейсов показал, что предлагаемая система эффективно решает проблему доверия к эмиссионному центру. Это достигается за счет распределения эмиссии и контроля над токенами, обеспеченными товарами, между различными национальными структурами, каждая из кото-

рых действует автономно в рамках общей децентрализованной технологической инфраструктуры. Товарные токены, представляющие собой опцион колл на реальные внутренние активы, такие как золото, нефть или древесина, не подвержены такому инфляционному давлению, как фиатные валюты, и обеспечивают стабильность международной торговли. Отсутствие монополии на внешнюю торговлю позволяет импортерам и экспортерам самостоятельно выбирать цены, товары и контрагентов, а расчеты товарными токенами осуществляются через ОТП, что обеспечивает полный контроль над расчетами и экспортно-импортными операциями для регуляторов.

В исследовании также отмечается способность системы проводить регулярный многосторонний клиринг без необходимости поддержания центральными банками избыточных резервов. Такой подход к расчетам исключает использование фиатных валют в качестве канала инфляции в мировой экономике [5]. Позволяя странам закупать товары на внутренних рынках, где цены, как правило, ниже, чем на внешних рынках, система также обеспечивает экономические преимущества странам-участницам.

Кроме того, центральные банки имеют возможность регулировать торговый баланс, регулируя эмиссию товарных токенов страны. Возможность торговать токенами на вторичном рынке или нет придает системе дополнительную гибкость.

Возможность автоматизации процесса управления в организационных системах, создавая децентрализованные автономные организации [6] и введение кредита в товарных токенах с помощью смарт-контрактов, позволяет реализовывать новые продукты для экосистемы и участников.

Представленная архитектура представляет собой новое и практичное решение современных проблем международных торговых расчетов. Одобрение системы экспертами в данной области подтверждает ее потенциал для изменения способов ведения торговли и управления торговыми отношениями между странами.

Заключение

Комплексное исследование экосистемы управления международными расчетами в децентрализованной технологической инфраструктуре позволило выявить убедительное видение будущего мировой торговли. Бесшовная интеграция смарт-контрактов в процесс совершения сделок позволяет отказаться от посредников, что снижает издержки и потенциальные точки конфликта. Кроме того, заложенная

в систему возможность регулярного многостороннего клиринга избавляет страны от необходимости держать избыточные резервы, оптимизируя тем самым управление ликвидностью в сети. Такая экосистема устраняет критические уязвимости современной финансовой системы, характеризующейся зависимостью от централизованных фиатных валют и подверженностью внешнему экономическому и политическому давлению. Одновременно с этим открываются новые возможности для управления организационными системами.

Описанная архитектура экосистемы, основанная на принципах децентрализации, представляет собой устойчивый и эффективный механизм международных расчетов. Благодаря использованию товарных токенов система создает стабильное, устойчивое к инфляции средство обмена, не привязанное к волатильности национальных валют. Такой подход не только повышает безопасность и автономность, но и способствует экономической справедливости и инклюзивности.

Результаты данного исследования позволяют говорить о трансформации экономических отношений между странами, предлагая инновационные автономные решения. В условиях, когда мир продолжает решать проблемы финансовой интеграции и экономического сотрудничества, общая децентрализованная технологическая платформа представляется жизнеспособным решением, способным изменить глобальный экономический порядок.

Список литературы

1. Kuehnlz S., Orsi B., Kaltenbrunner A. Central bank digital currencies and the international payment system: The demise of the US dollar? // *Research in International Business and Finance*. 2023. Vol. 64. P. 101834. DOI: 10.1016/j.ribaf.2022.101834.
2. Горбачева Т.А. Будущее трансграничных платежей с участием цифровых валют нескольких ЦБ // *Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление*. 2021. Т. 3, С. 13-21. DOI: 10.21777/2587-554X-2021-3-13-21.
3. Крылова Л.В. Роль корреспондентских отношений в системе трансграничных платежей в условиях цифровизации // *Экономика. Налоги. Право*. 2023. Т. 4, С. 43-51. DOI: 10.26794/1999-849X-2023-16-4-43-51.
4. Горбачева Т.А. Понятие стейблкоинов и актуальное состояние рынка стабильных монет // *Финансовый журнал* 2022. Т. 14, С. 126-139. DOI: 10.31107/2075-1990-2022-1-126-139.
5. Othman A.H.A., Musa Alhabshi S., Kassim S., Abdullah A., Haron R. The impact of monetary systems on income inequality and wealth distribution: A case study of cryptocurrencies, fiat money and gold standard // *International Journal of Emerging Markets*. 2020. Vol. 15. P. 1161-1183. DOI: 10.1108/IJOEM-06-2019-0473.
6. Атеев К.О., Широков И.А., Олимпиев Н.В. Разработка архитектуры системы принятия решений на основе гибридного голосования в децентрализованной автономной организации // *Современные наукоемкие технологии*. 2023. Т. 9. С. 10-14. DOI: 10.17513/snt.39756.

УДК 62-97/-98
DOI 10.17513/snt.39881

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРАФЕНОСОДЕРЖАЩИХ СУСПЕНЗИЙ И МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

¹Баити А., ¹Альдавуд С.С., ¹Альгураби А., ²Салхи Х., ¹Першин В.Ф.

¹ФГАОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов,
e-mail: pershin.home@mail.ru;

²Университет Батна 2, Алжир, *e-mail: salhiheat@gmail.com*

В статье даны результаты совершенствования трех основных операций модифицирования смазки: механоактивации графита; классификации нанопластин по размерам; смешивания нанопластин с пластичной смазкой. Предложена конструкция стержневой барабанной мельницы, которая состоит из нескольких соосно соединенных барабанов, внутри которых расположены стержни, соединенные гибкими связями. За счет увеличения длины пути частиц графита в зоне механоактивации, осуществлен переход от периодического режима работы к непрерывному. Силы трения стержней по внутренней поверхности вращающегося барабана компенсированы скатывающими силами дополнительного стержня, который катится по внутренней поверхности барабана. В результате большой разницы между коэффициентами трения скольжения и качения, снижен момент, необходимый для вращения барабана. Классификация нанопластин по размерам реализована в каскаде ленточных фильтров. Роторный диспергатор выполнен с ротором в виде усеченного конуса, что позволило регулировать зазор между неподвижным корпусом и вращающимся ротором. Проведенная модернизация основных машин технологической схемы позволила увеличить производительность в 1,5 раза и снизить удельное потребление энергии.

Ключевые слова: пластичная смазка, трибологические характеристики, нанопластины графита, графен, стержневая барабанная мельница, каскадная фильтрация

IMPROVING EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF GRAPHENE-CONTAINING SUSPENSIONS AND MODIFYING LUBRICANTS

¹Baiti A., ¹Aldavud S.S., ¹Algurabi A., ²Salkhi H., ¹Pershin V.F.

¹Tambov State Technical University, Tambov, *e-mail: pershin.home@mail.ru;*

²University of Batna 2, Algeria, *e-mail: salhiheat@gmail.com*

The article presents the results of improving the three main operations of lubricant modification: mechanical activation of graphite; classification of nanoplates by size; mixing nanoplates with grease. A design of a rod drum mill has been proposed, which consists of several coaxially connected drums, inside of which there are rods connected by flexible connections. By increasing the path length of graphite particles in the mechanical activation zone, a transition from a periodic operating mode to a continuous one was made. The frictional forces of the rods on the inner surface of the rotating drum are compensated by the rolling forces of an additional rod that rolls along the inner surface of the drum. As a result of the large difference between the sliding and rolling friction coefficients, the torque required to rotate the drum is reduced. Classification of nanoplates by size is implemented in a cascade of belt filters. The rotary disperser is made with a rotor in the form of a truncated cone, which makes it possible to adjust the gap between the stationary body and the rotating rotor. The modernization of the main machines of the technological scheme made it possible to increase productivity by 1.5 times and reduce specific energy consumption.

Keywords: lubricants, tribological characteristics, graphite nanoplates, graphene, rod drum mill, cascade filtration

Трение в механизмах и машинах является основной причиной износа и, в конечном итоге, поломки. Кроме этого, трение до 30 % увеличивает потребляемую мощность [1]. Для снижения трения используют различные пластичные смазки. Пластичные смазки – это трехкомпонентная среда, состоящая из базового масла, пакета присадок и загустителя, который формирует структуру данной смазки. Основное назначение присадок заключается в улучшении трибологических характеристик смазок [2].

Поскольку для модифицирования пластичных смазок используются частицы, со-

стоящие из нескольких графеновых слоев, в соответствии с терминологией, принятой в Российской Федерации, вместо термина «графен» следует использовать термин «нанопластина графита». Нанопластина – это трехмерный объект, размер которого в одном из направлений менее 100 нм, а в двух других значительно больше. Благодаря своим уникальным физическим, механическим и химическим свойствам нанопластины графита являются потенциально сильным кандидатом в качестве присадки к смазочным материалам, для уменьшения трения и защиты поверхностей от из-

носа [3–5]. Для производства нанопластин графита, по нашему мнению, наиболее перспективной является технология жидкофазной сдвиговой эксфолиации порошка кристаллического графита. Данная технология является экологически чистой, простой, дешевой и, самое главное, легко масштабируемой. Поскольку нанопластины получают непосредственно в базовом масле, их легко равномерно распределить по объему смазки.

Цель данной статьи – совершенствование оборудования для промышленного производства графеносодержащих суспензий и модифицирования пластичных смазок.

Технология и оборудование

В результате экспериментальных исследований процесса производства нанопластин графита жидкофазной сдвиговой эксфолиацией [6–8] предложена технологическая схема их производства и модифицирования ими пластичных смазок [9]. Порошок кристаллического графита и базовое масло, которое является основой пластичной смазки, подлежащей модифицированию, подаются в стержневую барабанную мельницу [10]. В мельнице осуществляются процессы смешивания, механоактивации частиц графита и их предварительная сдвиговая эксфолиация, то есть расслоение. После обработки в смесь добавляют масло, снижая массовую концентрацию графита с 30 до 15–20 мас.%, и подают полученную суспензию на вход каскада роторных аппаратов с подвижными лопастями [11], где осуществляется окончательная эксфолиация графита. Полученную суспензию подают на вход каскада филь-

тров, где осуществляется классификация частиц графита по размерам. В результате фильтрации получают концентрат нанопластин графита с определенным диапазоном размеров. Этот концентрат смешивают с пластичной смазкой и насос-дозатором подают в роторный аппарат [12], где происходит окончательное смешивание нанопластин графита с пластичной смазкой. Результаты экспериментальных исследований при использовании описанной выше технологической схемы показали, что ее основной недостаток заключается в периодическом режиме работы, что ограничивает производительность. Для реализации перехода к непрерывному режиму работы проведена модернизация основных машин, входящих в данную схему [13].

Стержневая барабанная мельница

В результате экспериментальных исследований стержневой барабанной мельницы [6, 10] предложена конструкция мельницы непрерывного действия, схема которой показана на рис. 1 [14].

Основной узел стержневой мельницы состоит из основного барабана 1 (рис. 1, а), первого дополнительного барабана 2, второго дополнительного барабана 3. Дополнительных барабанов может быть больше, но их число четное. Дополнительные барабаны расположены соосно основному барабану и соединены с ним, то есть вращаются с той же скоростью, что и основной барабан. Диаметр каждого дополнительного барабана равен $0,8 \div 0,9$ от диаметра барабана, в котором он размещен, а длина равна $0,9 \div 0,95$ от длины этого барабана.

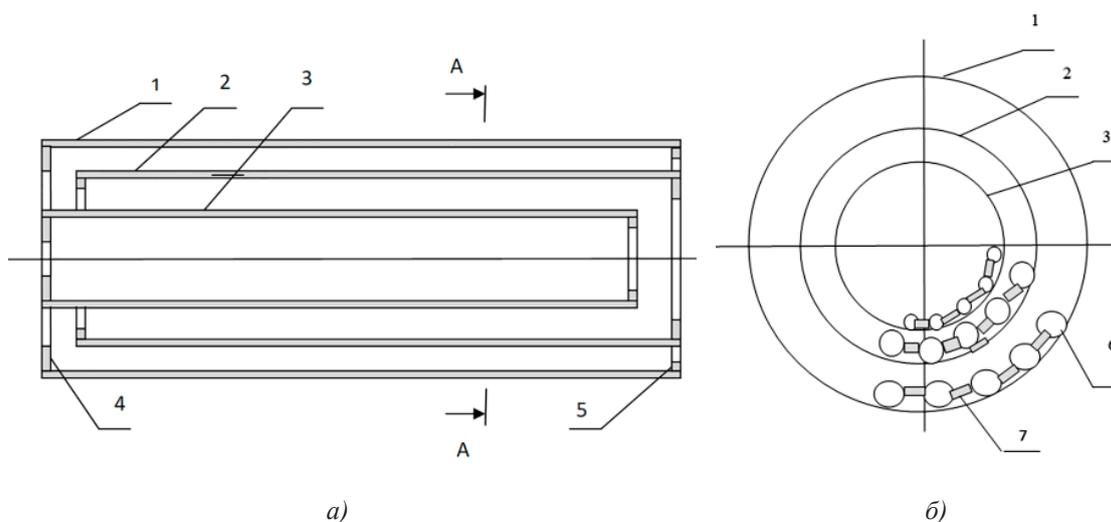


Рис. 1. Схема барабанной стержневой мельницы непрерывного действия: 1 – основной барабан; 2, 3 – дополнительные барабаны; 4 – кольцо на входе в барабан; 5 – кольцо на выходе из барабана; 6 – стержень; 7 – гибкая связь

С двух сторон барабанов установлены подпорные кольца 4 и 5. Внутри каждого барабана размещены стержни 6 (рис. 1, б), соединенные гибкими связями 7, причем масса стержней 4 увеличивается не менее, чем на 10%, от внутреннего барабана 3 к внешнему барабану 1.

Стержневая мельница непрерывного принципа действия работает следующим образом. С загрузочного края (левый край на рис. 1, а) в самый внутренний дополнительный барабан 3 подается исходная смесь базового масла и порошка графита, которая при вращении барабанов перемещается вдоль горизонтальной оси (в дополнительном барабане 3 материал перемещается слева направо). Достигнув выгрузочного края дополнительного барабана 3, смесь перемещается в дополнительный барабан 2 и далее движется вдоль его оси (в дополнительном барабане 2 смесь перемещается справа налево). Достигнув выгрузочного края дополнительного барабана 2, смесь перемещается в основной барабан 1 и далее движется вдоль его оси (в основном барабане 1 смесь перемещается слева направо). Достигнув выгрузочного края основного барабана 1, обработанная смесь выгружается из мельницы. Процесс измельчения закончен. Движение материала в разные стороны происходит потому, что в мельницу непрерывно подается исходная смесь, диаметр отверстия в кольцевых крышках 4, установленных с загрузочного края каждого из барабанов, меньше диаметра отверстия в кольцевых крышках 5, установленных с разгрузочного края каждого из барабанов. При вращении барабанов 1, 2, 3 стержни 6, соединенные между собой гибкими связями 7, сначала неподвижны относительно внутренней поверхности барабанов и поднимаются вверх до положения, при котором скатывающиеся силы (направленные по часовой стрелке на рис. 1, б) не станут равными силам трения стержней 6 о внутреннюю поверхность барабана (направлены против движения часовой стрелки). После достижения указанного состояния равновесия стержни начинают скользить вниз, до тех пор пока силы трения не станут больше сил скатывания. Процесс эксфолиации частиц графита происходит только при скольжении стержней вниз. Таким образом, больше половины времени работы мельницы частицы графита не измельчаются. В стержневой мельнице периодического действия эта проблема решалась фиксацией стержней относительно основания мельницы. В представленном варианте это невозможно, поскольку мешают соединения дополнительных барабанов с основным. Для обеспечения непрерывно-

го скольжения стержней относительно вращающихся барабанов предлагается новая конструкция [15], показанная на рис. 2 (для наглядности, дополнительные барабаны не показаны). В барабане 1 расположены стержни 2, соединенные гибкой связью 3. Кроме основных стержней 2, к гибкой связи подсоединен дополнительный стержень 4, у которого по краям, с возможностью свободного вращения, установлены диски 5, имеющие больший диаметр, чем стержень 4. Масса стержня 4 больше, чем масса стержня 2. При вращении барабана 1 стержень 4 не касается обечайки барабана. За счет того, что коэффициент трения качения дисков 5 в десятки раз меньше, чем коэффициент трения скольжения стержня 4, при определенном положении стержней наступает момент, при котором скатывающиеся силы равны силам трения и основные стержни 2 будут постоянно скользить по внутренней поверхности барабана. Данное положение зависит от массы стержней 2 и стержня 4, а также от соотношения коэффициентов трения качения и скольжения.

Поскольку массы стержней при переходе из одного барабана в другой увеличиваются, интенсивность процесса эксфолиации не уменьшается. Кроме этого, установлено, что при использовании дополнительного стержня 4 уменьшаются энергетические затраты на вращение барабана. Это объясняется тем, что в мельнице периодического действия стержни 2, для обеспечения их постоянного скольжения по внутренней поверхности барабана 1, соединены с основанием мельницы и часть потребляемой энергии затрачивается на преодоление сил трения стержней по внутренней поверхности барабана.

В мельнице непрерывного действия силы трения стержней 2 компенсируются скатывающей силой дополнительного стержня 4, поскольку он не скользит, а катится по внутренней поверхности вращающегося барабана. Работоспособность предлагаемой конструкции стержней проверена на барабанах с диаметрами 200 и 400 мм.

Факт повышения интенсивности процесса за счет последовательного увеличения массы стержней экспериментально проверен следующим образом. На полоску белой бумаги, наклеенную на металлическую пластину, в определенном объеме нанесли поперечную полосу предварительно подготовленной смеси глицерина и порошка кристаллического графита с концентрацией от 10 до 30 мас. %. На бумажную полоску устанавливали два стержня, соединенные между собой гибкой связью (для исключения вращения стержней), и лебедкой перемещали стержни вдоль полоски бумаги.

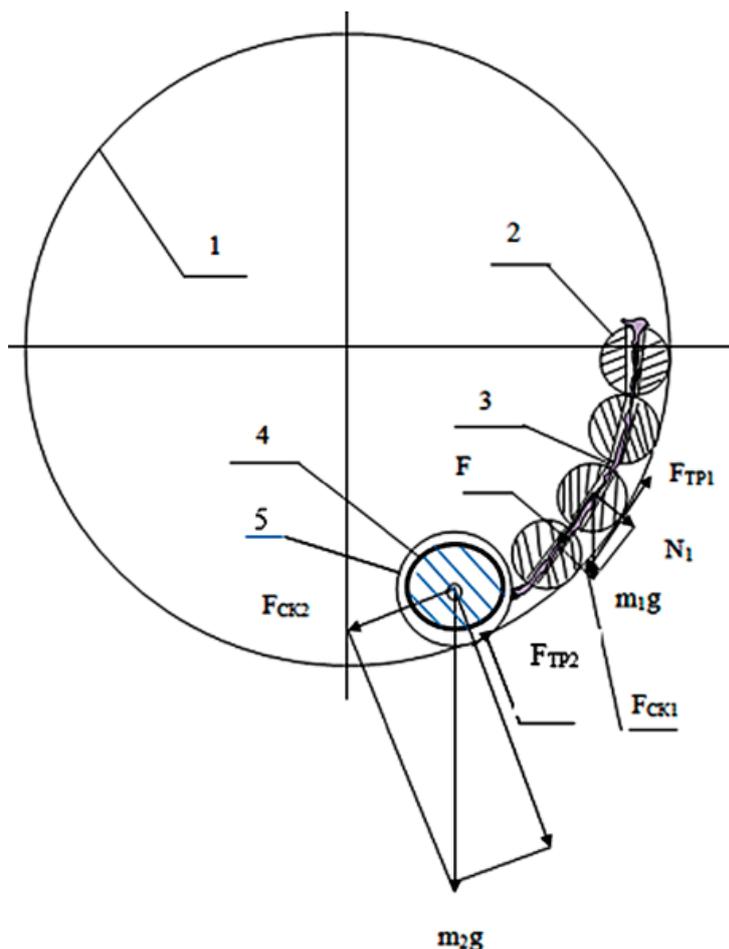


Рис. 2. Схема мелющих стержней с дополнительным стержнем

При скольжении стержней осуществлялась частичная эксфолиация графита и по длине зоны, в которой появлялись следы графита, делали вывод об интенсивности процесса. Затем проводили аналогичные эксперименты, но после определенного числа циклов увеличивали массу стержней не менее чем на 10%. Результаты экспериментов сравнивали и установили, что при последовательном увеличении массы стержней, падение интенсивности процесса эксфолиации уменьшается не менее чем на 5–8%.

В работе [6] было установлено, что эффективность работы стержневой мельницы, при прочих равных условиях, прямо пропорциональна длине пути частицы графита в зоне контакта мелющих стержней с внутренней поверхностью вращающегося барабана, то есть в зоне эксфолиации. Расчеты показывают, что при использовании предлагаемой конструкции с основным барабаном диаметром 1000 мм и шестью дополнительными барабанами с диаметрами 940, 880, 820, 760, 700, 640 мм, длина пути частиц

в зоне эксфолиации в 5,7 раза больше, чем в мельнице с одним барабаном диаметром 1000 мм. Таким образом, предлагаемая конструкция позволяет сократить время эксфолиации и повысить производительность.

Эксфолиация графита

Эксфолиация графита осуществляется в каскаде роторных аппаратов с подвижными лопастями [11]. Аппарат состоит из цилиндрического корпуса, внутри которого установлен ротор с радиальными пазами. В пазах установлены лопасти, которые под действием центробежных сил прижимаются к внутренней поверхности корпуса. Эксфолиация графита осуществляется в зонах контакта лопасти с корпусом. Данный процесс достаточно подробно исследован и в настоящее время обеспечивает непрерывный процесс рассматриваемой технологической схемы. Суспензия из одного аппарата подается в следующий, и в результате многократного попадания в зону эксфолиации из частиц графита образуются нанопластины.

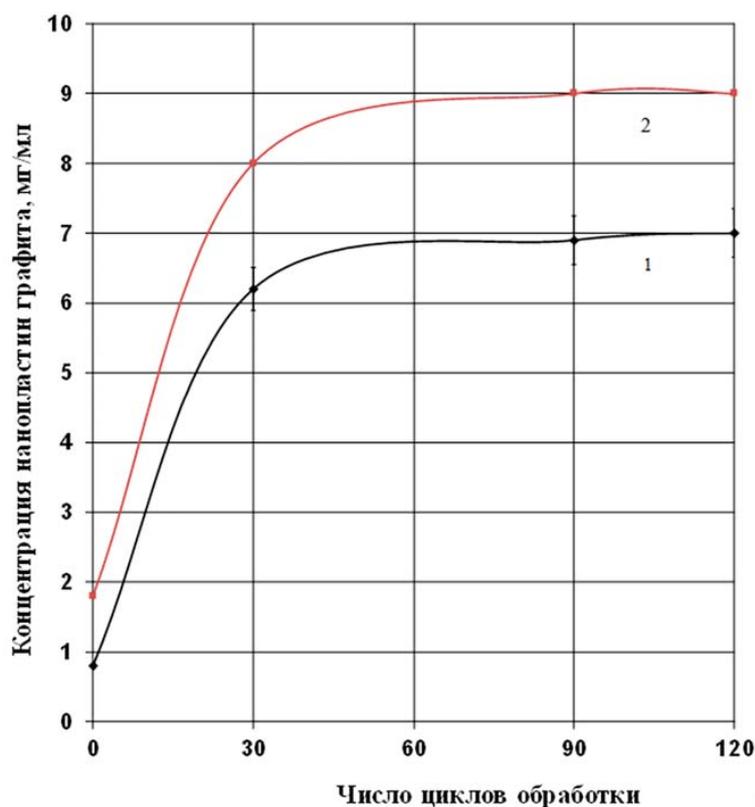


Рис. 3. Зависимости концентрации нанопластин графита от числа циклов обработки: 1 – мельница [10]; 2 – предлагаемая конструкция

При переходе суспензии из одного аппарата в другой в нее добавляется чистое масло, поскольку по мере увеличения концентрации нанопластин в суспензии, интенсивность эксфолиации снижается.

Поскольку основное назначение стержневой барабанной мельницы заключается в подготовке исходной суспензии к окончательной эксфолиации графита, определение влияния предлагаемой конструкции на окончательную эксфолиацию осуществлялось следующим образом. При одинаковой концентрации порошка графита в масле (от 10 до 30 мас. %) проводилась предварительная эксфолиация в используемой ранее [10] и предлагаемой стержневой мельнице. Окончательная эксфолиация осуществлялась в роторном аппарате [11] при одинаковых условиях. После эксфолиации суспензии центрифугировали для получения образцов с одинаковыми диапазонами размеров нанопластин и определяли их концентрацию, по методике, описанной в работе [16]. На рис. 3 показаны зависимости концентрации нанопластин графита от числа циклов обработки. Как видно из графиков, концентрация нанопластин графита, при предварительной обработ-

ке в мельнице предлагаемой конструкции (кривая 2) на 28 % больше, чем при предварительной обработке в одноходовой мельнице [7] (кривая 1). Следует отметить, что и без обработки в роторном аппарате (при числе циклов равном нулю), концентрация нанопластин больше, что свидетельствует об эффективности предлагаемой конструкции.

Каскадное фильтрование

Для разделения нанопластин по размерам предложено использовать каскад ленточных фильтров. Традиционно фильтры используются для разделения суспензий на жидкую и твердую составляющие. В данном случае основная задача заключается в выделении нанопластины с определенным диапазоном размеров, поэтому в каждом последующем фильтре размер отверстий в фильтровальной ленте меньше, чем в предыдущей. Схема ленточного фильтра показана на рис. 4.

Фильтрование осуществляется последовательно на нескольких фильтрах. Приводом 8 прижимают узел уплотнения 7 к ленте 3 и суспензию из емкости 4 насосом 5 подают в камеру 6.

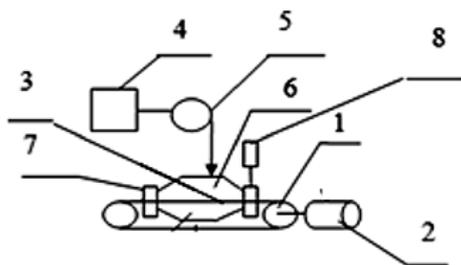


Рис. 4. Схема ленточного фильтра:
1 – ленточный фильтр; 2 – привод;
3 – загрузочная камера; 4 – емкость;
5 – насос; 6 – камера; 7 – узел уплотнения;
8 – привод узла уплотнения

Осуществляется процесс фильтрования, интенсивность которого регулируют за счет избыточного давления над фильтровальной лентой 3 насосом 5. Пористость фильтровальной ленты (ткани) на первом фильтре равна m_{y1} . Осадок (частицы, име-

ющие размер больше заданного $D_{\text{макс}1}$) остается на ленте 3, а фильтрат (суспензия с размером частиц менее $D_{\text{макс}1}$) подается в емкость суспензии узел 4 второго ленточного фильтра.

Блок управления подает команду на привод 8, и узел уплотнения 7 перемещается от фильтровальной ленты 3. После этого блок управления подает команду на привод 2, лента начинает двигаться и осадок, который образовался на ленте в процессе фильтрования, узлом съема осадка удаляется с ленты. После удаления осадка блок управления подает команду на привод 8, и цикл фильтрования повторяется. На втором ленточном фильтре пористость фильтровальной ленты (ткани) равна m_{y2} , которая меньше m_{y1} . Осадок (частицы, имеющие размер больше заданного $D_{\text{макс}2}$) остается на ленте 3, а фильтрат (суспензия с размером частиц менее $D_{\text{макс}2}$) подается в емкость суспензии узел 4 третьего ленточного фильтра.

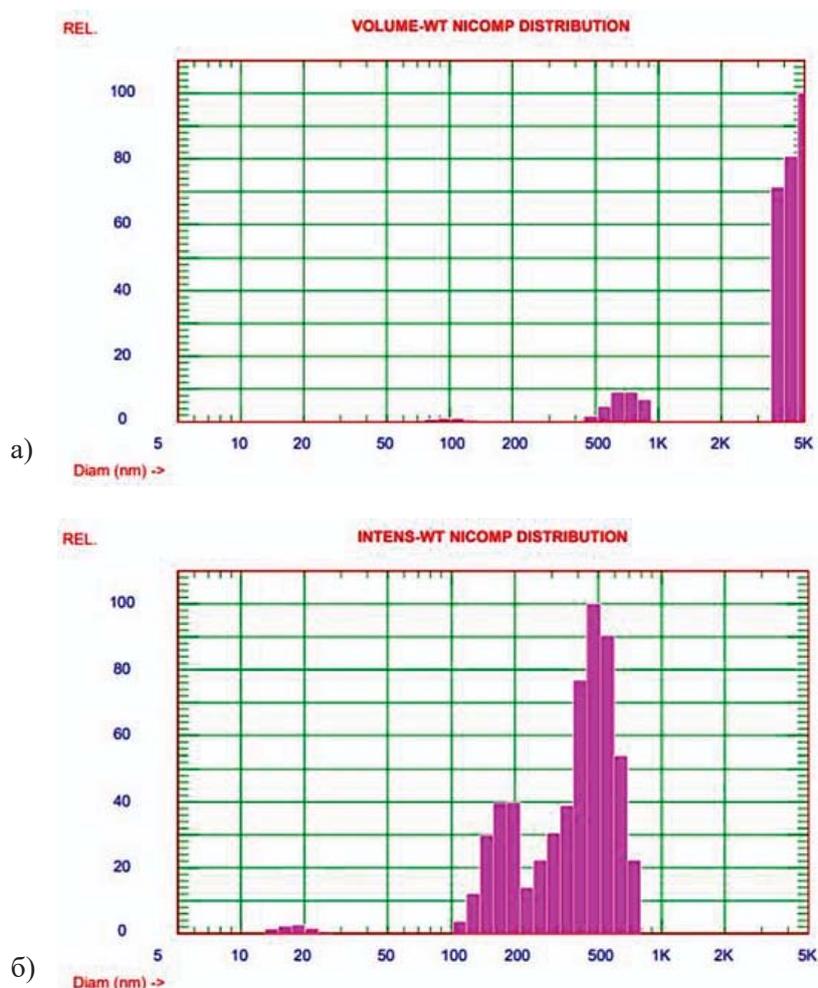


Рис. 5. Гистограммы размеров нанопластин после фильтрации:
а – после первого фильтра; б – после третьего фильтра

На третьем ленточном фильтре пористость фильтровальной ленты (ткани) равна m_{y3} , которая меньше m_{y2} . Осадок (частицы, имеющие размер больше заданного $D_{\text{макс}3}$) остается на ленте 3, а фильтрат (суспензия с размером частиц менее $D_{\text{макс}3}$) используется в виде готового продукта. Осадок с первого фильтра направляется на повторную эксфолиацию, для уменьшения размера частиц. Частицы в осадке со второго фильтра имели размеры меньше $D_{\text{макс}1}$, но больше $D_{\text{макс}2}$, и они использовались для модифицирования пластичной смазки.

На рис. 5 показаны гистограммы распределения частиц, наночастиц графита (графена), после каскадного фильтрования, полученные с помощью наносайзера NISCOMP 3802LS.

Из представленных диаграмм видно, что частицы после первого фильтра (рис. 5, а) имеют средний размер менее 5000 нм (5 мкм), но более 2000 нм (2 мкм), частицы после третьего фильтра имеют размер менее 500 нм (0,5 мкм). Наличие трех пиков на представленных диаграммах можно объяснить тем, что графеновые наночастицы имеют три характерных размера: длина; ширина; толщина.

Модифицирование пластичной смазки

Осадок со второго фильтра смешивают с пластичной смазкой и подают в роторный диспергатор. Экспериментально установлено, что интенсивность процесса обработки смеси в диспергаторе увеличивается на 10% при последовательном уменьшении величины зазора в зоне между корпусом и ротором от 0,2 до 0,08 мм. В диспергаторе [12], который использовался ранее [9], за счет фиксированного перемещения ротора в вертикальном направлении можно изменять указанный зазор только на горизонтальных участках, площадь которых составляет менее 50% от общей площади. Это обстоятельство послужило основанием для разработки новой конструкции диспергатора [13]. Схема образования зазора между неподвижным корпусом и вращающимся ротором показана на рис. 6. За счет выполнения ротора и полости в корпусе в виде усеченных конусов с углами наклона образующих к вертикали равными половине угла при вершинах выступов и впадин, позволяет регулировать зазор по всей площади области эксфолиации, при фиксированном перемещении ротора в вертикальном направлении. Именно это является основным отличием предлагаемой конструкции от известной [12].

Эффективность смешивания проверили экспериментально путем сравнения коэффи-

циентов трения образцов смазок, которые определяли по методике, описанной в работе [17]. Результаты показали, что при использовании смазки Литол 24, модифицированной 0,2% нанопластин графита при контакте шарик – цилиндр из стали ШХ15, время приготовления смеси с одинаковыми коэффициентами трения равными 0,11–0,13, при использовании новой конструкции диспергатора в 1,5 меньше, чем при использовании известной конструкции.

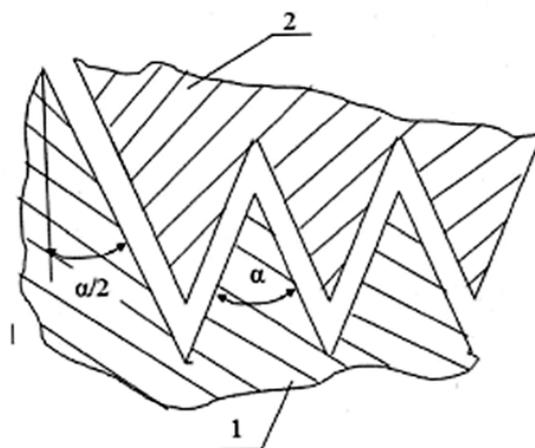


Рис. 6. Схема выступов и впадин диспергатора: 1 – корпус; 2 – ротор

Заключение

За счет использования многоходовой барабанной стержневой мельницы и дополнительного стержня удалось не только осуществить переход от периодического режима работы к непрерывному, но и повысить производительность, при сокращении потребляемой мощности. Каскадное фильтрование суспензии после эксфолиации графита позволило получать концентрат, содержащий нанопластины графита с определенным диапазоном размеров частиц, и сократить время его равномерного распределения в пластичной смазке. Выполнение ротора в виде усеченного конуса обеспечило регулирование зазора по всей зоне эксфолиации и повысило интенсивность смешивания нанопластин графита с пластичной смазкой. Таким образом, в результате усовершенствования стержневой барабанной мельницы, фильтров и роторного диспергатора повышена производительность более чем в 1,5 раза и снижено удельное потребление энергии.

Список литературы

1. Holmberg K, Andersson P, Erdemir A. Global energy consumption due to friction in passenger cars // Tribol Int. 2012. № 47 (0). P. 221–234. DOI: 10.1016/j.triboint.2011.11.022.

2. Sara Zilabi, Mohammad Shareei, Alireza Bozorgian, Amin Ahmadpour, Esmaeil Ebrahimi. A review on Nanoparticle Application as an Additive in Lubricants // *Ad. J. Chem. B.* 2022. № 4 (3). P. 209–221. DOI: 10.22034/ajcb.2022.353097.1125.
3. Berman D., Erdemir A., Sumant A.V. Reduced wear and friction enabled by graphene layers on sliding steel surfaces in dry nitrogen // *Carbon*. 2013. Vol. 59. P. 167–175. DOI: 10.1016/J.CARBON.2013.03.006.
4. Diana Berman, Sanket A. Deshmukh, Subramanian K.R.S. Sankaranarayanan, Ali Erdemir, Anirudha V. Sumant. Macroscale superlubricity enabled by graphene nanoscroll formation // *Science*. 2015. Vol. 348, Is. 6239. P. 1118–1122. DOI: 10.1126/science.1262024.
5. Yanshuang Wang, Xudong Gao, Jianghai Lin, Pu Zhang. Rheological and Frictional Properties of Lithium Complex Grease with Graphene Additives // *Lubricants*. 2022. № 10. P. 57. DOI: 10.3390/lubricants10040057.
6. Жумагалиева Г.Б. Разработка и расчет стержневых барабанных мельниц для производства графеносодержащих концентратов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Тамбов, 2020. 16 с.
7. Аль-Джарах Р.А.С. Разработка и расчет роторных диспергаторов для получения графеносодержащих суспензий: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Тамбов, 2022. 16 с.
8. Алхило З.А.А.А. Разработка и расчет дисковых диспергаторов для производства графеновых концентратов и модифицирования пластичных смазок: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Тамбов, 2021. 16 с.
9. Alhilo Z., Mansour W., Pershin V., Pasko A. Continuous and semi-continuous industrial production of lubricants modified with graphene nanostructures / 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2021. № 1100. P. 012027.
10. Пат. 2670495 Российская Федерация, В 02 С 17/10. Стержневая барабанная мельница / Першин В.Ф., Жумагалиева Г.Б., Меметов Н.Р., Пасько А.А., Ткачев А.Г.; заявл. 26.12.2017; опубл. 23.10.2018, Бюл. № 30.
11. Пат. 2737925 Российская Федерация, МПК С01В 32/186, В82У 40/00. Способ получения графеносодержащих суспензий эксфолиацией графита и устройство для его реализации / Першин В.Ф., Аль-Джарах Р.А., Мансур В., Баранов А.А., Воробьев А.М., Мелехин Д.Д., Меметов Н.Р., Осипов А.А., Пасько А.А., Ткачев А.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет». № 2019141021; заявл. 12.12.2019; опубл. 04.12.2020, бюл. № 34. 14 с.
12. Пат. 2743523 Российская Федерация С 01 В 32/19. Способ получения графеносодержащих суспензий и устройство для его осуществления / Першин В.Ф., Алхило З.А.А.А., Баранов А.А., Воробьев А.М., Осипов А.А., Ткачев А.Г.; заявл. 12.12.2019; опубл. 19.02.2021, Бюл. № 5.
13. Першин В.Ф., Альдавуд С.С.Ю., Альгураби А., Баити А., Салхи Х. Модифицирование пластичных смазок нанопластинами графита // *Инновации в науке и практике: сборник научных статей по материалам XII Международной научно-практической конференции* (г. Уфа, 5 мая 2023 г.). Ч. 1. Уфа, 2023. С. 158–165.
14. Пат. 2792428 Российская Федерация С1 Стержневая барабанная мельница непрерывного принципа действия / Першин В.Ф., Альдавуд С.С.Ю., Осипов А.А.; заявл. 12.07.2022; опубл. 22.03.2023. Бюл. 9.
15. Пат. 2805070 Российская Федерация В02С 17/18 Стержневая барабанная мельница / Першин В.Ф., Альдавуд С.С.Ю., Осипов А.А.; заявл. 28.11.2022; опубл. 11.10.2023. Бюл. № 29.
16. Жумагалиева Г.Б. Разработка и расчет стержневых барабанных мельниц для производства графеносодержащих концентратов: дис. ... канд. техн. наук. Тамбов, 2020. 161 с.
17. Алхило З.А.А.А. Разработка и расчет дисковых диспергаторов для производства графеновых концентратов и модифицирования пластичных смазок: дис. ... канд. техн. наук. Тамбов, 2021. 203 с.

УДК 519.6
DOI 10.17513/snt.39882

РЕФРАКЦИОННЫЕ ИСКАЖЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛА В ВОЗМУЩЕННОМ ИНФОРМАЦИОННОМ КАНАЛЕ С КОНЕЧНОЙ КРИВИЗНОЙ

¹Ким Д.Б., ²Афанасьев Н.Т., ²Лукьянцев Д.С.,

¹Ситов И.С., ²Танаев А.Б., ²Чудаев С.О.

¹ФГБОУ ВО «Братский государственный университет», Братск;
²ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Иркутск,
e-mail: spacemaklay@gmail.com

На основе численного решения лучевых дифференциальных уравнений проведено математическое моделирование траекторных характеристик и рефракционного ослабления потока энергии сигнала при распространении в возмущенном информационном канале с конечной кривизной. Рассмотрены регулярные модели диэлектрической проницаемости канала, заданные детерминированными функциями. Выполнено тестирование вычислительной схемы путем сравнения результатов расчетов с аналитическими решениями для рефракционных характеристик сигнала, полученными для простой модели диэлектрической проницаемости канала. Результаты сравнения показали высокую точность численных расчетов. Предложенная схема вычислений достаточно универсальна и позволяет включить дополнительные дифференциальные уравнения для расчета групповой и фазовой задержек сигнала. Приведены примеры численных экспериментов в задачах распространения сигналов в каналах с конечной кривизной. Рассмотрены каналы передачи сигналов в околоземном, околосолнечном и межзвездном пространстве. С помощью численных расчетов выявлены особенности рефракционных искажений сигналов под воздействием волнообразных возмущений в ионосфере, вследствие влияния неоднородностей околосолнечной плазмы и в результате изменения кривизны пространства в окрестности массивных гравитационных объектов в межзвездной среде. Поставленные численные эксперименты показали высокую эффективность предложенной вычислительной схемы для оценки траекторных характеристик и рефракционного ослабления потока энергии сигнала в канале, подверженном детерминированным воздействиям.

Ключевые слова: информационный канал, сигнал, траекторные характеристики, лучевая расходимость, математическое моделирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проекты FZZE-2020-0024, FZZE-2023-0004), с использованием уникальной научной установки «Астрофизический комплекс МГУ-ИГУ» (договор EB-075-15-2021-675).

REFRACTION DISTORTIONS OF CHARACTERISTICS OF SIGNAL IN DISTURBED INFORMATION CHANNEL WITH FINITE CURVE

¹Kim D.B., ²Afanasev N.T., ²Lukyantsev D.S.,

¹Sitov I.S., ²Tanaev A.B., ²Chudaev S.O.

¹Bratsk State University, Bratsk;
²Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: spacemaklay@gmail.com

On the basis of numerical calculation of light differential equations mathematical modeling of trajectory characteristics and refraction weakening of energetic stream of signal at propagation in disturbed informational channel is performed. Regular models of dielectric permittivity of channel specified deterministic functions are considered. Testing of calculating scheme is performed by comparison of results of calculations with analytical solutions for refraction characteristics of signal obtained for easy model of dielectric permittivity of channel. Results of comparison demonstrate high accuracy of numerical calculations. Suggested scheme of calculation is sufficiently universal and allows to append additional differential equations for calculation of group and phase delays of signal. Examples of numerical experiments in task of propagation of signal in channels with finite curve are presented. Channels of sending of signal in near-Earth, near-Sun and interstellar space are considered. Features of refraction distortions of signal under impact of wave-like inhomogeneities in ionosphere, due to influence of inhomogeneities of near-Sun plasma and in results changing of curve of space in area of massive gravitational objects in interstellar medium are identified with help numerical calculations. Performed numerical experiments have been demonstrated high efficiency of suggested calculating scheme for estimation of trajectory characteristics and refraction weakening of energetic stream of signal in channel influenced by deterministic impacts.

Keywords: informational channel, signal, trajectory characteristics, light divergence, mathematical modeling

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (projects FZZE-2020-0024, FZZE-2023-0004), using the unique scientific installation “Astrophysical Complex MGU-IGU” (contract EB-075-15-2021-675).

Для анализа особенностей распространения сигналов в информационных каналах различного назначения часто используется модель канала с бесконечной кривизной [1; 2; 3, с. 15; 4, с. 21]. Данное приближение в ряде случаев вполне оправдано и существенно упрощает расчет характеристик сигнала путем введения декартовой системы координат. Между тем известны задачи, когда учет конечной кривизны канала имеет принципиальное значение. Например, при распространении сигналов на космических трассах необходимо принимать во внимание кривизну поверхности Земли, сферичность околосолнечной и межзвездной среды.

Эффективным методом расчета характеристик сигналов в информационных каналах является приближение геометрической оптики [5, с. 140]. При кажущейся простоте и наглядности геометрической оптики решение лучевых дифференциальных уравнений в возмущенных условиях вызывает затруднение даже в случае бесконечного радиуса кривизны канала. Тем более не представляется возможным получить точное аналитическое решение системы нелиней-

ных дифференциальных уравнений первого порядка в канале с конечной кривизной. Между тем решение лучевых уравнений можно найти путем их численного интегрирования каким-либо из хорошо апробированных численных методов [6, с. 237]. Применение численного интегрирования в ряде случаев оказывается более продуктивным по сравнению с использованием упрощенных аналитических расчетов. Более того, с помощью численных расчетов можно визуализировать зависимости характеристик сигнала в широком диапазоне начальных параметров задачи.

Цель настоящей работы заключается в создании эффективной вычислительной схемы расчета рефракционных искажений сигнала в возмущенном информационном канале с конечной кривизной.

Основные аналитические соотношения

Для расчета траекторных характеристик и рефракционного ослабления потока энергии сигнала в возмущенном информационном канале использовалась расширенная система лучевых дифференциальных уравнений [5, с. 159]:

$$\frac{dR}{d\varphi} = R \cot \beta; \quad \frac{d\beta}{d\varphi} = \frac{1}{2\varepsilon} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \varphi} \cot \beta - R \frac{\partial \varepsilon}{\partial R} \right) - 1; \quad \frac{dR'}{d\varphi} = R' \cot \beta - \frac{\beta'}{\sin^2 \beta}; \quad (1)$$

$$\frac{d\beta'}{d\varphi} = -\frac{R'}{2\varepsilon^2} \frac{\partial \varepsilon}{\partial R} \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \varphi} \cot \beta - R \frac{\partial \varepsilon}{\partial R} \right) + \frac{1}{2\varepsilon} \left(R' \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial \varphi \partial R} \cot \beta - \frac{\partial \varepsilon}{\partial \varphi} \frac{\beta'}{\sin^2 \beta} - R' \frac{\partial \varepsilon}{\partial R} - RR' \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial R^2} \right),$$

где R, φ – радиальная и угловая координаты луча; β – угол рефракции; $\varepsilon(R, \varphi)$ – диэлектрическая проницаемость канала; $R' = \partial R / \partial \beta_n$; $\beta' = \partial \beta / \partial \beta_n$.

Рефракционное ослабление потока энергии сигнала оценивалось с помощью фактора фокусировки:

$$I = \lg \left| \frac{\sin \beta_n R_0(\varphi_0) \varphi_0}{\sin \beta(\varphi) \sin \varphi R(\varphi) R'(\varphi)} \right|, \quad (2)$$

где $R_0(\varphi_0), \varphi_0$ – радиальная и угловая координаты луча при распространении в невозмущенном информационном канале.

Для тестирования численных расчетов важно иметь аналитическое решение системы (1) в некотором частном случае. Проводя в системе (1) замену переменных:

$R = R_{Earth} + z$, $\varphi = x/R_{Earth}$ и выполняя предельный переход $R_{Earth} \rightarrow \infty$, получаем систему дифференциальных уравнений в плоском случае. Эта система допускает точное аналитическое решение для модели диэлектрической проницаемости вида

$$\varepsilon(z) = 1 - \left(\frac{f_{cr}}{f} \right)^2 \left(1 - \left(\frac{z - z_m}{y_m} \right)^2 \right), \quad (3)$$

где f_{cr} – критическая частота; z_m – высота минимума диэлектрической проницаемости; $y_m = z_m - z_n$ – полутолщина слоя; z_n – высота начала слоя. С учетом закона Снеллиуса [5, с. 153]:

$$\varepsilon \sin^2 \beta = \sin^2 \beta_n, \quad (4)$$

решение системы (1) имеет вид

$$z(x) = z_m + \frac{K^2 - P^2}{2K}; \quad \beta(x) = \operatorname{arccot}\left(\frac{K^2 + P^2}{2KM}\right);$$

$$z'(x) = \frac{(2KM^3 - K(K^2 + P^2)x)\cot\beta_n - M^2(K^2 + P^2)\exp[x/M]}{2K^2M}; \quad (5)$$

$$\beta'(x) = 2 \frac{(2KM^3 + KM(K^2 + P^2) + K(K^2 - P^2)x)\cot\beta_n + M^2(K^2 - P^2)\exp[x/M]}{(2KM)^2 + (K^2 + P^2)^2},$$

где β_n – начальный угол излучения,

$$M = y_m \left(\frac{f}{f_{cr}}\right) \sin\beta_n; \quad K = y_m \left(\left(\frac{f}{f_{cr}}\right) \cos\beta_n - 1\right) \exp[x/M]; \quad P = y_m \sqrt{\left(\left(\frac{f}{f_{cr}}\right)^2 \cos^2\beta_n - 1\right)}. \quad (6)$$

Решения (5), (6) получены в случае, когда источник сигнала находился в канале на высоте z_n .

Тестирование вычислительной схемы

Тестирование численных расчетов было выполнено при начальных условиях:

$\beta(\varphi = 0) = \beta_n$, $R'(\varphi = 0) = 0$, $\beta'(\varphi = 0) = 1$,
 угол β_n изменялся в секторе $[0.15; 1.05] \text{ rad}$.
 Источник сигнала находился в точке

$R(\varphi = 0) = R_n = R_{Earth}$. Высота минимума диэлектрической проницаемости $R_m = (R_{Earth} + 350) \text{ км}$, критическая частота $f_{cr} = 9 \text{ МГц}$. Результаты моделирования представлены на рис. 1, откуда следует, что при распространении сигнала в слое информационном канале кривые, рассчитанные с помощью численной схемы и по аналитическим формулам (5), (6), совпадают с хорошей точностью.

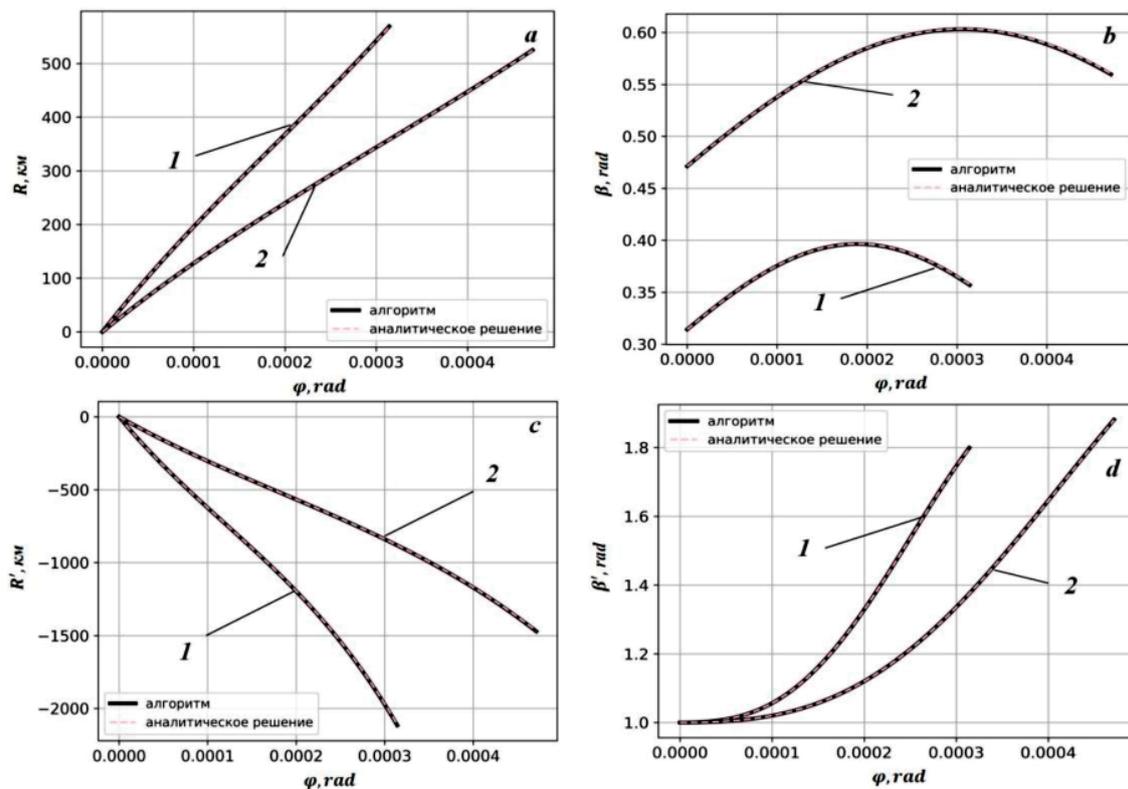


Рис. 1. Сравнение численных и аналитических расчетов рефракционных характеристик сигнала: а – $R(\varphi)$; б – $\beta(\varphi)$; в – $R'(\varphi)$; д – $\beta'(\varphi)$, – при различных значениях прицельного параметра β_n : 0.314 rad (1) и 0.473 rad (2)

Моделирование показало, что порядок расхождения кривых на рис. 1 составляет в среднем 10^{-4} rad . Таким образом, численная схема расчета системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка может быть использована для математического моделирования рефракционных характеристик сигналов в возмущенных ионосферных каналах с более сложными аналитическими функциями диэлектрической проницаемости.

Численные эксперименты

С использованием предложенной схемы расчета были поставлены численные эксперименты. Прежде всего, был рассмотрен канал передачи сигнала в околоземном пространстве. На основе (1), (2) рассчитывались зависимости фактора фокусировки сигнала на различных рабочих частотах. Модель диэлектрической проницаемости возмущенного канала задавалась в виде [7, с. 480]:

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{f_{cr}}{f} \right)^2 \exp \left[- \left(\frac{R - R_L}{a_R} \right)^2 \right] \left(1 + \chi \sin \left(\frac{2\pi}{\eta_R} (R - R_L) \right) \right), \quad (7)$$

где R_L – радиальная координата максимума ионизации ионосферы; a_R – полутолщина ионосферного слоя; χ, η_R – интенсивность и длина волны (в км) возмущения соответственно. Результаты расчетов фактора фокусировки представлены на рис. 2.

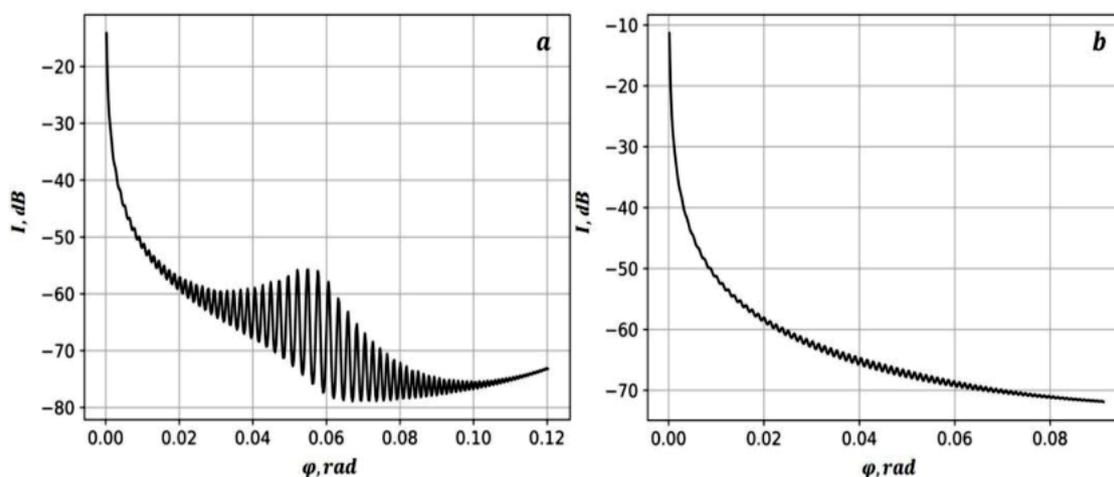


Рис. 2. Динамика фактора фокусировки сигнала в ионосферном канале на различных рабочих частотах: $f_1 = 13 \text{ МГц}$ (а) и $f_2 = 19 \text{ МГц}$ (б).
 $f_{cr} = 9 \text{ МГц}$; $R_L = 6721 \text{ км}$; $a_R = 290 \text{ км}$; $\chi = 0.5$; $\eta_R = 10$; $\beta_n = 0.66 \text{ rad}$

Из рис. 2 следует, что в зависимости от рабочей частоты сигнала в ионосферном канале возникают особенности в распределении значений фактора фокусировки. В случае более низкой частоты (рис. 2, а) хорошо видны осцилляции амплитуды, связанные с колебаниями критической частоты ионосферы, вызванные волнообразным возмущением электронной плотности. Глубина этих осцилляций определяется близостью возмущенных траекторий к траекториям в свободном пространстве. Для более высокой рабочей частоты сигнала (рис. 2, б) отмечается малая глубина осцилляций амплитуды, что связано с уменьшением воздействия

волнообразного возмущения на распространение сигнала. Следует заметить, что в рассматриваемых случаях осцилляции амплитуды связаны именно с колебаниями критической частоты ионосферы, а не с образованием областей фокусировок. Расчеты, проведенные на основе уравнений (1), (2), показали отсутствие участков $R' = 0$ на траекториях сигнала.

Другой численный эксперимент был поставлен для канала просвечивания околосолнечной плазмы в условиях коронального выброса массы (КВМ) [8]. Модель диэлектрической проницаемости возмущенного канала задавалась в виде

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{f_{pl}}{f} \right)^2 \left(\frac{R_m}{R} \right)^2 \left[1 - \mu \exp \left[- \left(\frac{R - R_L}{a_R} \right)^2 - \left(\frac{\varphi - \varphi_L}{a_\varphi} \right)^2 \right] \right]; \quad (8)$$

где f_{pl} – плазменная частота на некотором расстоянии $R_m = 5R_s$ от центра Солнца; R_s – радиус Солнца; μ – безразмерный параметр полости КВМ; R_L, φ_L – радиальная и угловая координаты центра КВМ; a_R, a_φ – радиальный и угловой масштабы коронального возмущения соответственно.

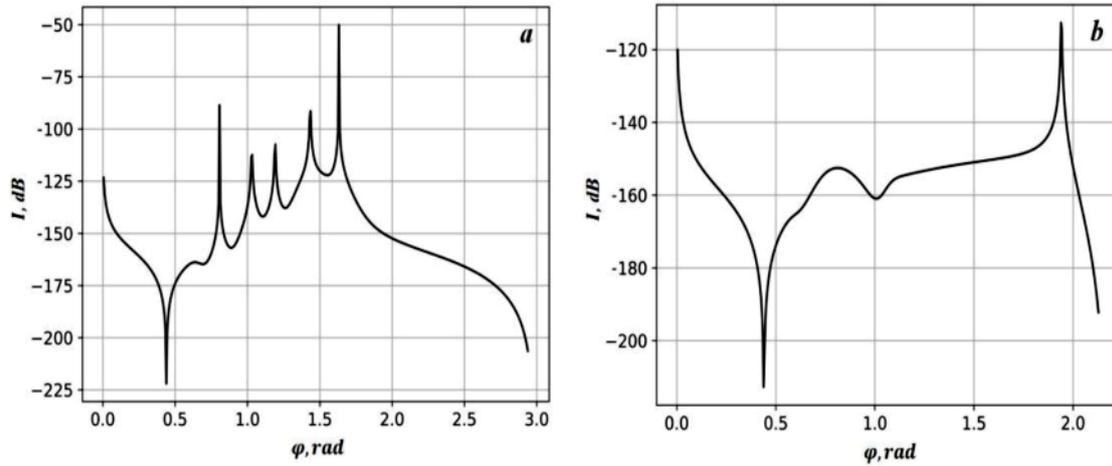


Рис. 3. Фактор фокусировки сигнала в канале просвечивания околосолнечной плазмы для $f_1 = 25$ МГц (а) и $f_2 = 35$ МГц (б)
 $f_{pl} = 19$ МГц; $\mu = 1.7$; $R_L = 5R_s$; $\varphi_L = 0.4$ rad; $a_R = 0.15R_s$; $a_\varphi = 0.63$ rad; $\beta_n = -0.42$ rad

На рис. 3 представлены результаты расчетов на основе (1), (2) фактора фокусировки сигнала в околосолнечной плазме на различных рабочих частотах. На более низкой частоте $f = 25$ МГц (рис. 3, а) видны последовательные осцилляции фактора фокусировки, связанные с волноводным распространением сигнала в полости КВМ. Волноводный механизм распространения сигнала возможен на низких рабочих частотах, когда воздействие окружающей плазмы значительно. На более высоких частотах (рис. 3, б) можно отметить участок, связанный с проникновением сигнала в полость КВМ и выходом из нее. Между тем рефракционного волновода в таких условиях не возникает. Следует также отметить, что пути распространения сигналов в возмущенном кана-

ле на различных рабочих частотах существенно отличаются.

Также был поставлен численный эксперимент для канала распространения сигнала в межзвездной среде в окрестности массивных гравитационных объектов. Одним из следствий общей теории относительности (ОТО) [9, с. 172] является то, что процесс распространения волн в искривленном (римановом) пространстве можно приближенно представить как процесс распространения волн в эвклидовом пространстве с эффективным показателем преломления $n = \sqrt{\varepsilon}$, учитывающим гравитационный потенциал объекта. Для расчета влияния гравитационного поля на рефракционные характеристики сигнала в канале в межзвездной среде, использовалась модель диэлектрической проницаемости вида

$$\varepsilon = \left(1 + \frac{R_g}{R} + \sum_{i=1}^N A_i \exp[-b_{Ri}^2 (R - R_{Li})^2 - b_{\varphi i}^2 (\varphi - \varphi_{Li})^2] \right)^2, \quad (9)$$

где R_g – гравитационный радиус основного объекта; N – количество дополнительных объектов; $A_i, \varphi_{Li}, R_{Li}, b_{\varphi i}, b_{Ri}$ – соответственно доля вклада, координаты локализации и масштабы возмущения показателя преломления, вызванного i -м объектом.

На рис. 4 представлены результаты расчета фактора фокусировки сигнала на основе уравнений (1), (2). В определенных диапазонах начальных углов излучения нетрудно заметить появление ряда осцилляций. Такие осцилляции возникают вследствие влияния системы гравитационных объектов. В результате образующегося гра-

витационного волновода существенно возрастает путь сигнала в канале межзвездного пространства. Также существуют диапазоны начальных углов излучения сигнала, в которых эффекты влияния гравитационного поля группы объектов относительно малы, что соответствует распространению сигнала вблизи одного из объектов.

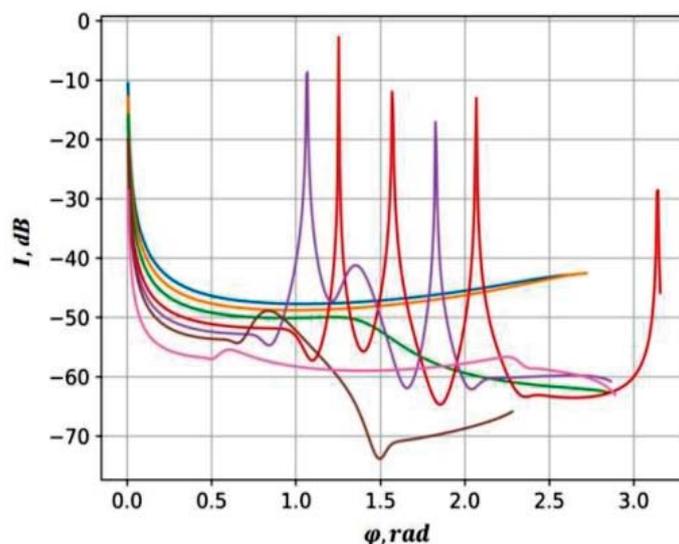


Рис. 4. Результаты расчетов фактора фокусировки сигнала при распространении в межзвездной среде в окрестности группы гравитационных объектов

$$R_g = 1 \text{ cul} \text{ (cul – условная единица длины); } \beta_n \in [-0.314; -0.082] \text{ rad};$$

$$A_1 = 0.5; R_{L1} = 10 \text{ cul}; \varphi_{L1} = 0.4 \text{ rad}; b_{R1} = 1.23 \text{ cul}^{-1}; b_{\varphi1} = 1.23 \text{ rad};$$

$$A_2 = 0.5; R_{L2} = 10 \text{ cul}; \varphi_{L2} = 0.5 \text{ rad}; b_{R2} = 1.23 \text{ cul}^{-1}; b_{\varphi2} = 1.23 \text{ rad}.$$

Заключение

Приведены результаты математического моделирования траекторных характеристик и рефракционного ослабления потока энергии сигнала в возмущенном информационном канале с конечной кривизной. Численные расчеты выполнены в лучевом приближении и основаны на интегрировании обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Для простой слоистой модели диэлектрической проницаемости канала получены аналитические решения для траекторных характеристик и лучевой расходимости сигнала. Проведена проверка результатов математического моделирования путем их сравнения с результатами аналитических расчетов. Проверка показала высокую точность численного интегрирования дифференциальных уравнений. Предложенная численная

схема расчета достаточно универсальна и допускает включение дополнительных дифференциальных уравнений для расчета групповой и фазовой задержек сигнала. Представлены примеры реализации вычислительной схемы для решения задач распространения сигналов в возмущенных каналах с конечной кривизной. С помощью численных расчетов выявлены особенности рефракционных искажений трансферных сигналов под воздействием волнообразных ионосферных возмущений, показана возможность наземного наблюдения сигнала залимбового радиостанции в случае образования в солнечной короне области пониженной электронной плотности и рассчитана сложная интерференционная картина поля сигнала при его распространении в гравитационном поле группы гравитационных объектов в межзвездной среде.

Список литературы

1. Ким Д.Б., Афанасьев Н.Т., Танаев А.Б., Чудаев С.О. Экспресс-диагностика характеристик сигнала в условиях неопределенности параметров канала связи // *Современные наукоемкие технологии*. 2023. № 8. С. 33–38.
2. Агеева Е.Т., Афанасьев Н.Т., Ким Д.Б., Чудаев С.О. Оперативные алгоритмы расчета характеристик лучевых полей в стохастических неоднородных средах // *Современные наукоемкие технологии*. 2019. № 2. С. 9–14.
3. Долуханов М.П. Оптимальные методы передачи сигналов по линиям радиосвязи. Изд. 2 URSS. 2021. 176 с.
4. Липкин И.А. Статистическая радиотехника. Теория информации и кодирования. М.: Вузовская книга, 2019. 214 с.
5. Kravtsov Yu.A., Orlov Yu.I. Geometrical Optics of Inhomogeneous Media. Berlin: Springer-Verlag Publ., 1990. 312 p.
6. Калиткин Н.Н. Численные методы. СПб.: БХВ, 2014. 592 с.
7. Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. М.: Наука, 1972. 564 с.
8. Stanislavsky A.A. and et.al. CME and frequency cut-off of solar bursts // *Sun and Geosphere*, 2016. Vol. 11, Is. 2. P. 91–95.
9. Алексеев С.О., Памятных Е.А., Урсулов А.В., Третьякова Д.А., Ранну К.А. Введение в общую теорию относительности, ее современное развитие и приложения. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2015. 382 с.

УДК 519.2

DOI 10.17513/snt.39883

ИНДИКАТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кудрявцева С.С., Зиятдинов Н.Н., Лаптева Т.В., Титовцев А.С.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань,
e-mail: sveta516@yandex.ru, nnziat@yandex.ru, tanlapteva@yandex.ru, notna6683@mail.ru

Актуальность статьи обусловлена необходимостью разработки научных подходов, позволяющих оценивать эффективность внедрения инструментов бережливого производства в промышленности на основе синтеза наук – теории управления, организации производства, математической статистики. Цель статьи заключается в построении индикативной экономико-математической модели производственной функции, позволяющей оценить эффективность внедрения инструментов бережливого производства в промышленности. Достижение цели исследования обеспечивается решением следующих научных задач: систематизировать методы управления бережливым производством на промышленных предприятиях; сформировать перечень индикаторов моделирования внедрения технологий бережливого производства в промышленности; построить модель производственной функции для бережливого производства. По результатам исследования сформулированы следующие выводы: многообразие инструментов бережливого производства охватывает все составляющие производственного процесса – оптимизация потока создания ценности, обеспечение качества, эффективность управления персоналом, что позволяет говорить о комплексности методологии бережливого производства; внедрение инструментов бережливого производства на промышленных предприятиях дает возможность повысить эффективность процесса производства, обеспечивая прирост доли высокотехнологичной продукции в валовой добавленной стоимости, индекса производства высокотехнологичных секторов и высокопроизводительных рабочих мест; более сильное воздействие на прирост доли высокотехнологичной продукции в величине валовой добавленной стоимости оказывает индикатор материальной составляющей, выраженный в росте индекса производства высокотехнологичной промышленности, по сравнению с интеллектуальной составляющей – числом высокопроизводительных рабочих мест; выявлена тенденция убывающей отдачи эффективности от внедрения инструментов бережливого производства в промышленности, что может быть связано с действием механизмов запаздывания между инвестициями и результатами использования бережливых технологий, неблагоприятной внешнеэкономической конъюнктурой и рядом других вопросов, требующих детальной проработки и решения.

Ключевые слова: моделирование, бережливое производство, эффективность, промышленность, индекс производства высокотехнологичных секторов, высокопроизводительные рабочие места, валовая добавленная стоимость, высокотехнологичное производство

INDICATIVE MODELING OF THE EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION TOOLS IN INDUSTRY

Kudryavtseva S.S., Ziyatdinov N.N., Lapteva T.V., Titovtsev A.S.

Kazan National Research Technological University, Kazan,
e-mail: sveta516@yandex.ru, nnziat@yandex.ru, tanlapteva@yandex.ru, notna6683@mail.ru

The relevance of the article is related to the need to develop scientific approaches that allow assessing the effectiveness of implementing lean production tools in industry based on a synthesis of sciences - management theory, production organization, and mathematical statistics. The purpose of the article is to construct an indicative economic and mathematical model of the production function, which allows us to assess the effectiveness of the implementation of lean production tools in industry. Achieving the research goal is ensured by solving the following scientific tasks: systematize methods of managing lean production at industrial enterprises; create a list of indicators for modeling the implementation of lean production technologies in industry; build a production function model for lean manufacturing. Based on the results of the study, the following conclusions were drawn: the variety of lean manufacturing tools covers all components of the production process - value stream optimization, quality assurance, personnel management efficiency, which allows us to speak about the complexity of the lean manufacturing methodology; the introduction of lean production tools at industrial enterprises makes it possible to increase the efficiency of the production process, ensuring an increase in the share of high-tech products in gross value added, the production index of high-tech sectors and high-performance jobs; the indicator of the material component, expressed in the growth of the high-tech industry production index, compared to the intellectual component - the number of high-performance jobs; a trend of diminishing returns to efficiency from the introduction of lean production tools in industry has been identified, which may be due to the effect of lag mechanisms between investments and the results of using lean technologies, unfavorable foreign economic conditions and a number of other issues that require detailed study and solutions.

Keywords: modeling, lean manufacturing, efficiency, industry, high-performance jobs, high-tech sector production index, gross value added, high-tech manufacturing

Актуальность статьи обусловлена необходимостью разработки научных подходов, позволяющих оценивать эффективность внедрения инструментов бережливого производства в промышленности на основе синтеза наук – теории управления, организации производства, математической статистики и ряда других научных дисциплин. Вопросы эффективности бережливого производства имеют различные аспекты своего раскрытия и совершенствования методологии. В частности, следует отметить такие ключевые направления изучения данной тематики, как информационное обеспечение бережливого производства [1], экономическая и производственная эффективность бережливого производства [2, 3], отраслевые эффекты от использования инструментов бережливого производства [4], бережливое производство в контексте производственной системы промышленного предприятия [5, 6, 7] и др. Однако в недостаточной мере раскрыты вопросы индикативного моделирования эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленности на основе использования комплексных моделей и показателей, характеризующих развитие высокотехнологичной промышленности. Данные положения предопределили выбор тематики статьи, постановку цели, задач исследования, выбор методов исследования.

Цель статьи заключается в построении индикативной экономико-математической модели производственной функции, позволяющей оценить эффективность внедрения инструментов бережливого производства в промышленности. Достижение цели исследования обеспечивается решением следующих научных задач:

- систематизировать методы управления бережливым производством на промышленных предприятиях;
- сформировать перечень индикаторов моделирования внедрения технологий бережливого производства в промышленности;
- построить модель производственной функции для бережливого производства.

Материалы и методы исследования

В качестве методов исследования при написании статьи использован метод обобщения, который позволил на основе систематизации научных подходов по вопросам методологии бережливого производства обобщить методы управления бережливым производством на промышленных предприятиях. Для построения индикативной модели эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленно-

сти использована модель производственной функции Кобба–Дугласа [8], имеющая вид:

$$Y = A \times K^{\alpha} \times L^{\beta},$$

где Y – независимый индикатор модели, характеризующий эффективность конечного результата;

K – индикатор производства (капитал, выпуск, материальная составляющая производства и т.п.);

L – индикатор труда (трудозатраты, человеческий капитал, интеллектуальный капитал и т.п.);

α, β – коэффициенты модели производственной функции.

В качестве информационной базы для моделирования применены агрегированные данные Федеральной службы государственной статистики по промышленности [9]. Динамический ряд индикаторов включал период 2017–2022 гг. В качестве инструмента моделирования использован программный продукт Statistica.

Результаты исследования и их обсуждение

Бережливое производство позволяет устранить все виды потерь, сократить логистический и производственный циклы, сократить запасы предприятия, оптимизировать бизнес-процессы предприятий. Методика управления бережливым производством направлена на систематизацию трех групп методов – методов оптимизации потока создания ценностей, методов обеспечения качества, методов эффективного управления персоналом. Обобщение методов управления бережливым производством на промышленных предприятиях представлено на рисунке 1.

Бережливое производство (LM) – это интегрированный набор принципов, практик, инструментов и методов, предназначенных для устранения коренных причин низкой операционной эффективности. Это систематический подход к устранению источников потерь из всех потоков создания ценности с целью устранения разрыва между фактической производительностью и требованиями клиентов и акционеров. Таким образом, цель Lean – оптимизировать стоимость, качество и доставку при одновременном повышении безопасности. Соответственно, Lean пытается устранить три основных типа производственных потерь: потери, изменчивость и негибкость [10].

Бережливое производство как секретное оружие отвечает за устранение потерь и улучшение качества, а следовательно, за снижение затрат внутри организаций.



Рис. 1. Обобщение методов управления бережливым производством на промышленных предприятиях

Бережливое производство – это комплексная философия для структурирования, эксплуатации, контроля, управления и постоянного улучшения систем промышленного производства. Целью Lean является сокращение потерь человеческих усилий, запасов, времени вывода на рынок и производственных площадей, чтобы максимально оперативно реагировать на запросы клиентов и производить продукцию мирового класса наиболее эффективным и экономичным способом. В бережливых системах существует семь типов потерь: транспортировка, запасы, движение, задержки, перепроизводство, переработка и дефекты. Lean – это многомерный подход, который охватывает широкий спектр методов управления, в том числе «точно в срок», дзидока, стандартизированная работа, кайдзен, командная работа и управление поставщиками. LM также представляет собой широкий набор принципов и практик, которые могут улучшить корпоративную деятельность. Бережливое производство – это производственная философия, которая сокращает время выполнения заказа и снижает затраты за счет устранения отходов (MUDA), но при этом улучшает качество, навыки сотрудников и удовлетворенность работой.

Lean – это не проект, а подход к постоянному совершенствованию для достижения совершенства путем устранения всех источников потерь. В полной мере бережливое

производство – это не только стратегический подход, но и операционное превосходство. В этом контексте бережливое производство следует рассматривать скорее как философию бизнеса, чем просто набор инструментов или методов, предназначенных только для улучшения операций. Для этого наряду с производством необходимо изменить все другие подсистемы, если организация хочет преобразоваться в бережливое, обучающееся предприятие, чтобы в полной мере воспользоваться его преимуществами. Правильная комбинация для этого состоит из долгосрочной философии, процессов и людей с культурой, ориентированной на превосходство в конкурентной борьбе. Важно согласовать образ мышления и поведения членов организации. Хотя бережливое производство действительно дает немедленные результаты, все преимущества появляются только тогда, когда он становится основой для процесса непрерывного совершенствования, способного сохранять результаты с течением времени. Такой взгляд подразумевает мысленный сдвиг от краткосрочного фокуса к долгосрочному. Предприятиям необходимо институционализировать методы бережливого производства и развертывание их политик как часть наращивания потенциала. Поддержание такой долгосрочной философии управления представляет собой сложную задачу для предприятий, вступающих на путь бережливого произ-

водства. Для разработки эффективных и устойчивых преобразований в области бережливого производства предприятиям необходимо учитывать каждый из следующих элементов на всех уровнях организации: стратегия и согласованность, лидерство, поведение и вовлеченность, управление процессами и технологиями, инструменты и методы. Бережливое производство требует одновременной интеграции трех элементов: операционной системы, инфраструктуры управления, мышления и поведения.

Факторы успеха внедрения Lean (SF) – это ограниченное количество факторов, в которых удовлетворительные результаты обеспечат успешную конкурентоспособность отдельных лиц, отделов или организаций. SF – это те области, где «все должно идти хорошо», чтобы бизнес процветал и обеспечивал достижение целей менеджера. SF очень важны для обеспечения успешного внедрения бережливого производства и предотвращения рисков неудач, таких как убытки организации для затрат, времени и усилий сотрудников. Подход SF был широко принят и использовался в различных областях исследований для определения ключевых факторов, которые необходимы для успеха любой программы или методики [10].

В научной литературе и практической деятельности остается открытым вопрос по методикам оценки эффективности внедрения инструментов бережливого производства на промышленных предприятиях. Авторы полагают, что в данном случае может быть уместным применение индикативного моделирования оценки эффективности внедрения инструментов бережливого производства. Предлагаем оценивать эффект бе-

режливого производства на основе модели производственной функции, где в качестве показателя эффекта в масштабе промышленной отрасли может быть использован индикатор доли высокотехнологичной продукции в валовой добавленной стоимости, в качестве объясняемых индикаторов – индекс производства высокотехнологичной продукции в выпуске (материальная составляющая) и число высокопроизводительных рабочих мест (интеллектуальная составляющая). Выбор данных индикаторов объясняется тем, что использование инструментов бережливого производства в промышленности предполагает в конечном счете прирост доли высокотехнологичных секторов в формировании валовой добавленной стоимости благодаря росту производства в высокотехнологичной промышленности и приросту высокотехнологичных рабочих мест. Исходные данные для построения модели сведены в таблицу 1.

Описательная статистика по моделируемым индикаторам представлена в таблице 2. Ее анализ позволяет заметить, что присутствует значительная асимметрия внутри рядов распределения, что позволяет сделать заключение о неравномерности процесса совершенствования сектора промышленности на основе бережливого производства, выраженного в приросте высокопроизводительных рабочих мест, индекса производства по высокотехнологичным секторам промышленности.

Далее исходные индикаторы из таблицы 1 были прологарифмированы и построена индикативная модель производственной функции эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленности, которая имеет вид (рис. 2).

Таблица 1

Индикаторы моделирования внедрения технологий бережливого производства в промышленности

Период	Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовой добавленной стоимости, %	Индекс производства по высоким технологичным обрабатывающим видам экономической деятельности, %	Число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.
	Y	K	L
2017	18,5	105,9	17 114,0
2018	18,5	100,2	19 638,3
2019	18,5	108,8	20 732,8
2020	19,0	110,7	21 946,6
2021	21,1	115,2	22 610,8
2022	19,1	107,3	22 862,4

Таблица 2

Описательная статистика по индикаторам моделирования внедрения технологий бережливого производства в промышленности

Показатель описательной статистики	Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовой добавленной стоимости, %	Индекс производства по высоким технологичным обрабатывающим видам экономической деятельности, %	Число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.
	Y	K	L
Среднее	19,1	108,0	20817,5
Стандартная ошибка	0,4	2,0	890,4
Медиана	18,8	108,1	21339,7
Стандартное отклонение	1,0	5,0	2181,1
Дисперсия выборки	1,0	25,1	4757083,4
Экцесс	4,5	0,9	0,5
Асимметричность	2,1	-0,2	-1,1
Размах	2,6	15,0	5748,4
Минимум	18,5	100,2	17114,0
Максимум	21,1	115,2	22862,4

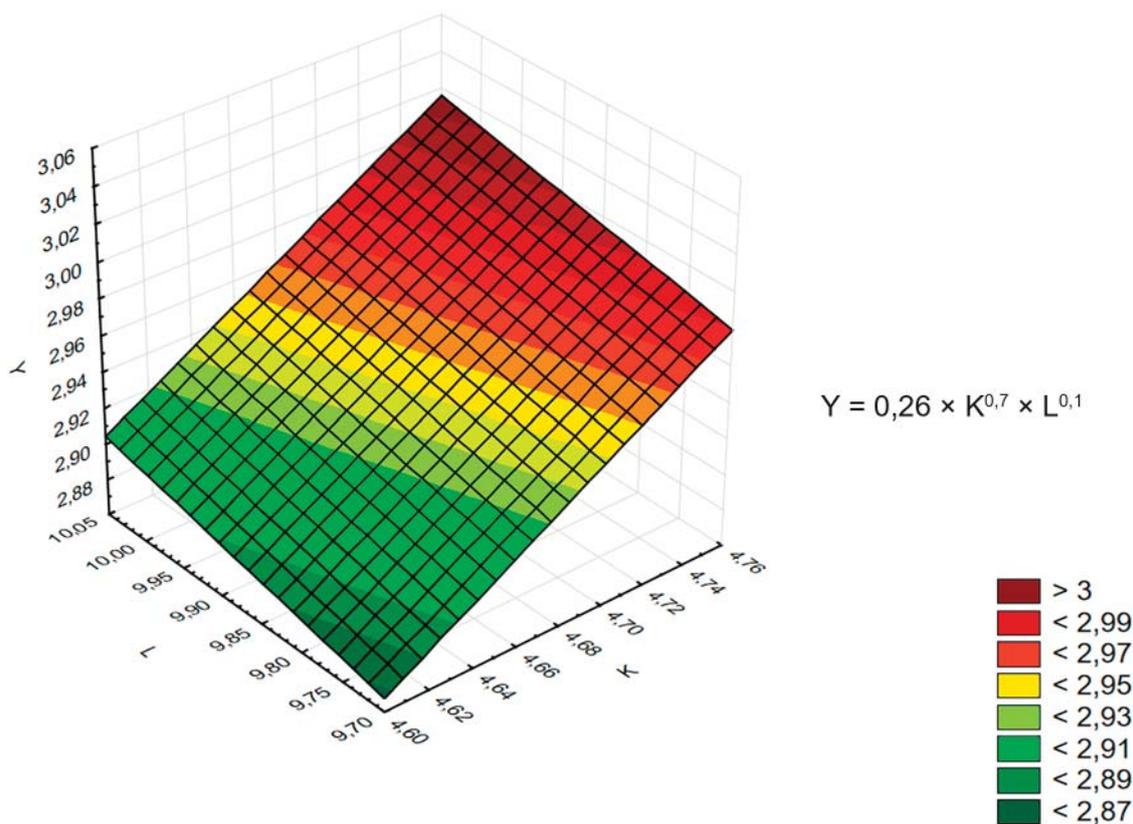


Рис. 2. Диаграмма поверхности индикативной модели производственной функции

Исходя из полученной индикативной модели производственной функции эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленности,

можно видеть, что наибольшее влияние на прирост доли высокотехнологичной продукции в величине валовой добавленной стоимости оказывает индикатор матери-

альной составляющей, выраженный в росте индекса производства высокотехнологичной промышленности, поскольку его коэффициент модели выше (0,7), нежели интеллектуальной составляющей – числа высокопроизводительных рабочих мест (0,1). Обращает на себя внимание, что в настоящее время для промышленности характерна тенденция убывающей отдачи эффективности от внедрения инструментов бережливого производства, что может быть вызвано такими обстоятельствами, как:

- недостаточный опыт внедрения и малый период внедрения инструментов бережливого производства на промышленных предприятиях;
- методические сложности с оценкой эффективности внедрения инструментов бережливого производства, связанные с соотношением инвестиций и результатов данной работы;
- отсутствие единой методологии и индикативной базы по показателям эффективности внедрения инструментов бережливого производства;
- переключение стратегических и тактических задач с вопросов ресурсоэффективности на решение проблем достижения импортонезависимости в условиях внешних и внутренних экономических ограничений.

Выводы

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Многообразие инструментов бережливого производства охватывает все составляющие производственного процесса – оптимизация потока создания ценности, обеспечение качества, эффективность управления персоналом, что позволяет говорить о комплексности методологии бережливого производства.

2. Внедрение инструментов бережливого производства на промышленных предприятиях дает возможность повысить эффективность процесса производства, обеспечивая прирост доли высокотехнологичной продукции в валовой добавленной стоимости, индекса производства высокотехнологичных секторов и высокопроизводительных рабочих мест.

3. Более сильное воздействие на прирост доли высокотехнологичной продукции в величине валовой добавленной стоимости оказывает индикатор материальной составляющей, выраженный в росте индекса производства высокотехнологичной промышленности, по сравнению с интеллектуальной составляющей – числом высокопроизводительных рабочих мест.

4. Выявлена тенденция убывающей отдачи эффективности от внедрения инструментов бережливого производства в промышленности, что может быть связано с действием механизмов запаздывания между инвестициями и результатами использования бережливых технологий, неблагоприятной внешнеэкономической конъюнктурой и рядом других вопросов, требующих детальной проработки и решения.

Предложенная методика и результаты индикативного моделирования эффективности внедрения инструментов бережливого производства в промышленности могут быть транслированы на более мелкие подвиды промышленных секторов, а также сведены до уровня промышленных предприятий, как вспомогательный инструмент оценки эффективности производственно-хозяйственной деятельности и модернизации производства.

Список литературы

1. Олещук В.А., Раджабов Д.У. Влияние информационного обеспечения производственного потока на эффективность системы бережливого производства // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2019. Т. 1, № 3 (39). С. 64-67.
2. Галанина Т.В., Баумгартэн М.И., Третьякова И.Н. Эффективность внедрения элементов бережливого производства на предприятии (на примере ОАО «КОРМЗ») // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 9-2. С. 125-131.
3. Барсегян Н.В. Реализация принципов бережливого производства в условиях цифровой трансформации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2021. № 6 (91). С. 93-102.
4. Дмитриева Д.В., Аvezов А.Х. Эффективность реализации «концепции бережливого производства» на предприятии пищевой промышленности // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. 2021. № 1 (18). С. 103-119.
5. Ташкинов А.Г. Влияние комплексного внедрения бережливого производства на эффективность развития производственной системы предприятия // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. 2022. № 4. С. 329-358.
6. Ганькин Н.А. Влияние расширенных принципов бережливого производства на экономическую эффективность промышленных предприятий // Научные исследования и разработки. Экономика фирмы. 2022. Т. 11, № 3. С. 54-62.
7. Kudryavtseva S.S., Shinkevich A.I., Ostanina S.S., Vodolazhskaya E.L., Khairullina E.R., Chikisheva N.M., Lushchik I.V., Shirokova L.V. The methods of national innovation systems assessing // International Review of Management and Marketing. 2016. V. 6. № 2. P. 225-230.
8. Алексеева К.В., Галиаскарова Г.Р. Построение производственной функции Кобба-Дугласа на основе статистических данных компании «ГАЗПРОМ» // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2017. № 1 (64). С. 58-62.
9. Росстат. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 22.11.2023).
10. Nguyễn Đạt Minh1, Nguyễn Danh Nguyễn, Lê Anh Tuấn Framework of Critical Success Factors for Lean Implementation in Vietnam Manufacturing Enterprises // Journal of Science: Economics and Business. 2015. Vol. 31. № 5E. P. 33-41.

УДК 681.5

DOI 10.17513/snt.39884

СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ ПРОМЫСЛОВОГО НЕФТЕПРОВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ И CBR-ПОДХОДА

Кузяков О.Н., Сидорова А.Э., Лапик Н.В., Попова Н.В.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: sidorovaae@tyuiu.ru

В статье рассматривается вопрос создания системы непрерывного определения состояния промышленного нефтепровода на предмет коррозии с использованием предиктивной аналитики и CBR-подхода. Представлены основные факторы, оказывающие влияние на скорость коррозии, а также основные параметры, определяющие скорость коррозии, степень их влияния на этот процесс для их учета. Предложен принцип построения системы определения скорости коррозии, особенностью которой является механизм вычисления прогнозируемой скорости коррозии на основе прецедентного подхода с использованием предиктивной аналитики с применением CBR-метода с выдачей рекомендаций по профилактическим действиям, направленным на предотвращение штатных ситуаций, таких как прорыв трубопровода и т.п. Рассмотрена структура кейса и описаны используемые лингвистические переменные, в результате определяется расстояние между ближайшими состояниями объекта по степени близости. Таким образом, разработанная схема предиктивной аналитики с использованием CBR-метода позволяет решить задачу выбора правильного решения при осуществлении анализа пространства состояний Sit_i ($i=1...k$) для промышленного трубопровода. Для распознавания состояний Sit_i могут быть также применены методы с использованием нейронных сетей и методов машинного обучения.

Ключевые слова: система определения скорости коррозии, режимы течения газожидкостной смеси, процесс коррозии, предиктивная аналитика, теория прецедентов

SYSTEM FOR DETERMINING THE CORROSION RATE OF A FIELD OIL PIPELINE USING PREDICTIVE ANALYTICS AND CBR APPROACH

Kuzyakov O.N., Sidorova A.E., Lapik N.V., Popova N.V.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, e-mail: sidorovaae@tyuiu.ru

The article discusses the issue of creating a system for continuously determining the condition of a field oil pipeline for corrosion using predictive analytics and the CBR approach. The main factors affecting the rate of corrosion, as well as the main parameters determining the rate of corrosion, as well as the degree of their influence on this process for their accounting are presented. The principle of constructing a system for determining the rate of corrosion is proposed, the feature of which is a mechanism for calculating the predicted rate of corrosion based on an individual approach using predictive analytics using the CBR method with recommendations for preventive actions aimed at preventing abnormal situations, such as a pipeline break, etc. The structure of the case is considered and the linguistic variables used are described, and as a result, according to the degree of proximity the distance between the nearest states of the object is determined. Thus, the developed predictive analytics scheme the developed predictive analytics scheme using the CBR method allows us to solve the problem of choosing the right solution when analyzing the Sit_i ($i=1...k$) state space for a field pipeline. Methods using neural networks and machine learning methods can also be used to recognize Sit_i states.

Keywords: corrosion rate determination system, gas-liquid mixture flow modes, corrosion process, predictive analytics, precedent theory

В настоящее время в системах сбора и транспортировки нефти остро стоит задача безаварийной работы. Повышение надежности работы промышленных нефтепроводов улучшит экологическую обстановку в регионах добычи нефти и существенно снизит затраты на обслуживание этих систем сбора и транспортировки. Данное исследование направлено на разработку способов предотвращения аварийных ситуаций, связанных с внутренней коррозией нефтепроводов.

Известно, что нефть и нефтяной попутный газ сами по себе не вызывают значимой коррозии. Практически всегда внутренняя

коррозия появляется по причине протекания электрохимических процессов, возникающих из-за контакта пластовой воды и металла нефтепровода. Создание системы направлено на определение скорости коррозии с выдачей рекомендаций по профилактическим действиям.

Таким образом, целью исследования является повышение эффективности процесса принятия решений по предотвращению прорывов промышленных нефтепроводов вследствие процесса их коррозии с использованием предиктивной аналитики с применением механизма CBR-подхода с использованием теории прецедентов.

Материалы и методы исследования*Причины внутренней коррозии*

На сегодняшний день известны системы для мониторинга коррозии промышленных нефтепроводов [1, 2].

Входными данными для этих систем являются параметры и характеристики, влияющие на вид коррозии и ее скорость формирования [3]. Известно [4-6], что на скорость коррозии оказывают влияние следующие факторы:

- 1) состав и свойства газожидкостной смеси;
- 2) режим движения (течения) газожидкостной смеси;

3) состав и свойства извлекаемой с нефтью пластовой воды;

4) состав и свойства попутного нефтяного газа;

5) соотношение воды в газожидкостной смеси и характер распределения этих фаз друг в друге;

6) образование защитных пленок;

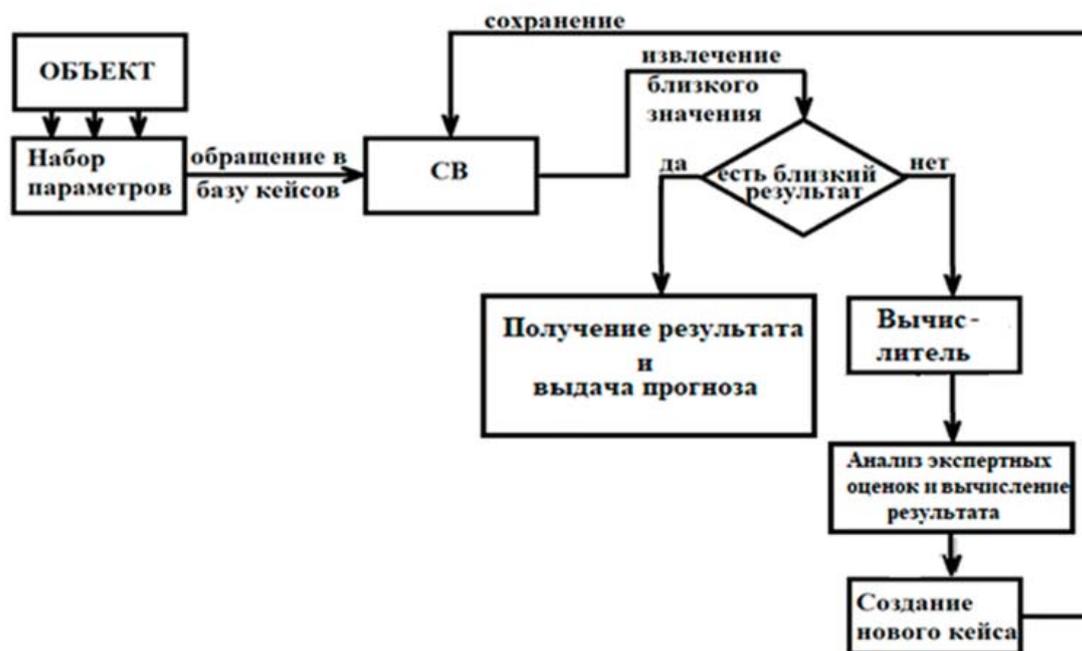
7) наличие абразивных частиц в потоке газожидкостной смеси;

8) проявление жизнедеятельности бактерий.

Основные параметры, определяющие скорость коррозии, а также степень их влияния на этот процесс для их учета в исследуемой системе, приведены в таблице.

Основные параметры, определяющие скорость коррозии

Параметры, влияющие на скорость коррозии	Степень влияния
1. Состав газожидкостной гетерогенной смеси по содержанию коррозионно-активных компонентов	
Сероводород CH_4	Высокая
Двуокись углерода CO_2	Высокая
Сульфиды железа FeS , FeS_2	Высокая
Кислород O_2	Высокая
Органические и прочие кислоты	Высокая
Йод	Средняя
Сульфатовосстанавливающие бактерии	Высокая
Соли, растворенные в воде и являющиеся электролитами	Высокая
2. Диаметр трубопровода	
До 820 мм	Высокая
3. Температурный режим и вследствие этого вид коррозии	
Химическая коррозия (высокотемпературная)	Средняя
Электрохимическая (низкотемпературная)	Высокая
4. Структура течения потоков в трубопроводе	
Расслоенная	Низкая
Волновая	Низкая
Кольцевая	Средняя, равномерная
Дисперсная	Высокая
Дисперсно-кольцевая	Низкая
Пробковая	Средняя
Снарядная	Высокая
5. Скорость течения газожидкостной смеси	
Высокая	Низкая
Низкая	Высокая
6. Обводненность нефти	
Низкая	Низкая
Высокая	Высокая
7. Давление в трубопроводе	
	Высокая
8. Плотность воды в составе газожидкостной смеси	
	Низкая
9. Плотность нефти в составе газожидкостной смеси	
	Высокая



Функциональная схема предиктивной аналитики с использованием CBR-технологии

Прецедентный подход с использованием предиктивной аналитики с применением CBR-метода [7, 8, 9] заключается в том, что для принятия верного решения при прогнозировании степени коррозии на каком-либо участке промышленного нефтепровода степень коррозии не определяется с нуля – ее оценка производится с использованием решения из прошлого опыта, накапливаемого в виде схожих ситуаций (кейсов) и следующих из этих ситуаций решений по принятию мер предотвращения прорывов и прочих нештатных ситуаций. Эти кейсы в CBR-системах, называемые пары «ситуация – решение», сохраняются в специальных библиотеках кейсов – СВ.

Схема предиктивной аналитики с использованием CBR-технологии

Предиктивная (прогнозная, предсказательная) аналитика является последующей частью общей аналитики для технологического процесса, включающей описательную и диагностическую аналитику. Описательная отвечает на вопрос: «Что случилось?», создает сводку исторических данных для их дальнейшего анализа и реализуется посредством сбора данных с датчиков и идентификации момента сбоя. Диагностическая аналитика анализирует информацию, чтобы ответить на вопрос: «Почему это случилось?» Предиктивная же аналитика прогнозирует неизвестные события в будущем, отвечая на вопрос: «Что может слу-

читься?» на основе анализа накопленной информации. Здесь используется множество методов: математическая статистика, моделирование, машинное обучение и другие области Data Science, а также интеллектуальный анализ данных (Data Mining). К примеру, предиктивная аналитика текущих и прошлых показателей работы промышленного оборудования заблаговременно определит возможное время его профилактического ремонта, чтобы избежать его выхода из строя [10].

Предлагается использовать функциональную схему работы такого комплекса, которая показана на рисунке.

Кейсы, входящих в базу кейсов СВ, получают следующим образом:

- 1) на основе лабораторных (экспериментальных) исследований с применением математических моделей;
- 2) при натурных исследованиях на контролируемом объекте [11].

Результаты исследования и их обсуждение

Структура кейса имеет следующий вид:

$$CB = \{ \langle Sit, R, M \rangle / k = 1, \dots, n \}, \quad (1)$$

где n – число случаев в СВ, Sit – ситуация (структурированное описание некоторого состояния в исследуемой системе), которая представляет собой набор параметров $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_i\}$, отвечающих за особенности состояния объекта, идентификаторы

и координаты датчиков и пр.; R – решение, которое можно представить в виде совокупности: R1 – описание текущей ситуации, включающее особенности состояния объекта, которые соответствуют конкретной ситуации Sit, R2 – идентификатор типа ситуации: обычная, аварийная, потенциально аварийная, R3 – рекомендации для обслуживающего персонала о действиях в определенной ситуации (инструкции, технологические схемы, руководства); M – это ссылки на возможные случаи в СВ, связанные с текущим случаем [10, 12].

Поэтому на базе полученных ранее параметров и созданной базы кейсов СВ система определяет, есть ли близкий к только что полученным параметрам кейс. При этом расстояние между ближайшими состояниями объекта определяется как:

$$D_i = S_{i\text{мек}} - S_{ik}, \quad (2)$$

где $S_{i\text{мек}}$ – текущее состояние объекта;

S_{ik} – состояние объекта из сформированного пространства состояний.

Из допустимого множества прецедентов SC (Set of Cases), которые имеют степень сходства (близости), большую или равную пороговому значению $h_{\text{пор}}$, выявляется искомый прецедент. Его степень близости к текущему может быть определена исходя из одного из существующих классических критериев [7]: *метод ближайшего соседа* (NN – Nearest Neighbor) – наиболее используемый метод сравнения и извлечения прецедентов, *метод извлечения прецедентов на основе деревьев решений* (базируется на нахождении требуемых прецедентов путем разрешения вершин дерева решений, причем каждая вершина дерева указывает, по какой ее ветви следует осуществлять дальнейший поиск решения, а выбор ветви производится на основе информации о текущей проблемной ситуации), *метод извлечения прецедентов на основе знаний* (когда учитываются данные экспертов), *метод извлечения прецедентов с учетом их применимости* и некоторые другие.

Если близкий результат есть в базе кейсов, то система сразу же выдает результат в виде прогноза скорости коррозии и рекомендаций по профилактическим действиям, так как каждому набору параметров соответствует определенный кейс. Кроме того, в базе кейсов имеются справочные параметры – известные константы и поправочные коэффициенты.

Если такого близкого кейса нет, то вновь полученные параметры направляются в вычислитель, где производятся вычисления критериев Фруда, Вебера и Кутателадзе [6], и по этим критериям определяются тип во-

дяной эмульсии, характер (локализация) коррозии и скорость коррозии:

$$V_{\text{кор}} = 31,15 \times C_{\text{нф}} \times C_{\text{н}} \times (\Delta P/L) \times 0,3 \times v \times 0,6 \times P_{\text{CO}_2} \times 0,8 \times T \times (e^{-2671/T}), \quad (3)$$

где $(\Delta P/L)$ – перепад давления поперек зоны смешения водяной пробки, н/м³;

v – содержание воды, м³;

P_{CO_2} – парциальное давление углекислого газа, МПа;

T – температура в многофазной среде, К;

$V_{\text{кор}}$ – скорость коррозии, мм/год.

Данная формула была дополнена некоторыми коэффициентами, учитывающими особенности протекающих гидродинамических и физико-химических процессов, сопровождающих процесс перекачки нефти по трубопроводу:

$$C_{\text{нф}} = 0,023 \times F_{\text{вн}} + 0,214, \quad (4)$$

где $C_{\text{нф}}$ – нормирующий фактор, изменяющийся в пределах от 0 до 1;

$F_{\text{вн}}$ – частота водяной пробки, она обычно не более 35 пузырек/минута. В горизонтальных трубопроводах это значение может находиться в пределах от 1 до 10; если наклон трубопровода составляет более 0,5 градуса, то $F_{\text{вн}}$ может быть существенно увеличена, вплоть до значения 60.

Влияние типа нефти на скорость коррозии может быть учтено следующим коэффициентом:

$$C_{\text{н}} = 10 \times \frac{\lg(K\text{Ч} \times \% \text{CO}_2) + 0,38}{2400}, \quad (5)$$

где $K\text{Ч}$ – кислотное число.

При этом $C_{\text{н}}$ находится в пределах от 0 до 1, а для учета влияния концентраций HCO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} и pH в формулу введены поправочные коэффициенты K_{HCO_3} , K_{Cl} , K_{Ca} , K_{pH} .

Тогда итоговое уравнение для вычисления скорости коррозии имеет вид:

$$V_{\text{кор}} = 31,15 \times C_{\text{нф}} \times C_{\text{н}} \times (\Delta P/L) \times 0,3 \times v \times 0,6 \times P_{\text{CO}_2} \times 0,8 \times T \times (e^{-2671/T}) \times K_{\text{HCO}_3} \times K_{\text{Cl}} \times K_{\text{Ca}} \times K_{\text{pH}}, \quad (6)$$

После расчета $V_{\text{кор}}$ производятся создание нового кейса с применением анализа экспертных оценок и вычисление более точного результата не только по скорости коррозии, также осуществляется выдача рекомендаций по профилактическим действиям, направленным на предотвращение нештатных ситуаций, таких как прорыв трубопровода или возникновение трещин и свищей [13-15]. Вновь созданный кейс сохраняется в базе кейсов, пополняя ее все новыми сценариями с комплексом соответствующих атрибутов.

Заключение

Таким образом, использование предиктивной аналитики на основе CBR-метода позволяет проводить мониторинг коррозионных процессов для промышленных нефтепроводов и осуществлять поддержку принятия верного решения по текущей ситуации с выдачей прогноза на рассматриваемый временной период.

Разработанная схема предиктивной аналитики с использованием CBR-метода дает возможность решить задачу выбора правильного решения при осуществлении анализа пространства состояний Sit_i ($i=1 \dots k$) для промышленного трубопровода. Для распознавания состояний Sit_i могут быть также применены методы с использованием нейронных сетей и методов машинного обучения.

Список литературы

1. Кузяков О.Н., Сидорова А.Э. Способ определения режима многофазной смеси в трубопроводе с использованием CBR-технологий // Патент 2660411 Рос. Федерация, МПК G01N 29/024 / патентообладатель ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный ун-т». № 2016146871; заявл. 29.11.2016; опубл. 06.07.2018, Бюл. № 19.
2. Кузяков О.Н., Сидорова А.Э. Система мониторинга режима многофазной смеси в трубопроводе с использованием CBR-технологий // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 5-3. С. 459–462.
3. Кузяков О.Н., Глухих И.Н., Сидорова А.Э., Андреева М.А. Прецедентный подход в интеллектуальных системах мониторинга многофазной смеси в нефтепроводе // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2017. № 8. С. 4-8.
4. Марон В.И. Гидравлика двухфазных потоков в трубопроводах: учебное пособие. СПб.: Лань, 2012. 256 с.
5. Бугай Д.Е., Гетманский М.Д., Фаритов А.Т., Рябухина В.Н. Прогнозирование коррозионного разрушения нефтепромысловых нефтепроводов: обзор. информ. Серия: «Борьба с коррозией и защита окружающей среды». М.: ВНИИОЭНГ, 1989. 64 с.
6. Мамаев В.А., Одишария Г.Э., Семенов Н.И., Точигин А.А. Гидродинамика газожидкостных смесей в трубах. М.: Недра, 1969. 208 с.
7. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 2. С. 45-57.
8. Башлыков А.А. Применение методов теории прецедентов в системах поддержки принятия решений при управлении трубопроводными системами // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2016. № 1. С. 23-32.
9. Галлямов И.И., Шагалева Е.Г. Способ обнаружения сквозных дефектов в противокоррозионном покрытии подземных трубопроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2021. № 10. С. 42-45.
10. Кузяков О.Н., Андреева М.А. Способ обнаружения сквозных дефектов в противокоррозионном покрытии подземных трубопроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2020. № 12. С. 33-37.
11. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 2. С. 45-57.
12. Ермолкин О.В., Попова Я.Д., Гавшин М.А., Великанов Д.Н. Способ обнаружения сквозных дефектов в противокоррозионном покрытии подземных трубопроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. № 7. С. 30-35.
13. Артеменков В.Ю., Корякин А.Ю., Шустов И.Н., Дикамов Д.В., Шишков Э.О., Юсупов А.Д. Организация коррозионного мониторинга на объектах второго участка ачимовских отложений Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения // Газовая промышленность. 2017. № 2. С. 74-78.
14. Баджаков Д.В., Головин Е.Д., Козлов М.Г., Курмангалиев Р.З., Лыхин П.А., Ульянов В.Н., Усов Э.В. Реализация методики расчета PVT-свойств многофазного многокомпонентного флюида // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2021. № 2. С. 24-31.
15. Петров В.Н., Ахметзянова Л.А. Влияние гидродинамического удара и кавитации на характеристики нефтяного потока // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. № 4. С. 46-50.

УДК 004.588:629.542.6
DOI 10.17513/snt.39885

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ ОПЕРАТОРОВ ЛЕСНЫХ МАШИН В ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕДАХ

Курасов П.А., Петухов И.В., Стешина Л.А., Танрывердиев И.О.

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола,
e-mail: kppevs@volgatech.net

Исследование направлено на актуальную задачу экспериментального исследования динамики развития профессионально важных качеств операторов лесозаготовительной техники в виртуальных средах. Авторы представляют новые методы оценки точности и скорости зрительно-моторного слежения человека в виртуальных средах и приводят результаты исследования динамики их развития у групп курсантов, обучающихся в виртуальной среде с эффектом погружения и без виртуальной среды. Экспериментально обосновано, что более быстрое развитие навыков зрительно-моторного слежения наблюдалось у группы, обучающейся с использованием виртуальной среды. Почти у всех испытуемых наблюдается снижение показаний среднеквадратического отклонения результатов тестирования по ошибке управления от первого дня исследования до последнего. Это свидетельствует о более качественном выполнении поставленной задачи и получении к концу исследования реальных показаний психофизиологических характеристик. Можно отметить, что у первой группы операторов (в виртуальной среде) диапазон значений среднеквадратического отклонения в среднем по группе снизился с 44,86 до 27,04 мс. У второй группы испытуемых (без виртуальной среды) диапазон значений среднеквадратического отклонения в среднем по группе снизился с 31,9 до 26,08 мс.

Ключевые слова: человек-машинные системы, автоматизированное управление, виртуальная реальность, оператор, лесные машины, обучение

STUDY OF THE DEVELOPMENT DYNAMICS OF PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES OF FORESTRY MACHINE OPERATORS IN VIRTUAL ENVIRONMENTS

Kurasov P.A., Petukhov I.V., Steshina L.A., Tanryverdiev I.O.

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: kppevs@volgatech.net

The study is aimed at the urgent task of experimental research into the dynamics of the development of professionally important qualities of logging equipment operators in virtual environments. The authors present new methods for assessing the accuracy and speed of human visual-motor tracking in virtual environments and present the results of a study of the dynamics of their development in groups of cadets studying in a virtual environment with the effect of immersion and without a virtual environment. It was experimentally proven that more rapid development of visual-motor tracking skills was observed in the group learning using a virtual environment. Almost all subjects observed a decrease in the standard deviation of test results due to control error from the first day of the study to the last. This indicates a better performance of the task and the receipt of real readings of psychophysiological characteristics by the end of the study. It can be noted that in the first group of operators (in a virtual environment), the range of standard deviation values on average for the group decreased from 44.86 ms. until 27.04 ms. In the second group of subjects (without a virtual environment), the range of standard deviation values on average for the group decreased from 31.9 ms. until 26.08 ms.

Keywords: man-machine systems, automatic control, virtual reality, operator, forest machines, training

Эффективность работы оператора лесозаготовительной техники в настоящее время является наиболее значимым фактором, определяющим большинство технико-экономических показателей качества технологического процесса механизированной сортиментной лесозаготовки. Установлено, что эффективность работы оператора оказывает существенное влияние на качество заготовленной древесины [1], производительность технологического процесса лесозаготовки [2], надежность эксплуатируемой лесозаготовительной техники [3].

Для операторской деятельности в задачах управления лесозаготовительной техникой свойственно решение двух типов задач.

Первым типом задач являются задачи, связанные с теоретическими знаниями о процессе лесозаготовки в области лесостроительства в целом и о процессе лесозаготовки в частности. К этим задачам относятся построение оптимального маршрута движения лесозаготовительной техники по лесосеке, отбор деревьев в соответствии с типом выполняемой рубки, выбор оптимальной последовательности рубки деревьев. Эффективность, а именно скорость и точность решения этих задач, обеспечивается теоретической подготовкой оператора. Установлено, что операторы, прошедшие более глубокую теоретическую подготовку в области лесостроительства, имеют более высокую эф-

фективность в данных типах задач по сравнению с теми операторами, которые данной подготовки не имеют или имеют менее глубокие теоретические знания [4].

Вторым типом задач являются задачи, связанные с техническими навыками управления и манипулирования технологическим оборудованием. К этим задачам относятся наведение рабочих органов машины на дерево, захват дерева захватно-срезающим устройством, спиливание и обработка дерева. Эффективность решения данного класса задач также определяется скоростью и точностью пространственного наведения, а обеспечивается профессионально важными качествами и уровнем развития психофизиологических факторов человека.

Таким образом, повышение эффективности работы оператора-манипулятора в задачах управления лесозаготовительной техникой является комплексной и многофакторной задачей, состоящей как из повышения уровня теоретических знаний о процессе сортиментной лесозаготовки, так и из отработки технических навыков управления технологическими агрегатами лесозаготовительной техники.

Повышение требований к эффективности деятельности человека-оператора привело к возникновению и развитию принципиально новых форм и технологий тренировки персонала, в частности технологии виртуальной реальности [5, 6], технологии когнитивной и биомеханической поддержки оператора [7]. В настоящее время при обучении операторов лесных машин для решения задачи отработки технических навыков управления технологическими агрегатами лесозаготовительной техникой активно применяются симуляторы и тренажеры технологического оборудования. Известна семантическая модель профессионально важных качеств оператора-манипулятора при выполнении технологического процесса сортиментной лесозаготовки [8]. Установлено, что важнейшими профессионально важными качествами оператора-манипулятора с точки зрения технических навыков, необходимых при осуществлении механизированной сортиментной лесозаготовки, являются точность зрительно-моторного слежения, скорость реакции на движущийся объект, скорость реакции на приближающийся объект, определяющие точность взаимодействия рабочих органов лесозаготовительной машины с предметом труда. Таким образом, развитие технических навыков оператора-манипулятора в процессе обучения с использованием симуляторов и тренажерных комплексов лесозаготовительной техники направлено именно на улучшение показателей скорости

и точности пространственного восприятия и зрительно-моторного слежения.

Цель исследования – экспериментальное определение динамики развития профессионально важных качеств операторов лесозаготовительной техники в виртуальных средах.

Материалы и методы исследования

Работа на симуляторе не может реализовать полноценное восприятие курсантом рабочей обстановки в лесозаготовительной технике, поэтому может создаться неправильное восприятие реальной задачи [9]. Этот факт связан с тем, что процессы восприятия зрительной информации с электронных дисплеев отличаются от процессов восприятия зрительной информации в физической среде. Для того, чтобы реализовать те же механизмы восприятия зрительной информации оператором в процессе обучения на симуляторах, что и при работе на реальном технологическом оборудовании, в настоящее время используют виртуальные обучающие среды с глубоким вызванным эффектом присутствия [10].

Эффект присутствия в виртуальной реальности заключается в возникающем у человека ощущении полного погружения в виртуальное пространство, где он воспринимает окружающую среду как реальную. При этом задействованы те же механизмы стереоскопического человеческого зрения при восприятии зрительной информации, что и в реальных физических средах. Этот эффект достигается путем использования специальных технических средств, такого как шлемы VR, контроллеры и другие устройства для взаимодействия с виртуальной обучающей средой.

Для оценки динамики изменения психофизиологических показателей в составе профессионально важных качеств исследуемых обучающихся предложено провести оценку способности к управлению манипулятором лесозаготовительной машины с использованием шлема виртуальной реальности HTC VIVE PRO.

Для обеспечения соответствия движению рабочего органа лесозаготовительной машины в тесте определения точности наведения выдвиганием рабочего органа лесозаготовительной машины движение объекта формировалось за счет увеличения тестового объекта в диаметре на 100 пикселей за секунду и уменьшения замкнутого контура на 10 пикселей за секунду, имитируя движение его навстречу испытуемому. Исходный диаметр тестового объекта составил 100 пикселей, а диаметр замкнутого контура 600 пикселей.

Для отображения зрительных стимулов была разработана программа в среде программирования Unity, позволяющая отображать тестовое задание в шлеме виртуальной реальности HTC VIVE PRO.

В качестве добровольцев, принявших участие в исследовании, были выбраны 10 здоровых людей 19–24 лет с нормальным или скорректированным зрением.

В течение 6 дней каждому оператору предлагалось пройти тестирование с использованием метода оценки точности наведения выдвиганием рабочего органа лесозаготовительной машины на дерево).

Рассмотрим метод определения точности наведения выдвиганием рабочего органа лесозаготовительной машины на дерево. В данном тесте человеку на экране шлема виртуальной реальности HTC VIVE PRO предьявляются окружающую среду, являющуюся ограничивающим полем, внутри которой размещен тестовый объект круглой формы.

На рис. 1 представлена окружность, предьявляемая испытуемому на экране видеомонитора, где 1 – замкнутая окружность, границы которой являются меткой и уменьшающаяся в диаметре с заданной скоростью, 2 – тестовый объект, увеличивающийся в диаметре с заданной скоростью.

Тестовый объект увеличивают, а замкнутую окружность уменьшают в диаметре, соответственно заданной скорости при этом происходит имитация движения его навстречу оператору. В момент, когда оператор считает, что размеры ограничивающего замкнутого контура и тестового объекта совпадают, то оператор нажимает кнопку пульта и движение объектов прекращается. При этом вычисляют ошибку

несовпадения диаметров тестового объекта и ограничивающего контура, что будет являться временем ошибки запаздывания (с положительным знаком) или упреждения (с отрицательным знаком).

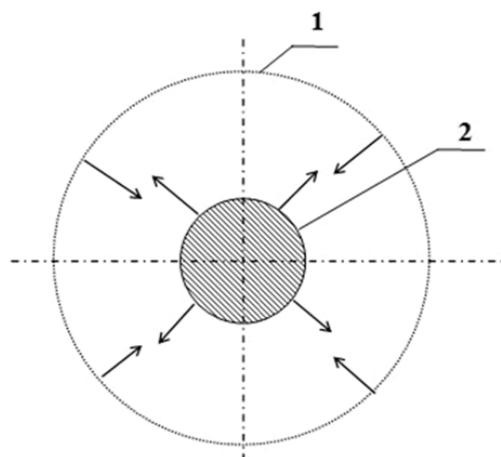


Рис. 1. Схема тестирования методом оценки точности наведения выдвиганием рабочего органа лесозаготовительной машины на дерево

На следующем этапе вычисляют время реакции T_p человека на движущийся объект как среднеарифметическое значение по формуле

$$T_p = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (1)$$

где t_i – i -я ошибка несовпадения окружности и объекта, мс; n – число остановок точечного объекта в процессе прохождения тестирования.

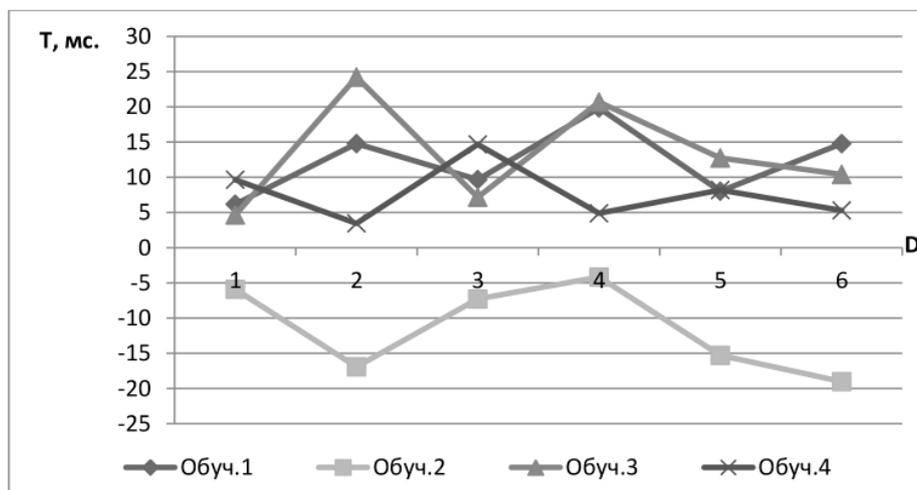


Рис. 2. График динамики значений результата тестирования у обучающихся из первой группы: T – результат тестирования с использованием метода оценки точности наведения выдвиганием рабочего органа лесозаготовительной машины на дерево; D – день исследования

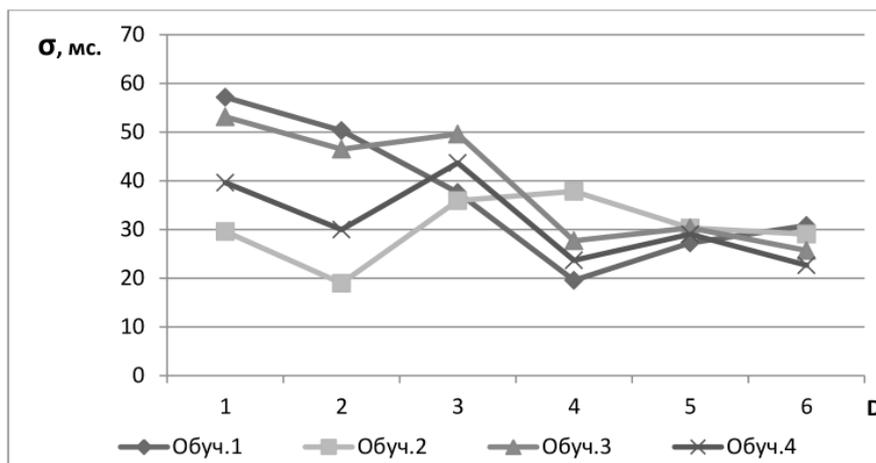


Рис. 3. График динамики значений результата оценки среднеквадратического отклонения результатов тестирования у обучающихся из первой группы: T – результат тестирования с использованием метода оценки точности наведения выдвиганием рабочего органа лесозаготовительной машины на дерево; D – день исследования

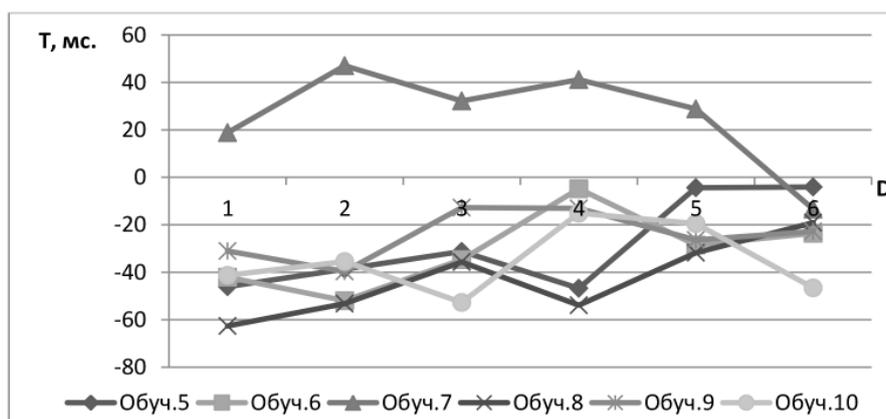


Рис. 4. График динамики значений результата тестирования у обучающихся из второй группы: T – результат тестирования с использованием метода оценки точности наведения выдвиганием рабочего органа лесозаготовительной машины на дерево; D – день исследования

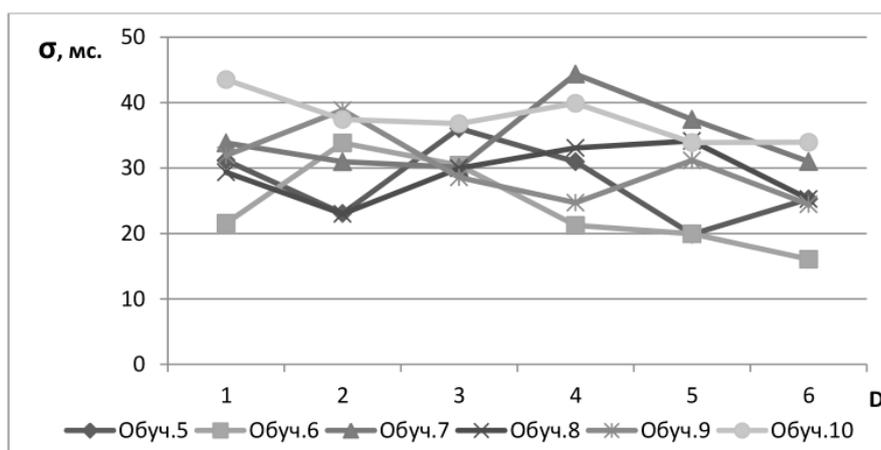


Рис. 5. График динамики значений результата оценки среднеквадратического отклонения результатов тестирования у обучающихся из второй группы: T – результат тестирования с использованием метода оценки точности наведения выдвиганием рабочего органа лесозаготовительной машины на дерево; D – день исследования

Через заданное время оператору предъявляют данные объекты в первоначальном размере, и тест повторяется заданное число раз.

Измерения выполнялись бинокулярно в помещении в светлое время суток в первой половине дня с 9 до 14 ч. Все испытуемые перед проведением исследований проходили 20-минутную световую адаптацию.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные, полученные в первый день эксперимента, считались исходными измеренными параметрами зрительного анализатора. Для удобства отображения информации на графиках по результатам прохождения тестирования в первый день в первую группу (результат теста от -10 до 10 мс) были отнесены 4 оператора, а во вторую (остальные испытуемые) 6 операторов.

Результаты проведенного эксперимента представлены на рис. 2–5.

Заключение

Из анализа представленных результатов можно сделать несколько выводов о динамике процесса обучения. Почти у всех операторов наблюдается снижение показаний среднеквадратического отклонения результатов тестирования от первого дня исследования до последнего. Это свидетельствует о более качественном выполнении поставленной задачи и получении к концу исследования реальных показаний психофизиологических характеристик.

Можно отметить, что у первой группы операторов диапазон значений среднеквадратического отклонения в среднем по группе снизился с 44,86 до 27,04 мс. У второй группы испытуемых диапазон значений среднеквадратического отклонения в сред-

нем по группе снизился с 31,9 до 26,08 мс. Отсюда можно сделать вывод, что максимальное улучшение показателя среднеквадратического отклонения было у первой группы, что свидетельствует о более быстрой адаптации исполнителей из данной группы к выполнению тестовых заданий.

Список литературы

1. Сюнев В.С., Селиверстов А.А. Исследование влияния сортиментной заготовки леса на качество получаемого древесного сырья // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2006. Вып. 14. С. 68–71.
2. Селиверстов А.А., Сюнев В.С., Герасимов Ю.Ю., Соколов А.П. Повышение эффективности использования харвестеров // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 8. С. 133–139.
3. Григорьев И.В., Петров М.Е. Дополнительные технические опции для повышения безопасности, надежности и энергоэффективности лесных машин // Вестник АГАТУ. 2021. № 3. С. 73–81.
4. Григорьев И.В., Войнаш С.А. Повышение эффективности подготовки операторов лесных машин // Лесозаготовка и комплексное использование древесины: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Красноярск, 2020. С. 62–66.
5. Karagiannis P., Togiannis T., Michalos G., Makris S. Operators training using simulation and VR technology // Procedia CIRP. 2021. № 96(12). P. 290–294. DOI: 10.1016/j.procir.2021.01.089.
6. Xie B., Liu H., Alghofaili R., Zhang Y., Jiang Y., Lobo F.D., Yu L.F. A review on virtual reality skill training applications // Frontiers in Virtual Reality. 2021. № 2. P. 645153.
7. Dado M., Hnilica R., Messingerová V. Applying virtual reality to forestry machinery safety education // EDU-LEARN18 Proceedings. 2018. P. 6866–6869.
8. Petukhov I. et al. Decision support system for assessment of vocational aptitude of man-machine systems operators // 2016 IEEE 8th International Conference on Intelligent Systems (IS). 2016. P. 672–679.
9. Ovaskainen H. Comparison of harvester work in forest and simulator environments // Silva fennica. 2005. Т. 39, № 1. P. 89–101.
10. Petukhov I., Steshina L., Glazyrin A., Velev D. Design model of a training simulator in virtual reality // Proceedings of the Fifth International Conference on Fundamentals and Advances in Software Systems Integration, Nice, France. 2019. P. 27–31.

УДК 004.942:669

DOI 10.17513/snt.39886

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ МЕЛКОСОРТНО-ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА)

Курзаева Л.В., Корнев Р., Слестников Н.А., Майоров П.Е., Складаров А.О.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова»,

Магнитогорск, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

Разработка и внедрение цифровых двойников является одним из перспективных направлений цифровой трансформации производственных систем и процессов. Упрощенно, цифровой двойник – это цифровая модель реального объекта или процесса, которая воспроизводит его состояние в различных условиях (применяемых или проектируемых), выполняющая описательную, мониторинговую или предиктивную функции. В статье приведена классификация цифровых двойников, их назначение, используемые технологии промышленной революции 4.0 для их реализации. Как показал анализ, цифровые двойники или Digital Twins – это наукоемкие мультидисциплинарные технологические решения, актуальные практически для всех отраслей экономики, которые имеют статус драйвера устойчивого развития. Практическая часть работы описывает один из аспектов реализации проекта по разработке цифрового двойника для металлургического производства, связанный с точностью визуализации технологического процесса. Предлагаемое решение является одним из первых для металлургической отрасли, а именно DTP-двойник – цифровой прототип мелкосортно-проволочного стана и его продукции, который включает в себя информацию и визуализацию технологического процесса по существующим технологическим регламентам и режимам прокатки катанки. Точность визуализации физических свойств продукции и технологического процесса позволяют обеспечить развитие данного решения от DTP до DTI, а также его тиражируемость и кастомизацию. Представленное решение покрывает задачи демонстрации особенностей режимов прокатки, их влияние на свойства конечной продукции и основано на применении цифрового моделирования (рассматриваемого как система, полученная на основе интеграции математического моделирования и технологий трехмерного моделирования) и технологий виртуальной реальности.

Ключевые слова: VR, DTP-двойник, металлургическое производство, цифровой двойник, DTI-двойник, цифровизация

DEVELOPMENT OF DIGITAL DOUBLES FOR METALLURGICAL PRODUCTION (USING THE EXAMPLE OF A FINE WIRE MILL)

Kurzaeva L.V., Kornev R., Slastnikov N.A., Mayorov P.E., Sklyarov A.O

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

The development and implementation of digital twins is one of the promising areas of digital transformation of production systems and processes. Simply put, a digital twin is a digital model of a real object or process that reproduces its state under various conditions (used or designed), performing descriptive, monitoring or predictive functions. The article provides a classification of digital twins, their purpose, and the technologies of the Industrial Revolution 4.0 used for their implementation. As the analysis showed, digital twins or Digital Twins are knowledge-intensive multidisciplinary technological solutions that are relevant for almost all sectors of the economy that have the status of a driver of sustainable development. The practical part of the work describes one of the aspects of the project to develop a digital twin for metallurgical production, related to the accuracy of visualization of the technological process. The proposed solution is one of the first for the metallurgical industry, namely a DTP twin – a digital prototype of a small-section wire mill and its products, which includes information and visualization of the technological process according to existing technological regulations and wire rod rolling modes. The accuracy of visualization of the physical properties of products and the technological process allows us to ensure the development of this solution from DTP to DTI, as well as its replication and customization. The presented solution covers the tasks of demonstrating the features of rolling modes, their impact on the properties of the final product and is based on the use of digital modeling (considered as a system obtained through the integration of mathematical modeling and three-dimensional modeling technologies) and virtual reality technologies.

Keywords: VR, DTP double, metallurgical production, digital double, DTI double, digitalization

Цифровая трансформация производств – одно из лидирующих направлений развития современных компаний. В рамках четвертой промышленной революции – Индустрии 4.0, бизнес начинает внедрять Интернет вещей (IoT), облачные сервисы и цифровые двойники, активно использовать мобильные устройства и приложения, анализируют

большие данные, применять машинное обучение, робототехнику, виртуальную / дополненную реальность [1].

Цифровизация позволяет предприятиям повышать эффективность системы управления, сокращать время на разработку новых продуктов и оптимизировать ресурсы компании.

Современная потребность в прогрессивном развитии и цифровая трансформация промышленности является изначальной идеей реального проекта для металлургического производства. Актуальность темы обуславливается следующими факторами.

Во-первых, потребностью металлургической отрасли в новом способе мониторинга и управления процессами в режиме реального времени для принятия решений по изменению процесса и достижению высокого качества продукции. С этой целью используется потенциал цифровых двойников, которые позволят не только осуществлять мониторинг процессов на разных уровнях консолидации данных, но и строить предиктивные модели на основе собранных данных и машинного обучения.

Во-вторых, по экспертным оценкам [2–4], рост объема мирового рынка цифровых двойников в ближайшее время планируется в среднем на 40% от нынешних показателей, а сама технология занимает второе место среди технологий, гарантирующих экономическое развитие и лидерство.

В-третьих, цифровой двойник, совместно с облачными сервисами, анализом больших данных и искусственным интеллектом, способен найти слабое место в логистике, автоматизировать ряд процессов, а также предсказать ряд рисков. Данные возможности могут предотвратить чрезвычайные ситуации и неожиданные затраты, а также просто сократить их.

Целью настоящей работы является раскрытие особенностей разработки цифровых двойников в части визуализации технологи-

ческих процессов металлургии на примере мелкосортно-проволочного стана.

Материалы и методы исследования

В настоящее время общепринятого определения термина «цифровой двойник» нет.

В рамках данной статьи под термином «цифровой двойник (Digital Twin)» будем понимать виртуальную интерактивную копию реального физического объекта или процесса, которая в зависимости от цели создания и стадии жизненного цикла копируемого объекта реального мира выполняет одну или несколько функций: описательную, мониторинговую, предиктивную [5]. Цифровой двойник стана позволит моделировать расположение оборудования, перемещение рабочих, выбрать температуру стали, схему работы, прогнозировать результаты работы стана.

Цифровой двойник применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия, включающих в себя разработку, изготовление и эксплуатацию.

Существует несколько видов цифровых двойников (таблица). Прототип (Digital Twin Prototype, DTP), экземпляр (Digital Twin Instance, DTI), агрегированный двойник (Digital Twin Aggregate, DTA).

Цифровые двойники давно используют в разных сферах: грузоперевозка, электрические фермы, бизнес-сфера, металлургия [6], воздушный транспорт, нефтяные сооружения, здравоохранение, обучение персонала [7, 8].

Для реализации полного потенциала цифровых двойников необходима надежная платформа, позволяющая им жить, учиться и работать в промышленных масштабах.

Типы цифровых двойников

Тип двойника	Описание	Используемые технологии	Стадии ЖЦ реального объекта
DTP	Прототип некоторого физического объекта, и он включает в себя информацию, которая нужна для создания физической версии объекта и описание его свойств	Математическое моделирование, трехмерное моделирование, виртуальная реальность, искусственный интеллект	Разработка, изготовление
DTI	Экземпляр некоторого физического объекта, который содержит данные обо всех характеристиках и эксплуатации физического объекта, включая трехмерную модель, и действует параллельно с оригиналом	Виртуальная реальность, Интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект	Производство, эксплуатация
DTA	Вычислительная система из цифровых двойников и реальных объектов, которыми можно управлять из единого центра и обмениваться данными внутри	Виртуальная реальность, Интернет вещей, машинное обучение, большие данные, блокчейн	Производство, эксплуатация

Результаты исследования и их обсуждение

Произведенный обзор позволил выявить следующие требования к дальнейшей разработке: особое внимание к точности визуализации физических свойств продукта и процесса; расширяемость от DTP до DTI; тиражируемость и кастомизация. Здесь DTP-двойник – цифровой прототип стана и его продукции, который включает в себя информацию и визуализацию технологического процесса по существующим технологическим регламентам и режимам прокатки катанки; концептуальные и программные решения для разработки DTI-двойников экземпляров, а DTI-двойник как расширение DTP в части связи цифровой модели с реальным объектом (станом) на протяжении всего жизненного цикла.

В части визуализации основной функцией цифрового двойника является визуализация изменения состояния катанки на мелко-сортном-проволочном стане 170. В данную функцию входят следующие элементы:

- визуализация температуры катанки на всей линии охлаждения;
- визуализация работы системы охлаждения катанки;
- визуализация состояния крышек линии охлаждения;
- визуализация поступления/сброса катанки с линии охлаждения;
- визуализация помещения стана 170.

Помимо визуализации в системе реализована функция сохранения, удаления, загрузки сценариев в базу данных. Для реализации данной функции в системе будет реализован конструктор сценариев, позволяющий редактировать сценарии для конкретной марки стали.

Информационные потоки системы реализованы согласно схеме, изображенной на рисунке 1.

Инструменты и технологии

Визуализация охлаждения катанки мелко-сортно-проволочного стана создана с применением технологий виртуальной реальности. Тестирование программного продукта производилось с применением VR устройств компании Meta Rift (S и Quest 2), а также на устройствах компании HTC (Vive Pro). Целевым шлемом виртуальной реальности, для которого велась разработка программного обеспечения, является Meta Rift S. Для получения трехмерной визуализации и интеграции с устройствами виртуальной реальности использовался движок Unity. Основным языком программирования в данной среде разработки – C#. Разработка и анимация трехмерных моделей производилась в средствах трехмерного моделирования. Текстурирование и создание материалов для трехмерных моделей производилось с использованием Substance Painter, GIMP и Photoshop. Связь с базой данных осуществлялась с помощью библиотеки SQLite.

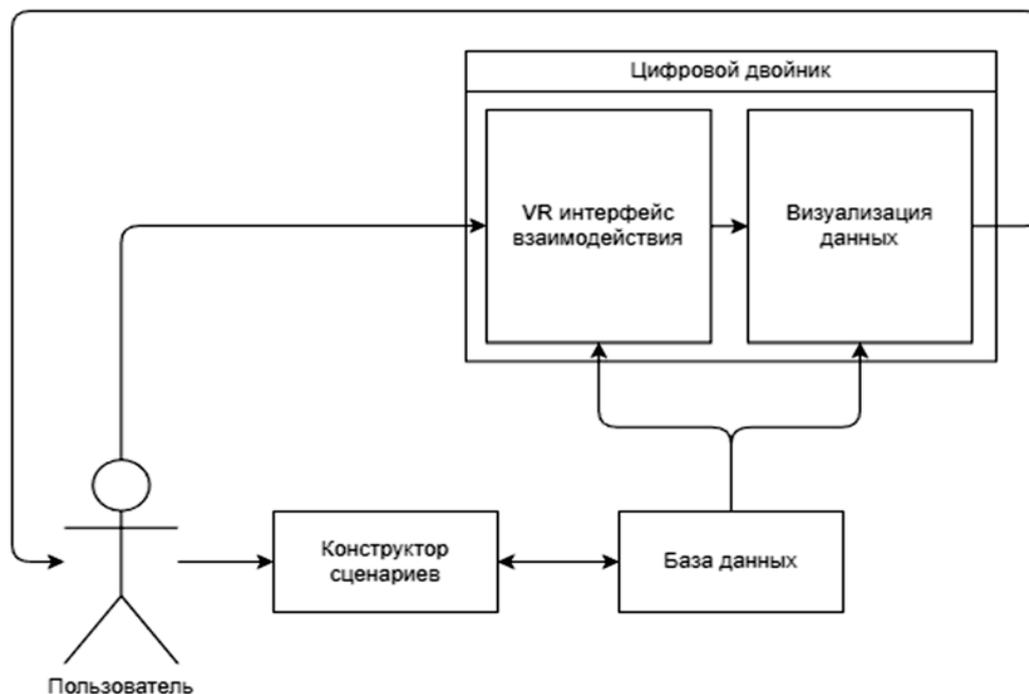


Рис. 1. Основные информационные потоки системы

Входные данные

Из базы данных загружается набор конфигурации для разных по свойствам марок стали и технологическим режимам. Данными марками стали могут быть как текущие производимые металлургическим комбинатом марки, так и предлагаемые марки стали, которые в данный момент не производятся или находятся на стадии исследования. Программное обеспечение имеет интерфейс, посредством которого производится создание, изменение и удаление марок стали из базы данных. Для визуализации процесса охлаждения определенной марки стали из базы данных происходит получение следующих параметров: название и марка стали, профиль, допуск по химии, скорость прокатки, температура на разных участках, скорость катанки на секциях, угол заслонок вентиляторов охлаждения, мощность вентиляторов охлаждения, температура металла на разных участках, настройка градиента температурной визуализации, параметры смещения катанки по секциям и т.д.

Взаимодействие

После того как пользователь запустил визуализацию, происходит загрузка технологических данных из базы данных. После загрузки и подготовки сцены пользователь появляется на стартовой точке цифрового двойника стана 170. Взаимодействие с визуализацией происходит посредством контроллеров устройства виртуальной реальности. На левом контроллере находится панель управления визуализацией, которая позволяет выбирать марки стали и запускать визуализацию для обеих линий стана, перемещаться по этажам цеха, просматривать информацию о состоянии катанки на выбранной секции, выводить графики по основным показателям и просматривать изображение структуры полученной катанки. С помощью отслеживания положения

контроллеров в пространстве пользователь может использовать специальную указку, расположенную на правом контроллере, для взаимодействия с панелью управления. Пользователь может свободно перемещаться по цифровому двойнику, физически перемещаясь в пространстве или используя указку на правом контроллере для указания желаемой позиции для перемещения. Пользователь может свободно поворачиваться, физически поворачивая голову или с помощью кнопок на контроллере.

Визуализация

После выбора желаемой марки стали пользователь может запустить процесс визуализации катанки. После запуска катанка выбрасывается на протяжении двух минут и движется по линии охлаждения. Скорость и заваливание катанки на секциях зависит от параметров, взятых из базы данных по данной марке стали. Во время движения катанки по линии есть возможность просмотреть подробную информацию о ее состоянии на текущей секции линии. В соответствии с оригиналом скорость меняется в зависимости от секции, по которой проходит катанка. Регулируется положение крышек на линии и заслонок охлаждающих вентиляторов. Из-за специфической конструкции вентиляторов, температура катанки при охлаждении неравномерно распределяется от центра к краям металла, что отображено в визуализации с помощью специально созданного для этой цели шейдера. Для визуализации распределения температуры используются результаты измерения температуры реальной стали, на равном промежутке, на протяжении всей линии катанки. На основе этих данных выстраивается температурный градиент. Указывается градиент распределения температуры от центра, к краям катанки, в процентном соотношении. Градиент распределения служит маской для температурного градиента.

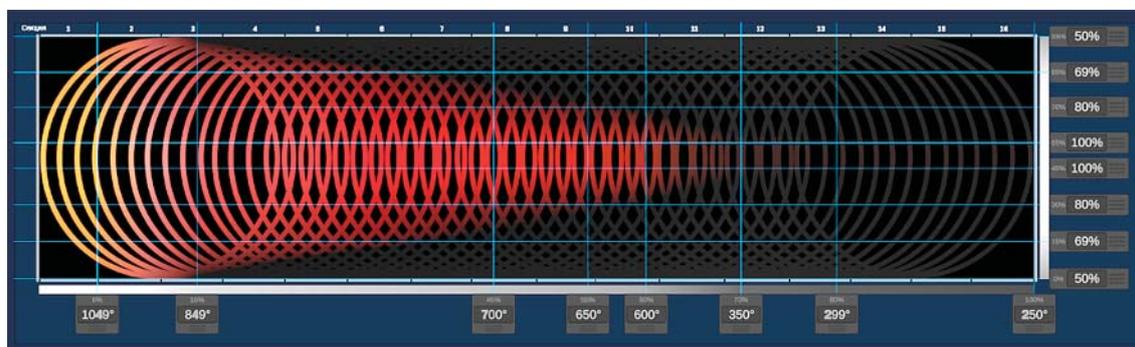


Рис. 2. Температурный градиент катанки



Рис. 3. Режим демонстрации от лица пользователя

В соответствии с температурой рассчитывается цвет катанки на определенном этапе. Пример полученного таким способом градиента можно увидеть на рис. 2.

Полученный цветовой градиент распределяется по линии. При прохождении по линии шейдер стали использует данные о текущем цвете из цветового градиента, посредством чего визуализируется температурное состояние катанки на линии. В конце линии охлажденная катанка собирается в катушку, а пользователь может перезапустить визуализацию катанки, либо выбрать другую марку стали.

Демонстрация

Для демонстрации цифрового двойника в программном обеспечении предусмотрен специальный режим демонстрации. Режим демонстрации можно включить через персональный компьютер, на котором запущена визуализация. Режим демонстрации позволяет свободно перемещаться по визуализации стана 170, одновременно с пользователем, находящимся в устройстве виртуальной реальности. В режиме демонстрации демонстрирующий, посредством управления через мышь и клавиатуру, может управлять специальным «дроном». Пользователь в VR устройстве может видеть демонстрирующего. Демонстратор обладает указкой, с помощью которой он может ставить пользователю метки, чтобы сконцентрировать его внимание

на чем-либо. Демонстратор от лица пользователя изображен на рис. 3.

Заключение

Точность визуализации рассматриваемого технологического процесса в цифровом двойнике важна как для проведения научных изысканий по поиску оптимальных технологических параметров, так и для демонстрации технологического режима в ходе обучения технологического персонала.

Практически реализовано решение использования DTP-двойника как цифрового прототипа стана и его продукции, который включает в себя информацию и визуализацию технологического процесса по существующим технологическим регламентам и новым, только разрабатываемым технологическим режимам прокатки катанки. Разработаны новые способы и инструменты визуализации технологических процессов металлургического производства при помощи цифровых двойников-прототипов (DTP), посредством применения технологий трехмерного моделирования и VR-технологий.

Список литературы

1. Ценжарик М.К., Крылова Ю.В., Стешенко В.И. Цифровая трансформация компаний: стратегический анализ, факторы влияния и модели // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2020. № 3. С. 390–420.
2. Головин С.Ю. Анализ рынка дополненной и виртуальной реальности в современной России // Бизнес-образование в экономике знаний. 2019. № 3 (14). С. 26–29.

3. Ермолаева В.В., Горков А.М. Развитие виртуальной реальности // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 58–2. С. 14–17.
4. Шпак П.С., Сычева Е.Г., Меринская Е.Е. Концепция цифровых двойников как современная тенденция цифровой экономики // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». 2020. Т. 18, № 1. С. 57–68. DOI: 10.24147/1812-3988.2020.18(1).57-68.
5. Maurer T. What is a digital twin? // Engineering.com. 2017. URL: <https://community.plm.automation.siemens.com/t5/Digital-Twin-Knowledge-Base/What-is-a-digital-twin/tap/432960> (дата обращения: 28.09.2023).
6. Шустер Р., Фойгт Н., Натх Г., Лув Н. Возможности цифровых технологий по трансформации ценностных цепочек в металлургии и металлообработке // Черные металлы. 2019. № 3. С. 59–63.
7. Уваров А.Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании // Наука и школа. Секция: Компьютерные и информационные науки. 2018. № 4. С. 108–117.
8. Курзаева Л.В. К вопросу о формировании системы оценки результатов обучения личности в рамках формального, неформального и внеформального обучения // Электротехнические системы и комплексы. 2015. № 2 (27). С. 57–61.

УДК 004.89:902.4

DOI 10.17513/snt.39887

ФЕНОМЕН КОНВЕРГЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ОБЪЕКТОВ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Надеждин Е.Н., Карпов К.П.

ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет», Москва,

e-mail: en-hope@yandex.ru, kpkarpov1@gmail.com

Ускорение научно-технического прогресса и стремительное освоение его новейших достижений определили тенденцию цифровой трансформации всех сфер современного информационного общества. В условиях ускоренного развития и расширения возможностей информационных и когнитивных технологий открылись значительные перспективы в создании цифрового контента гуманитарной области. В статье рассмотрены вопросы применения технологии виртуального моделирования при решении проблемы сохранения и презентации историко-культурного наследия. Обоснована содержательная модель и дана когнитивно-информационная интерпретация задачи виртуальной реконструкции архитектурных объектов историко-культурного наследия России. На основе анализа и обобщения отечественного опыта виртуальной реконструкции храмов и известных архитектурных памятников обоснован укрупненный алгоритм реализации технологии 3D-моделирования. Показано, что в основе разработки комплекса виртуальных моделей лежат процедуры сбора, критического анализа, систематизации, идентификации и преобразования всей доступной информации о культовом объекте в специальные знания предметной области. С применением диаграммы коопераций универсального языка визуального моделирования UML изучен механизм взаимодействия информационных и когнитивных технологий. Раскрыта сущность феномена конвергенции информационных и когнитивных технологий в составе технологии 3D-моделирования. Установлены особенности их взаимодействия и эффект конвергенции. На примерах решения задач виртуальной реконструкции культовых объектов выявлена ведущая роль информационных технологий в тандеме «когнитивные и информационные технологии».

Ключевые слова: историко-культурное наследие, виртуальная реконструкция, информационные и когнитивные технологии, конвергенция технологий, специальные знания

THE PHENOMENON OF TECHNOLOGY CONVERGENCE IN TASKS OF VIRTUAL RECONSTRUCTION OF OBJECTS HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE

Nadezhdin E.N., Karpov K.P.

Russian State Humanitarian University, Moscow,

e-mail: en-hope@yandex.ru, kpkarpov1@gmail.com

The acceleration of scientific and technological progress and the rapid development of its latest achievements have determined the trend of digital transformation of all spheres of the modern information society. In the context of the accelerated development and expansion of information and cognitive technologies, significant prospects have opened up in the creation of digital content in the humanitarian field. The article discusses the use of virtual modeling technology in solving the problem of preserving and presenting historical and cultural heritage. A meaningful model is substantiated and a cognitive-informational interpretation of the problem of virtual reconstruction of architectural objects of the historical and cultural heritage of Russia is given. Based on the analysis and generalization of domestic experience in the virtual reconstruction of temples and famous architectural monuments, an enlarged algorithm for implementing 3D modeling technology has been substantiated. It is shown that the development of a complex of virtual models is based on procedures for collecting, critically analyzing, systematizing, identifying and converting all available information about a cult object into specialized knowledge of the subject area. Using the cooperation diagram of the universal visual modeling language UML, the mechanism of interaction between information and cognitive technologies is studied. The essence of the phenomenon of convergence of information and cognitive technologies as part of 3D modeling technology is revealed. The features of their interaction and the convergence effect have been established. Using examples of solving problems of virtual reconstruction of religious objects, the leading role of information technologies in the tandem of “cognitive and information technologies” is revealed.

Keywords: historical and cultural heritage, virtual reconstruction, information and cognitive technologies, convergence of technologies, special knowledge

Сохранение православных храмов и архитектурных памятников XVII–XIX вв. в максимально достоверных формах – одно из приоритетных направлений современной музеефикации и деятельности по охране историко-культурного наследия России [1, 2]. Это обстоятельство определяется

исключительной важностью сбережения, сохранения и актуализации для потомков достижений и традиций национальной культуры в условиях физического старения и естественного разрушения архитектурных объектов. На состояние и защищенность артефактов культурного наследия России

негативное влияние оказывают многочисленные факторы различной физической природы [3]. Нейтрализация (или ослабление) угроз существованию или сохранению первоначального облика памятников затрудняется трудоемкостью и затратностью существующих технологий и ограниченностью ресурсов, выделяемых для реставрации и/или восстановления. Все это вынуждает искать принципиально новые подходы к проблемам охраны, сбережения и реконструкции памятников историко-культурного наследия.

Перспективный способ решения указанной проблемы – виртуальная реконструкция памятников культуры на базе современных компьютерных технологий с применением методов и инструментальных средств 3D-моделирования [4]. Как известно, виртуальная реконструкция – научное направление, в котором нашли отражение результаты взаимного развития и влияния методов и средств современной информатики, информационных технологий, искусственного интеллекта, культурологии и архитектурного дизайна. Эксперты в области музеефикации рассматривают виртуальную реконструкцию как специальный инструмент социогуманитарного исследования, главной задачей которого является точное воссоздание какого-либо объекта или события в трехмерной среде для его визуализации, сохранения внешнего облика и формирования информационно-методической платформы для дальнейшего научного исследования [5]. Опираясь на отечественный опыт виртуальной реконструкции, также отметим, что комплекс 3D-моделей культового или архитектурного объекта следует рассматривать как особую (визуальную) форму представления структурированных знаний – модель предметной области, удобную для последующего гуманитарного исследования.

Сегодня наблюдается динамичный рост количества публикаций, в которых обсуждаются вопросы развития и практического использования компьютерных технологий для идентификации виртуальных моделей и воссоздания первоначального облика избранных объектов культовой архитектуры. Практически утраченные или требующие особого отношения объекты нередко могут быть восполнены лишь с помощью мультимедийного контента в формате цифровых технологий. Применение электронных ресурсов может помочь наиболее целостно отобразить объекты материального и нематериального культурного наследия. С привлечением данных ресурсов возможно реконструировать виртуальными средствами

также объекты культурного наследия, которым грозит физическое разрушение или утрата. Как показал анализ потока публикаций [6], виртуальные реконструкции объектов историко-культурного наследия являются одной из наиболее динамично развивающихся сфер приложения ИТ в отечественных социогуманитарных исследованиях. Произошедший в начале XXI в. «цифровой поворот» в гуманитарных науках существенно актуализировал проблему реконструкции и сохранения историко-культурного наследия в цифровой среде [7].

По оценкам ведущих экспертов [4, 5], основные трудности в создании унифицированных методик виртуальной реконструкции исторических памятников в значительной степени обусловлены: недостатком или противоречивостью первичной информации об исследуемом объекте, сложностью структуризации и представления знаний предметной области, гетерогенностью существующих инструментальных программных средств и технологий и, собственно, уникальностью процесса визуальности артефактов в виртуальной цифровой среде, требующего от исследователей высокой квалификации для реализации междисциплинарного подхода к задачам идентификации, анализа и синтеза 3D-моделей.

Цель исследования – анализ существующих подходов к проблеме виртуальной реконструкции культовых и архитектурных объектов, а также структуризация и формальное представление перспективной междисциплинарной технологии синтеза 3D-моделей, основными компонентами которой выступают информационные и когнитивные технологии (ИТ и КТ) с учетом эффекта их конвергенции.

Материалы и методы исследования

Анализ доступных источников, отражающих отечественный и мировой опыт разработки и применения 3D-моделирования культовых сооружений и архитектурных объектов, позволил выделить ряд общих положений, которые лежат в основе современных гибридных технологий виртуальной реконструкции историко-культурного наследия.

1. Любая виртуальная реконструкция культового, архитектурного (или иного физического) объекта должна базироваться на системном подходе к изучению архивных документов и материалов и их научно-историческом анализе.

2. Систематизированные информационные материалы об объекте должны быть размещены в унифицированной источниковой базе с открытым доступом.

3. Принципиальными являются вопросы о научно обоснованной декомпозиции проблемы виртуальной реконструкции, выборе системы показателей качества реконструкции и форм представления ее результатов.

4. Научно обоснованные виртуальные реконструкции как отдельных компонентов, так и всего культурного объекта должны быть верифицированы на основе общепринятой методики.

5. Применение для решения частных задач реконструкции апробированных методов, технологий и унифицированных инструментальных средств математического

моделирования и интеллектуального анализа данных.

В процессе настоящего исследования был изучен и проанализирован отечественный опыт создания 3D-моделей виртуальной реконструкции Страстного монастыря в г. Москве [1], виртуальной реконструкции Московского женского монастыря «Всех скорбящих радости» начала XX в. [2], Казанского кафедрального собора г. Иркутска и др. культовых объектов.

Базовую методику виртуальной реконструкции с интерактивным показом представим в виде обобщенного алгоритма (рис. 1).

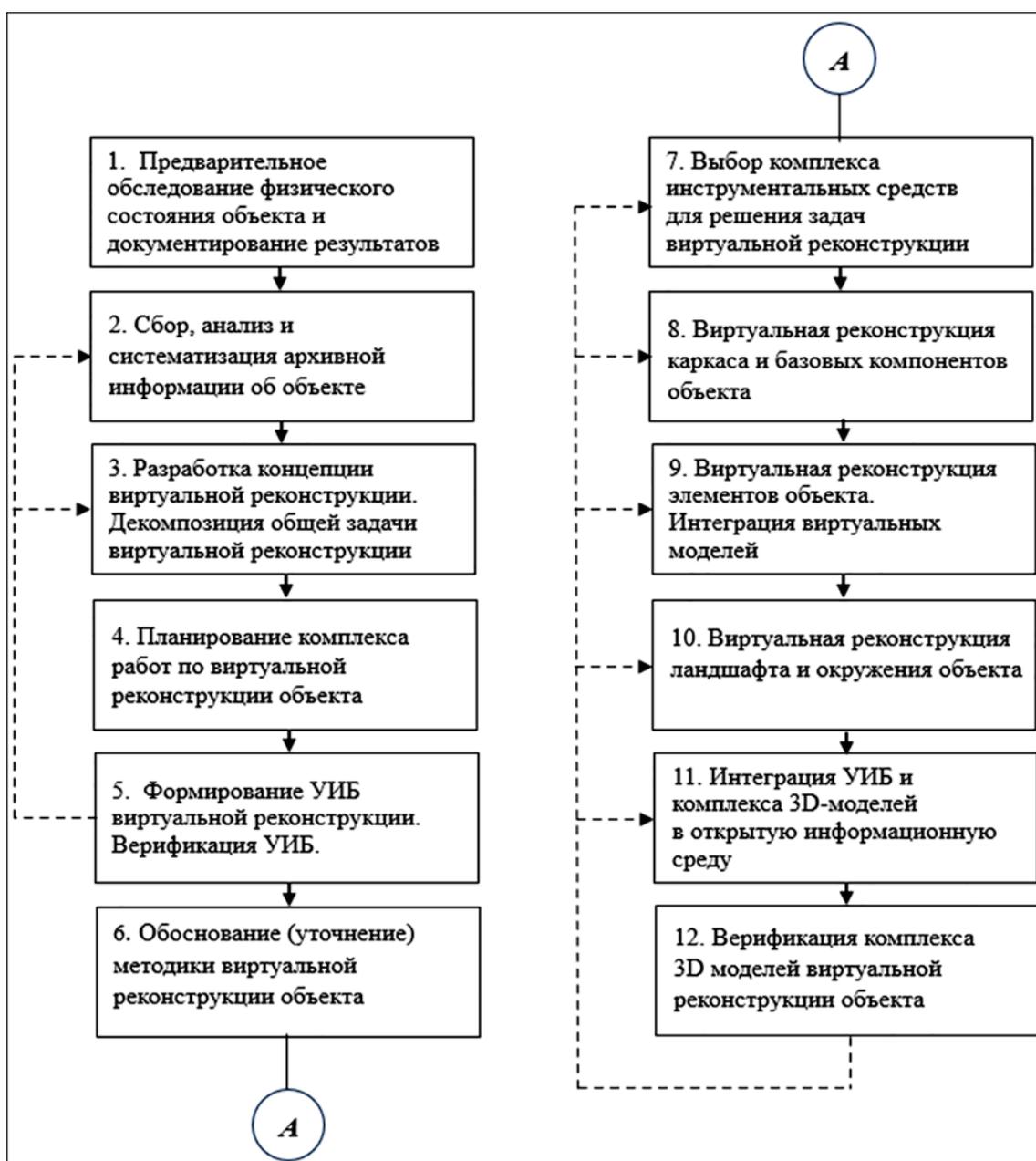


Рис. 1. Схема обобщенного алгоритма виртуальной реконструкции объекта историко-культурного наследия

ЭТАП 1. Осуществляется предварительное профессиональное обследование физического состояния объекта историко-культурного наследия с фиксацией результатов.

ЭТАП 2. На этом этапе производится комплекс поисковых и научно-исследовательских работ, связанных с выявлением и изучением всех доступных источников информации (архивные материалы, чертежи, фотографии, эскизы, мемуары и др.). Основное внимание уделяется вопросам критического анализа, проверки достоверности данных и систематизации полученной информации.

ЭТАП 3. Разработка концепции виртуальной реконструкции. Декомпозиция исходной задачи виртуальной реконструкции на совокупность частных задач анализа, синтеза и идентификации составных компонентов исследуемого объекта. На практике в ходе формирования концепции формируются и утверждаются техническое задание и другие документы на выполнение проекта виртуальной реконструкции.

ЭТАП 4. Планирование комплекса работ по виртуальной реконструкции объекта с учетом располагаемых ресурсов и привлекаемых профильных специалистов. Как правило, здесь составляется календарный план выполняемых мероприятий с указанием содержания выполняемых работ, сроков их реализации, используемых инструментальных средств, привлекаемых ресурсов и конкретных исполнителей.

ЭТАП 5. Формирование и обновление унифицированной информационной базы (УИБ) виртуальной реконструкции. Основное содержание этапа составляют действия по накоплению, обобщению и формализации информации и созданию базы данных, а в перспективе – специализированной базы знаний предметной области. Предполагается, что наряду с режимами адресного поиска и доставки информации по запросу пользователя допускаются режимы форматирования, обновления и пополнения содержания документов УИБ. После завершения основных работ по созданию УИБ осуществляется ее верификация.

ЭТАП 6. Обоснование (или уточнение) методики виртуальной реконструкции объекта с учетом арсенала доступных инструментальных средств поддержки D-моделирования [4, 5].

ЭТАП 7. Выбор комплекса инструментальных программных средств для решения задач виртуальной реконструкции. Для каждой стадии виртуальной реконструкции из набора имеющихся в распоряжении средств выбираются программные пакеты с учетом следующих требований: унификация; совместимость; масштабируемость и др.

ЭТАП 8. Виртуальная реконструкция каркаса и базовых компонентов объекта.

ЭТАП 9. Виртуальная реконструкция элементов объекта. Интеграция виртуальных моделей на единой информационной платформе.

ЭТАП 10. Виртуальная реконструкция ландшафта и окружения объекта.

ЭТАП 11. Интеграция УИБ и комплекса 3D-моделей в открытую информационную среду. Кроме этого, в состав комплекса 3D-моделей вводятся компоненты, поддерживающие интерактивный режим работы с пользователем.

ЭТАП 12. Верификация комплекса 3D-моделей виртуальной реконструкции объекта. На основе известных методов и инструментальных средств верификации пространственных моделей сложных систем осуществляется верификация комплекса 3D-моделей виртуальной реконструкции объекта.

Изложенный выше алгоритм реализации технологии виртуальной реконструкции культового (или архитектурного объекта) в связи с уникальностью последнего и сложностью формирования полноценной УИБ предметной области имеет, как правило, итерационный характер. По результатам верификации УИБ (этап 5) в теле алгоритма возможны циклы, связанные с изменением структуры и содержания УИБ (циклы типа «этап 5 – этап 2» и «этап 5 – этап 3»). В случае неудачной верификации всего комплекса 3D-моделей на этапе 12 предусматриваются циклы, обусловленные возвратом исследователей к работам, выполняемым на этапах 7–11.

Наиболее трудоемкими, ответственными и одновременно наименее формализованными на настоящее время остаются исследования, проводимые на этапах 1–4 виртуальной реконструкции. В значительной степени это обстоятельство определяется уникальностью исследуемого культового объекта и спецификой решаемой задачи виртуальной реконструкции. Междисциплинарный характер и многоаспектность научных исследований накладывают дополнительные требования на выбор стратегии, методов и средств информационно-аналитической поддержки выполнения комплекса разноплановых работ. Методологическую базу исследований составляют положения и принципы системного подхода, методы гуманитарного исследования, методы прикладной информатики и искусственного интеллекта. Опираясь на отечественный опыт успешного решения задач виртуальной реконструкции культовых объектов, можно указать на ведущую роль информационных и когнитивных технологий,

которые часто выступают в формате тандема. Современная интерпретация взаимного развития, проникновения и интеграции информационных и когнитивных технологий при решении проблем конкретной предметной области приводит нас к понятию «конвергенция» [8].

Конвергенция (от англ. *convergence* – схождение в одной точке) означает взаимное влияние и взаимопроникновение технологий, их частичное объединение в единую научно-технологическую область знания, когда границы между отдельными технологиями стираются, и на стыке разных областей в процессе системной междисциплинарной работы появляются инновационные

результаты. Влияние феномена конвергенции науки и технологии на нашу цивилизацию носит системный характер. Это новое целостное представление о мире, новое знание; новый результат познания внешнего мира; новый результат познания внутреннего мира самого субъекта. Опираясь на рекомендации известных работ [8, 9], в данном исследовании конвергенцию технологий будем понимать как процесс синергетического взаимодействия и сходимости когнитивных и информационных технологий, развивающихся в одном направлении и совместно решающих нетривиальные задачи виртуальной реконструкции избранных объектов гуманитарной сферы.



Рис. 2. Диаграмма сотрудничества ИТ и КТ для второго и третьего этапов виртуальной реконструкции

Наиболее значительным эффектом проявления конвергенции информационных и когнитивных технологий при решении проблемы виртуальной реконструкции является создание инновационной формы представления знаний предметной области – комплекса пространственных моделей, интегрированных в открытую интерактивную информационную среду. Разработка и использование такой концептуальной модели фактически поднимает накопленные и систематизированные знания об исследуемом культовом объекте и его окружении на более высокий междисциплинарный уровень гуманитарного исследования.

Особенности механизма конвергенции информационных и когнитивных технологий на отдельных этапах виртуальной реконструкции покажем с использованием диаграмм взаимодействия, синтаксис которых разработан в составе универсального языка визуального моделирования UML [10]. При этом ограничимся рассмотрением этапов 1–4 реализации методики виртуальной реконструкции (рис. 1), для которых построим диаграмму сотрудничества (кооперации) технологий.

Известно, что в диаграмме сотрудничества (*collaboration diagram*), относящейся к группе диаграмм взаимодействий UML, основной акцент сделан на визуальном представлении объектной архитектуры системы реконструкции и отображении отношений (механизма взаимодействия) информационных объектов, посылающих и получающих сообщения.

На рис. 2 представлена диаграмма сотрудничества ИТ и КТ при выполнении комплекса работ на втором и третьем этапах виртуальной реконструкции.

Отметим, прежде всего, разделение областей ответственности ИТ и КТ. Инструментальные программные средства ИТ здесь традиционно используются для предварительной обработки и цифровизации первичной информации, а также для автоматизации аналитической и исследовательской деятельности. Итогом практического приложения базовых ИТ является создание УИБ исследуемого культового объекта, которая представляет собой базу данных с соответствующей системой управления, обеспечивающей комфортный доступ пользователя к цифровым копиям документов. Для обеспечения автоматизированного поиска информации в УИБ с учетом принятой модели разграничения прав доступа создается система управления базами данных (СУБД).

Потенциал КТ в большей степени востребован при разработке моделей представления и интерпретации знаний, а так-

же при создании базы знаний предметной области на основе дальнейшей обработки, визуализации и анимации накопленной в УИБ информации. Одной из ответственных прикладных задач является идентификация отсутствующих (утраченных) конструктивных элементов исследуемого объекта с применением нейросетевых и семантических моделей и процедур машинного обучения. Для получения формального представления и семантического анализа дополнительной информации об объекте и его окружении используются эвристические методы исследования с привлечением профильных экспертов [3].

Одним из перспективных приложений одновременно средств ИТ и КТ являются задачи оцифровки и интеллектуального анализа (сегментация, кластеризация, распознавание, идентификация) результатов лазерного сканирования объекта и окружающего ландшафта в целях получения изображений высокой четкости, уточнения числовых характеристик и создания точных геометрических моделей местности. Другим научным направлением реализации потенциала конвергентной технологии, использующей новейшие достижения в области современных ИТ и КТ, может стать разработка методологии верификации УИБ.

Таким образом, применение виртуальной реконструкции, сочетающей теоретическое гуманитарное знание и прикладные практики, позволяет получить новые научные данные, основанные на достоверных исторических сведениях и представленные с использованием инструментальных средств современных ИТ и КТ.

Выводы

1. Обобщение накопленного опыта и структуризация технологии виртуальной реконструкции являются важным этапом ее развития и формализации на основе применения современных методов и инструментальных средств прикладной информатики, математического моделирования и интеллектуального анализа данных.

2. Следует ожидать, что результатом совместного развития и конвергенции ИТ и КТ в контексте постановки и решения проблемы виртуальной реконструкции объектов историко-культурного наследия будет создание базы знаний предметной области, которая, в свою очередь, является ключевым компонентом прототипа специализированной интеллектуальной информационной системы поддержки виртуальной реконструкции.

3. Технология виртуальной реконструкции объектов историко-культурного насле-

для при активном развитии и последующей формализации основных видов работ на платформе интерактивной информационной среды 3D-моделирования в перспективе может стать универсальным рабочим инструментом гуманитарного исследования.

Список литературы

1. Бородкин Л.И. Виртуальная реконструкция монастырских комплексов Москвы: проекты в контексте Digital humanities // Вестник Пермского университета. Сер. История. 2014. № 3 (26). С. 107–112.
2. Жеребятьев Д.И. Построение открытой информационной среды в задачах 3D-моделирования историко-культурного наследия: онлайн-доступ к источникам виртуальной реконструкции монастырского комплекса начала XX в. // Историческая информатика. Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. Алтайский гос. ун-т (Барнаул). 2012. № 1 (1). С. 80–91.
3. Надеждин Е.Н. Многофакторный когнитивный анализ защищенности объектов культурно-исторического наследия России // Вестник РГГУ. Серия «Информатика. Информационная безопасность. Математика». 2023. № 1. С. 23–37.
4. Вареник К.А. Обзор исследований внедрения технологий информационного моделирования для объектов архитектурного наследия // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 3. URL: <https://esj.today/PDF/69SAVN323.pdf> (дата обращения: 17.11.2023).
5. Румянцев М.В., Смолин А.А., Барышев Р.А., Рудов И.Н., Пиков Н.О. Виртуальная реконструкция объектов историко-культурного наследия // Прикладная информатика. 2011. № 6 (36). С. 62–77.
6. Павлов К.В. Виртуальные реконструкции объектов историко-культурного наследия как научное направление (1996–2020): структура научной коммуникации в контексте анализа цитирований // Историческая информатика. 2021. № 3. С. 162–178.
7. Лопатина Н.В. Принципы цифровизации сохранения культурного наследия // Вестник РГГУ. Серия «Информатика. Информационная безопасность. Математика». 2020. № 4. С. 8–18.
8. Алиева Н.З., Шевченко Ю.С., Горинова Е.В. Синергетика как интегратор науки и технологий / В кн.: Теоретико-методологические основания трансформации технонауки в XXI веке в контексте процессов конвергенции: монография. Новочеркасск: Лик, 2012. С. 96–106.
9. Бешенков С.А., Шутикова М.И., Миндзаева Э.В. Информационно-когнитивные технологии – современный образовательный тренд // Информатика и образование. 2017. № 7 (286). С. 26–28.
10. Галисханов Э.Г., Воробьев А.С. Анализ и проектирование систем с использованием UML: учебное пособие для вузов. М.: Юрайт. 2023. 125 с.

УДК 004:629.33:621.396.663
DOI 10.17513/snt.39888

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПЕЛЕНГАЦИИ В ЗАДАЧАХ ОРИЕНТАЦИИ АВТОНОМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ЗАКРЫТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УЧАСТКЕ

Худоногов Д.Ю., Никитенко М.С., Кизилов С.А.

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук», Кемерово,
e-mail: admolv@gmail.com, ltd.mseng@gmail.com, sergkizilov@gmail.com

В статье рассмотрен вариант применения метода радиопеленгации в задачах движения автономных транспортных средств (АТС) по заданной траектории на закрытых технологических участках, в частности в качестве дополнения к работе алгоритмов позиционирования АТС в условиях потери управляющей системой на основе машинного зрения пространственной привязки к маршруту. Проведены исследования и моделирование видов модуляции сигналов с целью определения направления движения объектов с минимальными отклонениями. По результатам моделирования для модуляций BPSK и QPSK определены коэффициенты ошибок модуляции, вектор ошибки, отношения сигнал/шум. В лабораторных условиях выполнены исследования азимутов углов прихода сигнала стационарного передающего устройства с применением алгоритма MUSIK, по результатам которых определен вид модуляции с наиболее точными характеристиками для решения задачи ориентации подвижных объектов методом пеленгации. В практической реализации разработаны схема движения АТС на основе результатов проведенных исследований, а также аппаратно-программное обеспечение управления физической моделью АТС на основе прототипа системы ориентации подвижных объектов методом пеленгации сигнала и аппаратным модулем автоматического управления положением рулевых колес АТС в зависимости от пеленгационного положения (рельефа).

Ключевые слова: автономный транспорт, автономное транспортное средство, радиопеленгация, лабораторный макет ориентации подвижных объектов методом пеленгации сигнала, модуляции, машинное зрение, ориентация подвижных объектов, траектория движения

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. №1144-р (Соглашение от 28.09.2022 №075-15-2022-1199).

DIRECTION FINDING METHODS APPLICATION FOR AUTONOMOUS VEHICLES ORIENTATION IN CLOSED TECHNOLOGICAL AREA

Khudonogov D.Yu., Nikitenko M.S., Kizilov S.A.

The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the RAS, Kemerovo,
e-mail: admolv@gmail.com, ltd.mseng@gmail.com, sergkizilov@gmail.com

The article considers radio direction finding methods application for autonomous vehicle (AV) movement by defined route in closed technological area especially as additive method to AV positioning algorithms in case of leading route machine vision-based control system detouring. Researches and modelling of signal modulation are carried out for determining object moving direction with minimum defects. As a result of modelling, modulation defect coefficients, error vector, signal and noise correlation for BPSK and QPSK modulation were determined. Transmitter azimuth signal angles applying MUSIK algorithm were researched in laboratory conditions. As a result, modulation type with the most precise parameters for moving objects orientation with direction finding methods was determined. As practical realization the AV route plan was developed based on researches results. Also real AV model control hardware was developed based on moving objects orientation system prototype with signal direction finding method and AV wheel automated control hardware module depending on boresight (terrain).

Keywords: autonomous vehicle, autonomous vehicle radio detection finding, moving objects with direction finding method laboratory model, modulation, machine vision, moving objects orientation, moving route

The research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of a comprehensive scientific and technical program of a full innovation cycle “Development and implementation of a set of technologies in the areas of exploration and mining of mineral resources, ensuring industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing from coal raw materials with a consistent reduction in the environmental load on the environment and risks to the lives of the population,” approved by Order of the Government of the Russian Federation dated May 11, 2022 No. 1144-r (Agreement dated September 28, 2022 No. 075-15-2022-1199).

Технологии управления автономными транспортными средствами (АТС) активно развиваются в задачах горнодобывающей отрасли. Инженерные решения, методы, способы и подходы реализации управления наиболее часто базируются на применении систем машинного зрения, аппаратных средств определения препятствий, спутниковой навигации, искусственного интеллекта и построении карт маршрутов [1–3].

В публикациях [4, 5] авторы предлагают перспективное решение в задачах управления АТС, которое основывается на подсветке траектории движения лазерными световыми маркерами. Такой подход может быть дополнен применением радиопеленгации как способа определения направления движения на источник стационарного радиосигнала в условиях, препятствующих работе алгоритмам машинного зрения. В качестве такого источника может выступать контрольный пост (радиомаяк), определяющий в том числе и место остановки АТС, выполнение маневра в траектории движения и дальнейшей пеленгацией на следующий радиомаяк.

Цель работы состоит в определении вида модуляции сигналов с наилучшими точностными характеристиками при применении радиопеленгации в задаче организации движения АТС в качестве дополнения к работе алгоритмов позиционирования АТС в условиях потери управляющей системой на основе машинного зрения пространственной привязки к маршруту.

Материалы и методы исследования

В Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ УУХ СО РАН) был апробирован способ радиопеленгации для ориентации подвижных объектов относительно стационарного источника радиосигнала. Реализация такого способа проводилась в несколько этапов, включая исследования видов модуляции сигналов,

постановку эксперимента на лабораторном макете ориентации подвижных объектов методом пеленгации сигнала и проектирование схемы движения АТС на основе полученных экспериментальных данных точностных характеристик исследуемых видов модуляции для пеленгации.

Рассматривались три вида модуляции: амплитудная, которая имеет наименьшую сложность реализации; квадратурная фазовая (QPSK) и бинарная фазовая манипуляция (BPSK) – как наиболее помехоустойчивые [6, с. 472].

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам моделирования в среде Simulink (табл. 1) для модуляций BPSK и QPSK были определены: коэффициент ошибки модуляции MER (Modulation Error Ratio); вектор ошибки EVM (Error Vector Magnitude); отношения сигнал/шум SNR (Signal to Noise Ratio).

На рисунке 1 представлены результаты моделирования сигнальных созвездий при разных значениях отношения сигнал/шум.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что с увеличением отношения сигнал/шум вектор ошибки стремится к минимальному значению, а коэффициент ошибок модуляции QPSK и BPSK принимает сопоставимо равные значения. Таким образом, на шаге моделирования рассматриваемых видов модуляций подтверждаются ожидаемые качественные характеристики выбранных модуляций для задач пеленгации.

Экспериментальные исследования ориентации объекта на стационарный источник сигнала проводились на лабораторном макете, структурная схема которого представлена на рисунке 2. Определение направления на источник сигнала реализовано на базе алгоритма MUSIC (Multiple Signal Classification). Такое решение в задаче пеленгации обусловлено возможностью алгоритма определить угловые направления прихода сигналов [7–9].

Таблица 1

Результаты моделирования

SNR, дБ	MER, дБ		EVM, %	
	BPSK	QPSK	BPSK	QPSK
0	0,7	7,4	92	43
10	11	13	28	22
20	20	23	9	6
30	30	33	2	2
40	40	43	0,9	0,6

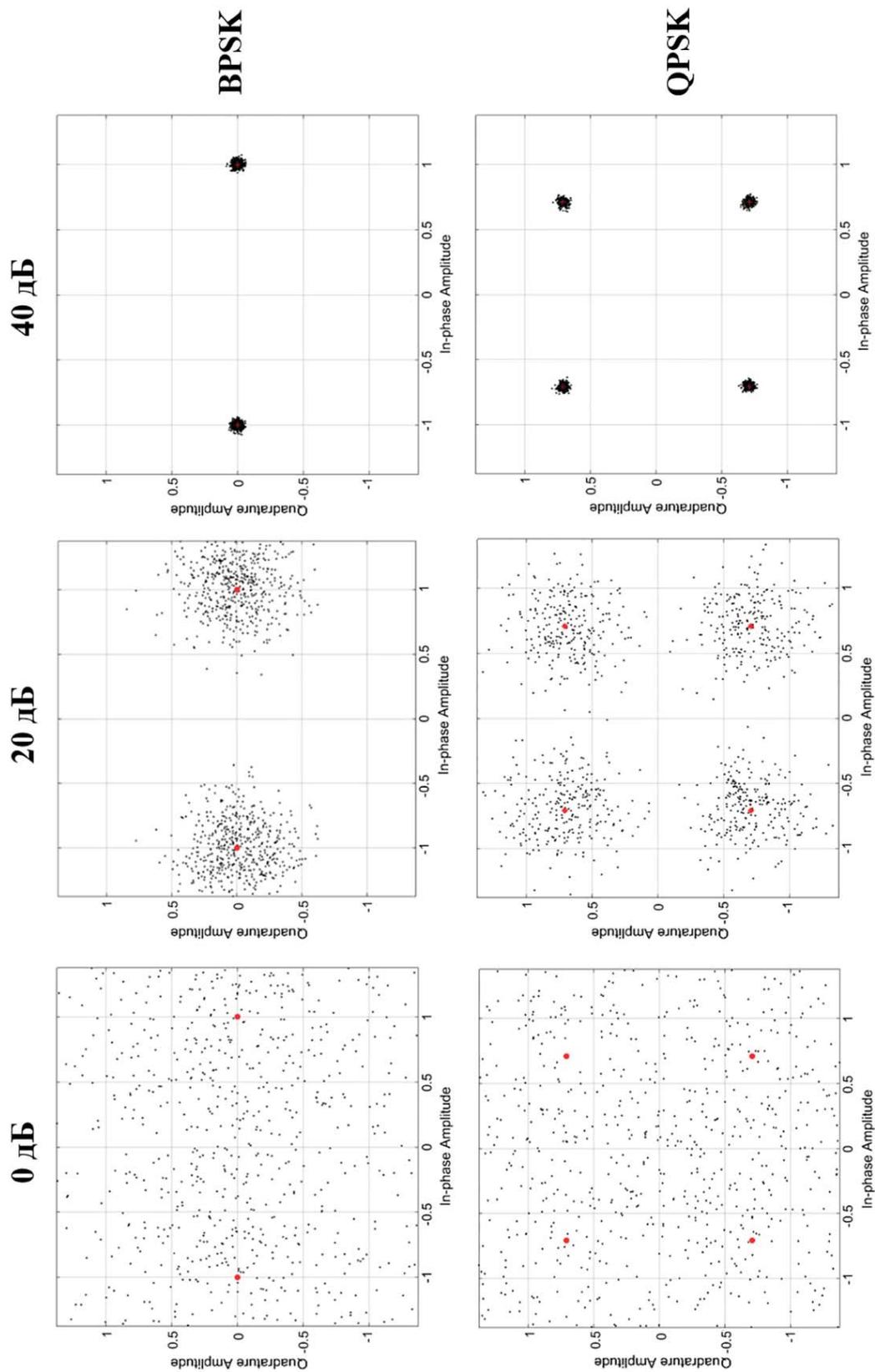


Рис. 1. Сигнальные созвездия для значений соотношений сигнал/шум 0; 20 и 30 Дб

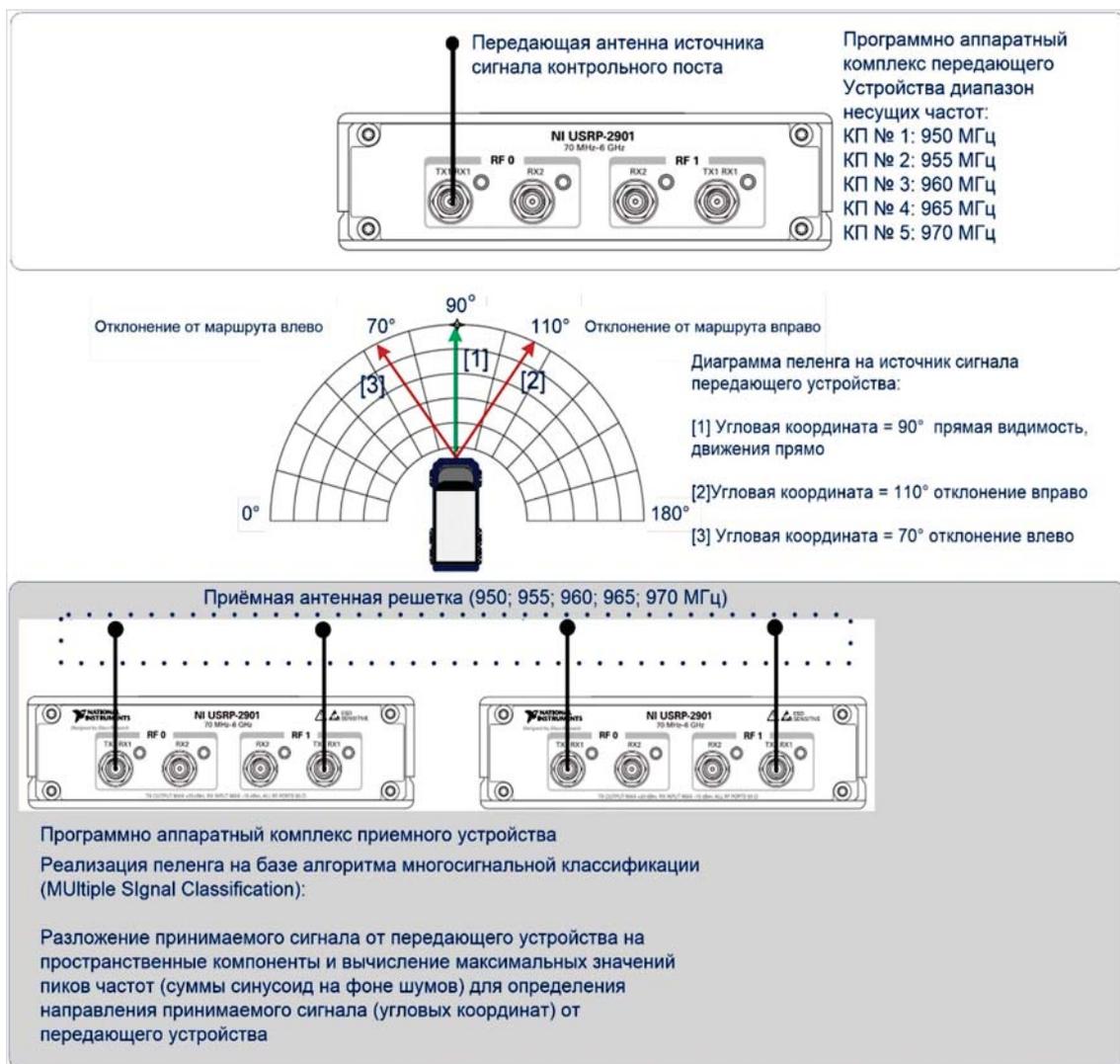


Рис. 2. Обобщенная структурная схема лабораторного макета ориентации подвижных объектов методом пеленгации сигнала

Аппаратное обеспечение лабораторного макета включает в свой состав передающее и приемное устройства на базе программно определяемой радиосистемы NI USRP 2901. Функциональные возможности передающего устройства позволяют выполнить генерацию сигналов в заданном диапазоне частот (950–970 МГц) амплитудной модуляции, квадратурной фазовой и бинарной фазовой манипуляции.

Приемное устройство обеспечивает демодуляцию сигнала заданных видов модуляции и при помощи алгоритма MUSIC определяет азимут угла ориентации на источник сигнала. Программная реализация алгоритма выполнена в среде LabVIEW 2021.

Цель экспериментального исследования заключалась в поиске вида модуляции, которая позволяет определить направление

движения объекта (приемное устройство) на стационарный источник сигнала (передающее устройство) с минимальными отклонениями азимута угла прихода сигнала при условиях прямой ориентации объекта на источник излучения сигнала.

Лабораторные исследования выполнялись на базе лабораторного прототипа системы ориентации подвижных объектов методом пеленгации сигнала по следующей методике.

1. Установка приемного устройства в прямой видимости на передающее устройство.

2. Измерение точностных характеристик азимута отклонения угла прихода сигнала при использовании:

- амплитудной модуляции;
- фазовой манипуляции;
- квадратурной фазовой манипуляции.

Во время проведения эксперимента наблюдалось периодическое отклонение азимута угла в пределах от 35° до 40° для амплитудной модуляции и от 10° до 15° при генерации квадратурной фазовой манипуляции. Расстояние от приемного устройства до передающего устройства стационарного источника сигнала варьировалось от 1 до 20 м, при этом точностные характеристики азимута угла отклонения для бинарной фазовой манипуляции изменялись в пределах отклонений 5° .

Результаты экспериментальных исследований показали, что применение бинарной фазовой манипуляции обеспечивает наиболее точностные характеристики для решения задачи ориентации подвижных объектов методом пеленгации на базе алгоритма MUSIC.

Дальнейшая реализация позволила перейти к проектированию схемы движения АТС на основе вышеизложенных результатов экспериментов.

Пример маршрута движения АТС на закрытом технологическом участке приводится на рисунке 3.

Контрольные точки для участков совершения маневра, а именно определение направления дальнейшего движения, дополнены радиочастотной меткой (RFID), по мере приближения к которой на расстоянии заданной дистанции АТС выполнит остановку, в автоматическом режиме переключит приемный тракт на несущую частоту следующего радиомаяка (РМ) и продолжит движение с учетом пеленга на очередной контрольный пост РМ.

Порядок выполняемых действий АТС на участках совершения маневра представлен фрагментом на рисунке 4.

Завершением исследований стала аппаратно-программная реализация управления физической моделью АТС на основе лабораторного прототипа системы ориентации подвижных объектов методом пеленгации сигнала и аппаратным модулем автоматического управления положением рулевых колес АТС в зависимости от пеленгационного положения (рельефа). Внешний вид панели управления продемонстрирован на рисунке 5.

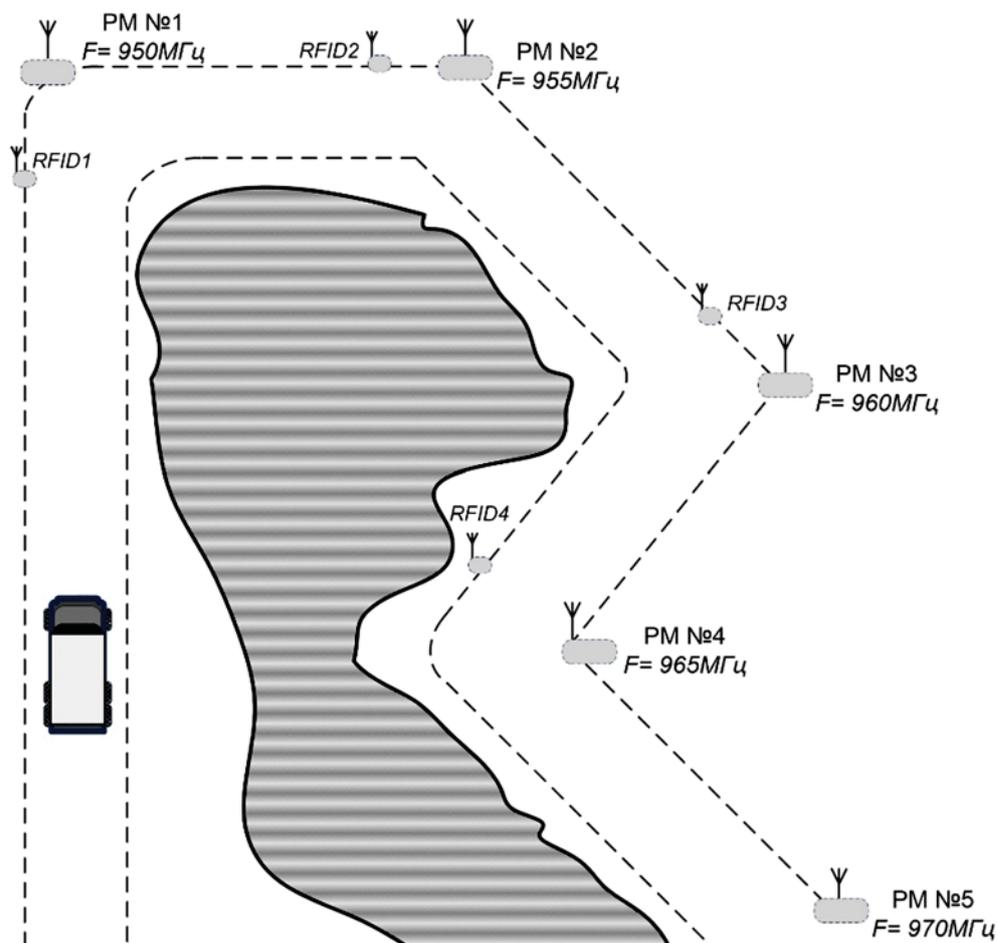


Рис. 3. Схема маршрута АТС на закрытом технологическом участке на основе пеленгации

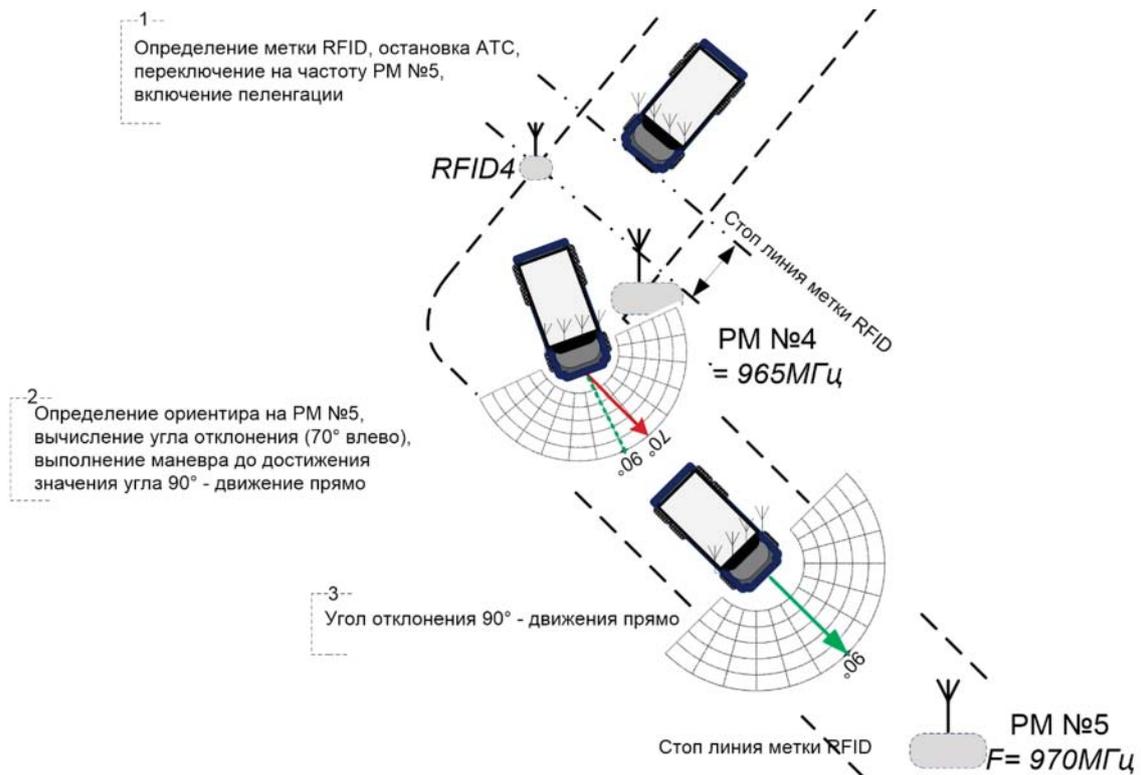


Рис. 4. Фрагмент выполнения маневра АТС (поворот влево):
1 – Определение метки RFID и переключение приемного тракта на несущую частоту радиомаяка РМ № 5; 2 – Вычисление азимута угла на источник радиосигнала и на его основе выполнение маневра АТС до получения азимута угла прямой видимости на источник сигнала (90°); 3 – Прямолинейное движение АТС в направлении радиометки



Рис. 5. Внешний вид программной панели управления движением АТС

После обработки сигнала на лицевую панель выводится текущее положение ориентации относительно РМ, в случаях отклонения от траектории движения влево или вправо выполняется коррекция положением угла колес АТС до достижения значения азимута угла направления, равного 90°.

Заклучение

Предложенный способ, апробация которого была выполнена в лабораторных условиях, показал работоспособность предлагаемых решений, дальнейшая реализация и исследования которых позволят улучшить движение автономных транспортных средств по заданной траектории на закрытых технологических участках. В совокупности с алгоритмами машинного зрения радиопеленгация обеспечивает дополнительный функциональный сервис в маневренности АТС, особенно в условиях ограничения работы методов машинного зрения (в условиях потери зоны визуального контакта со световым маркером), а также способствует решению задачи удержания на траектории с минимальным подруливанием, тем самым позволяет более качественно выполнять движение АТС.

Список литературы

1. Клебанов Д.А. Применение автономной и дистанционно-управляемой техники на открытых горных работах // Горная промышленность. 2020. № 6. С. 14-18.
2. Реута Н.С., Нанеташвили Р.Г., Жумашев Н.Г., Сулейменов Е.А., Емашкина Т.С. Анализ современных систем ориентирования в пространстве // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2017. Т. 1. С. 151-153.
3. Гусев С.И., Елифанов В.В. Система функционирования беспилотного автотранспортного средства // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2019. № 4(88). С. 63-67.
4. Никитенко М.С., Кизилов С.А., Худоногов Д.Ю. Анализ подходов к управлению автономными транспортными средствами // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 12-2. С. 278-283.
5. Кизилов С.А., Никитенко М.С. Концепция применения технологий компьютерного зрения для управления автономным транспортом // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2020. № 6. С. 235-238.
6. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2002. 608 с.
7. Грибов Г.С. Алгоритмы пеленгования с помощью кольцевой фазированной антенной решетки // СПБНТОРЭС: Труды ежегодной НТК. 2021. № 1(76). С. 61-64.
8. Молодцов В., Куреев А. Экспериментальное исследование применимости алгоритма MUSIC для определения направления прихода сигнала // Информационные технологии и системы 2019 (ИТиС 2019): сборник трудов 43-й междисциплинарной школы-конференции ИППИ РАН. 2019. С. 123-129.
9. Сухов И.А., Акимов В.П. Применение алгоритма MUSIC в пеленгаторах с кольцевыми антенными решетками из направленных элементов // Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2012. № 5(157) С. 45-49.

УДК 62-112

DOI 10.17513/snt.39889

МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЕЛЛЕТОВ НА БАЗЕ КАМАЗ 43118

Шаповалова С.В., Егоров М.А., Костырченко В.А., Егоров А.Л.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: general@tyuiu.ru

Каждый год в городе Тюмени и Тюменской области бушуют лесные пожары, которые наносят непоправимый вред не только экосистеме, но и имуществу граждан. После ландшафтных пожаров остается очень много несгоревшей древесины, такой как пеньки, сучья, а также различного вида биомассы, которую можно переработать в биотопливо. На сегодняшний день биомасса является одним из перспективных возобновляемых источников энергии, но для эффективного ее сбора и переработки необходимо разрабатывать более эффективные и универсальные комплексы по переработке биотоплива и производству пеллет. В статье рассмотрены патенты оборудования и конструкции установок, способных обеспечить сбор и переработку биомассы. Описаны их достоинства и недостатки. Выбрана базовая машина, на которой будут располагаться необходимые агрегаты и узлы, повторяющие технологический процесс создания пеллет на стационарном заводе. За базовую машину был принят КАМАЗ 43118, который соответствует необходимым критериям для использования его в суровых климатических условиях и приспособлен к сложным дорожным условиям, поскольку чаще сбор биомассы осуществляется в лесах и удаленных районах. Рассмотрены процесс утилизации биомассы посредством мобильного комплекса по производству пеллет, а также использование проектируемой машины для рекультивации земель и предотвращения распространения пожаров.

Ключевые слова: пеллеты, биотопливо, мобильный завод, автономность, экология

MOBILE COMPLEX FOR PELLET PRODUCTION BASED ON KAMAZ 43118

Shapovalova S.V., Egorov M.A., Kostyrchenko V.A., Egorov A.L.

Industrial University of Tyumen, Tyumen, e-mail: general@tyuiu.ru

Every year, forest fires rage in the city of Tyumen and the Tyumen region, causing irreparable damage not only to the ecosystem, but also to the property of citizens. After landscape fires, a lot of unburned wood remains, such as hemp, twigs, as well as various types of biomass, which can be processed into biofuel. Today, biomass is one of the most promising renewable energy sources, but for its effective collection and processing it is necessary to develop more efficient and universal complexes for biofuel processing and pellet production. The article discusses patents for equipment and designs of installations capable of collecting and processing biomass. The advantages and disadvantages are described. A base machine has been selected on which the necessary units and components will be located, repeating the technological process of creating pellets at a stationary plant. KAMAZ 43118 was chosen as the base vehicle, which meets the necessary criteria for use in harsh climatic conditions and is adapted to off-road conditions, because Most biomass collection occurs in forests and remote areas. The process of biomass utilization using a mobile pellet production complex is considered, as well as the use of the designed machine for land reclamation and preventing the spread of fires.

Keywords: pellets, biofuel, mobile plant, autonomy, ecology

Аномальные погодные условия на Урале и в Сибири вызвали ряд экологических проблем. Цикл засушливых и половодных периодов составляет в среднем пять лет, однако данный засушливый период длится уже восемь лет. В весенне-летний период отсутствуют дожди, а в зимний период малое количество снега не позволяет накопить запасы воды [1]. Тюменская область значительно пострадала от обмеления рек Обь-Иртышского бассейна, установлены рекорды низкого уровня воды за всю историю наблюдения, высыхают болота, покрывающие значительные территории, мелеют и зарастают мелкие озера и реки, падает естественный уровень грунтовых вод. Все это на фоне высокой температуры неизменно вызывает серьезные лесные пожары. Лесные пожары оказывают огромное негативное влияние на качество воздуха.

После ландшафтных пожаров остается очень много несгоревшей древесины, такой как пеньки, сучья, а также различного вида биомассы. Все это можно переработать в биотопливо. На сегодняшний день отходы лесопромышленных и деревообрабатывающих производств, остатки лесных пожаров и растительная биомасса [2, 3] являются одним из перспективных возобновляемых источников энергии. Наиболее перспективной технологией утилизации биомассы является переработка ее в топливные пеллеты [3].

Производство пеллет возможно двумя путями. Первый путь – на стационарном заводе, на сегодняшний день такие заводы существуют в Калининградской области, Вологодской области, Забайкальском крае, Республике Беларусь [4]. Второй путь – передвижные заводы по производству пеллет, их можно условно разделить

на два типа: самостоятельно собирающие и перерабатывающие биомассу (необходимо собирать и транспортировать биомассу к заводу). В основном используются стационарные заводы из-за возможности переработки большого объема биомассы, но иногда такие заводы крайне неэффективны, поскольку транспортировка биомассы занимает большое количество времени и требует значительных финансовых затрат [5].

Цель исследования – проектирование мобильного комплекса по производству пеллет, соответствующего требованиям безопасности и экологичности.

Материалы и методы исследования

Изучение патентов в сфере переработки биомассы и конструкций заводов по созданию пеллет поможет выявить различные подходы и инновационные идеи, которые могут быть применены для оптимизации и совершенствования существующих заводов по созданию пеллет. Патенты могут содержать описания новых агрегатов, материалов, механизмов и технологий, которые способствуют более эффективной и удобной утилизации биомассы.

Также анализ патентов позволяет выявить тенденции в развитии конструкций передвижных заводов по созданию пеллет. Например, можно обнаружить новые подходы к уплотнению или сушке биомассы, использование современных материалов с улучшенными свойствами или применение инновационных механизмов для мульчирования (измельчения) биомассы. Результаты анализа патентов являются основой для проектирования и разработки новой конструкции мобильного завода по созданию пеллет с учетом опыта и знаний, накопленных в данной области. Они могут помочь улучшить существующие конструкции, устранить их недостатки и помочь разработать более эффективные и надежные решения для создания пеллет.

Основные патенты, относящиеся к технологиям и элементам конструкций, участвующих в технологии по созданию пеллет, представлены на рисунке 1.

Патент № 2351636 «Устройство для производства пеллет и гранул». Авторы Л.А. Загегин, Ю.Л. Петров [6].

Представляет собой автономную конструкцию, а точнее, линию по производству пеллет, которая состоит из приемного бункера, шнека, сушильной камеры и конвейерной ленты, позволяющей транспортировать готовые пеллеты до места хранения и фасовки.

Главными достоинствами такой линии по производству пеллет являются мо-

бильность и минимальные требования к месту установки и площадке для размещения оборудования.

Недостатками являются маленький объем выпускаемой продукции, неудобство загрузки бункера, необходимость использования ручного труда, маленький объем загрузки бункера.

Патент № 2516063 «Барабанно-винтовой СВЧ сушильный агрегат». Авторы С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, А.М. Гридчин, А.С. Воронкин [7].

Достоинством является оригинальный способ уплотнения биомассы, реализованный путем установки шнека, это позволяет уплотнять биомассу до максимально возможного состояния, за счет чего повышается качество готовой продукции.

Недостатками данного патентного решения являются высокая стоимость готовой продукции, отсутствие накопительного бункера для произведенного материала, что, в свою очередь, затрудняет использование оборудования вдали от стационарного завода.

Патент № 2362798 «Способ производства древесных гранул (пеллет)». Автор А.С. Семисалов [8].

Представляет собой шаблон – форму для производства пеллет, позволяющую использовать ее для увеличения темпа производства и формирования одинаковых типоразмеров полученных изделий.

К достоинствам можно отнести однотипность получаемых итоговых изделий, внешний вид пеллет.

Недостатков не выявлено.

Патент № 2327522 «Дробильная установка». Авторы Т. Ябс, И. Гисек, Ф. Зеэхефер [9].

Устройство предназначено для измельчения биомассы в однородную массу, позволяющую производить биотопливо. Относительная простота конструкции дает возможность быстро и недорого осуществлять размещение и установку.

Основными достоинствами конструкции являются простота и дешевизна установки.

Недостатками служат открытый тип производства, шум, невозможность размещения в закрытых ангарах.

Необходимо также рассмотреть и мобильные комплексы по производству пеллет, одним из представителей таких комплексов является мобильный комплекс «Форвард» [10] (рис. 2).

Мобильный комплекс состоит из двух транспортных средств. Первое транспортное средство используется в качестве измельчителя или мульчера биомассы, а второе транспортное средство выполняет функцию пресс-гранулятора.

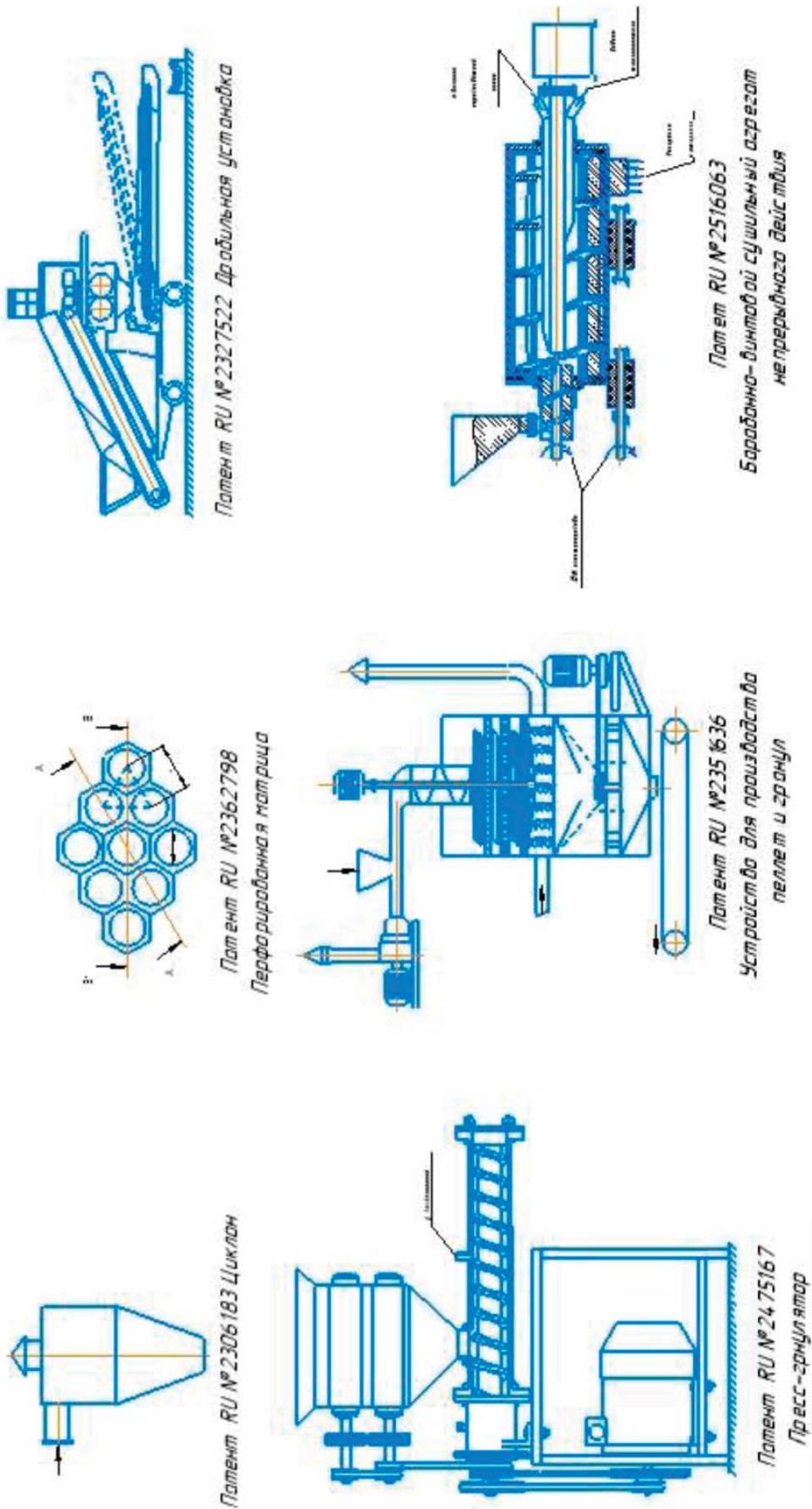


Рис. 1. Патентный обзор технологий производства пеллет

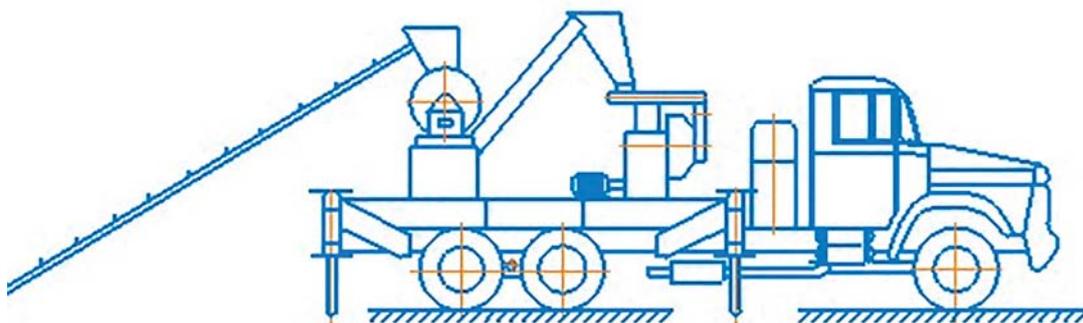


Рис. 2. Схема мобильного комплекса «Форвард»

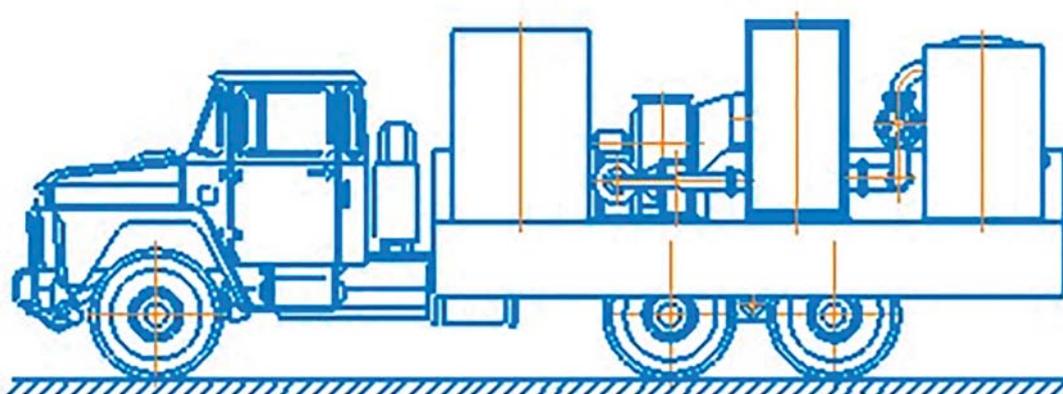


Рис. 3. Установка на базе автомобиля «Урал»

Основным конкурентом можно считать установку по переработке биотоплива на шасси автомобиля «Урал» [11] (рис. 4), которая включает в себя все необходимые элементы линии по производству пеллет, но также проигрывает спроектированному мобильному комплексу, поскольку нуждается в использовании дополнительных транспортных средств, позволяющих собирать и перерабатывать биомассу.

Таким образом, проведенный анализ конструкций мобильных заводов по созданию пеллет на основе изучения патентов представляет важный этап в исследовании проблемы утилизации биомассы. Он помогает выявить лучшие практики, перспективные идеи и направления для дальнейшего развития и совершенствования технологии пеллетирования.

Результаты исследования и их обсуждение

При выборе базовой машины проектируемого комплекса, на которой будут располагаться необходимые агрегаты и узлы, повторяющие технологический процесс

создания пеллет на стационарном заводе, необходимо уделить особое внимание следующим ограничениям и требованиям. Базовая машина должна обладать такими характеристиками, как:

- проходимость;
- ремонтпригодность;
- наличие большой рамы для размещения необходимых агрегатов и узлов;
- удобство и повышенные эргометрические показатели кабины;
- возможность установки дополнительного навесного оборудования;
- маневренность;
- приспособленность к эксплуатации в суровых условиях (при повышенной температуре окружающей среды, в грязь).

После рассмотрения всех необходимых характеристик за базовую машину мобильного комплекса был принят КАМАЗ 43118, который соответствует необходимым критериям для использования его в суровых климатических условиях и приспособлен к сложным дорожным условиям, поскольку в большинстве случаев сбор биомассы осуществляется в лесах и удаленных районах.

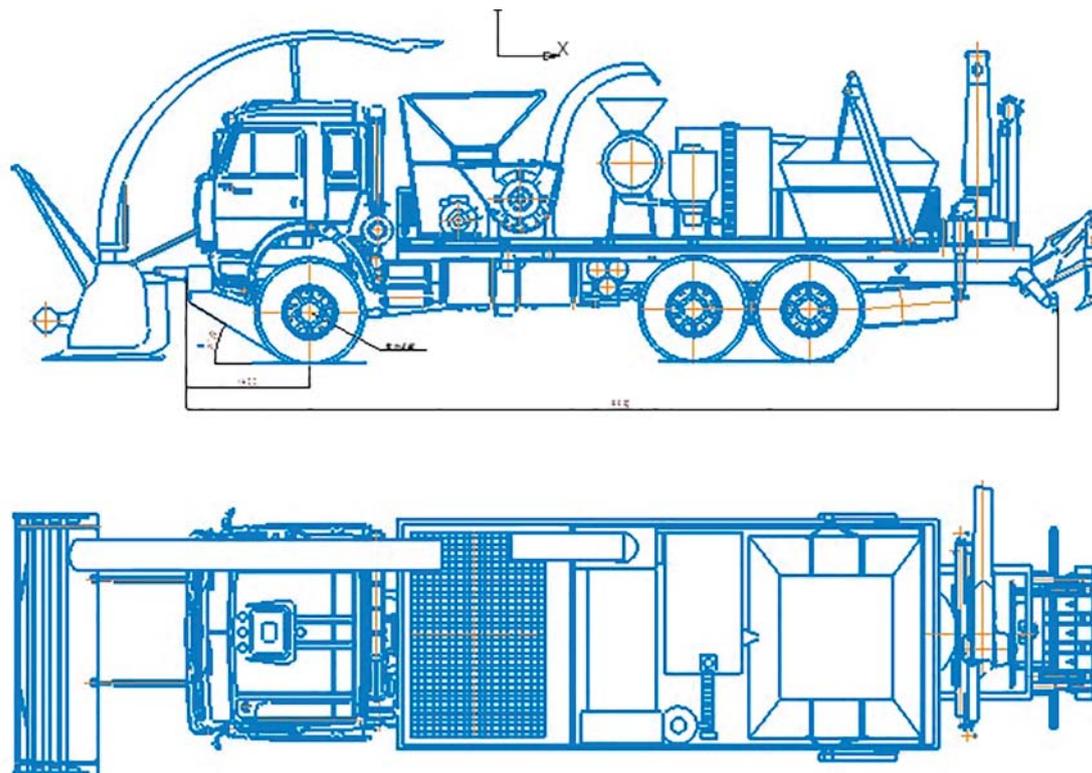


Рис. 4. Мобильный комплекс по производству пеллетов на базе автомобиля КАМАЗ 43118

Главным преимуществом автомобиля КАМАЗ 43118 является его огромная платформа (борт), расположенная сзади кабины, которая позволяет грамотно разместить линию по производству пеллетов, в которую входят: дробилка (типа мульчер), барабанная сушилка, позволяющая понизить влажность биоматериала до 10%; далее идет пресс-гранулятор, циклон, который позволяет разделить биоматериал по фракциям и тем самым уменьшить попадание грязи и пыли; далее по питателю биоматериал попадает в пресс-гранулятор; в пресс-грануляторе происходит уплотнение материалов в гранулы, после чего готовые пеллеты попадают в контейнер для готовой продукции. Контейнер для готовой продукции далее переставляется на землю, и загружается следующий контейнер; таким способом действует безостановочная технологическая цепочка, позволяющая производить пеллеты прямо на месте сбора биоматериала.

Рассмотрим дополнительное рабочее оборудование, которое планируется устанавливать на базовую машину. Одним из такого вида оборудования является харвестер биомассы, он установлен спереди автомобиля для того, чтобы по ходу движения транс-

портного средства собирать биоматериал, измельчать его в нужную фракцию. Далее фракция поступает в дробилку, что позволяет измельчить биоматериал на более мелкие фракции. Сзади транспортного средства установлены 2 навесных агрегата. Первый представляет собой автономный манипулятор с комплектом навесного рабочего оборудования в виде харвестера, а также грузозахватного устройства. Автономный манипулятор позволяет с высокой точностью убирать (спиливать) деревья, а также дает возможность корчевать пни и перемещать контейнер с готовой продукцией. Вторым навесным агрегатом, установленным сзади, является рыхлитель, с помощью которого происходит корчевание пней, а также рыхление земли для предотвращения распространения пожаров.

Мобильный комплекс по производству пеллетов позволяет производить несколько технологических операций. Первой технологической операцией является рекультивация земель: харвестер срезает, собирает и измельчает растительность. Затем насадка выдувает измельченную щепу через специальные сопла. В случае если сбор биомассы не требуется, харвестер можно использовать в качестве мульчера.

Следующей технологической операцией является ликвидация пожаров, в ней задействованы сразу три навесных агрегата – добавляется рыхлительное оборудование. Таким путем происходят расчистка лесной полосы и возведение противопожарного рва. Получаем отдельный участок, защищенный от последующего распространения пожара. Рыхлительное оборудование также может использоваться при очистке территории от пней и для последующей их переработки. Третьей технологической операцией являются расчистка территории от выгоревшей растительности, переработка выгоревшей растительности после ликвидации пожаров с последующим получением готового продукта биомассы. Здесь задействованы все навесные агрегаты. Четвертой технологической операцией является производство пеллет: происходит сбор, измельчение биомассы с последующим наполнением емкости готовой продукцией. Пятой технологической операцией служат подготовительные работы при строительстве временных зимних дорог. Одной из технологической операций по возведению временной зимней дороги является расчистка территории с измельчением и корчеванием пней для прокладки трассы. Весь этот биоматериал: пни, листва, любая растительность – перерабатывается в биоматериал, после чего уплотняется, и получается готовая продукция – пеллеты.

Для определения стоимости материалов и комплектующих проведен расчет, учитывающий количество и стоимость каждого компонента. Это позволило определить общую стоимость всех необходимых материалов и комплектующих, которые необходимы для создания данного мобильного комплекса, в ценах 2023 года она составляет 1 млн 20 тыс. рублей. Себестоимость производства пеллет составит 2200 рублей за 1 т при цене продажи в 3000 рублей. Учитывая невысокую стоимость проекта и ожидаемую отдачу от инвестиций, можно при-

нять решение о целесообразности создания мобильного комплекса.

Заключение

Рассмотрены процесс утилизации биомассы посредством мобильного комплекса по производству пеллет, а также использование проектируемой машины для рекультивации земель и предотвращения распространения пожаров.

Список литературы

1. Вукович Н.А., Мехренцев А.В. Состояние и перспективы развития рынка древесных пеллет в России // ЭКО. 2023. № 6 (588). С. 122-136.
2. Парникова Т.А., Трофимова В.С., Соколов Д.А., Охлопкова М.К. Технология производства топливных пеллет и ее стандарты качества // Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 12. С. 125-128.
3. Васильев А.С. Шегельман И.Р. Анализ путей повышения конкурентоспособности энергетической биомассы // Инженерный вестник Дона. 2013. № 3. [Электронный ресурс]. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1769 (дата обращения: 25.11.2023).
4. Ястребова В.И., Егоров М.А., Егоров А.Л., Костырченко В.А. Обзор конструкций и проектирование мобильного завода по производству пеллет // Инженерный вестник Дона. 2022. № 10. [Электронный ресурс]. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n10y2022/7955 (дата обращения: 25.11.2023).
5. Егоров А.Л., Костырченко В.А., Егоров М.А., Ястребова В.И. Оценка спроектированного передвижного завода по производству пеллет // Бюллетень транспортной информации. 2022. № 7-2 (325). С. 46-53.
6. Занегин Л.А., Петров Ю.Л. Устройство для производства пеллет и гранул. Патент № 2351636. 2009.
7. Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Гридчин А.М., Воронкин А.С. Барабанно-винтовой СВЧ сушильный агрегат. Патент № 2516063.2014.
8. Семисалов А.С. Способ производства древесных гранул (пеллет). Патент № 2362798. 2009.
9. Ябс Т., Гисек И., Зеэхефер Ф. Дробильная установка. Патент № 2327522.2008.
10. Презентация ООО Технический центр «Общемаш». Мобильный комплекс по производству твердого биотоплива МЛГ-11 «Форвард». [Электронный ресурс]. URL: img.ukr.bio/data/articles/img/6893/mlg-11_-_forward.pdf (дата обращения: 25.11.2023).
11. Плотников Д. А., Диденко В.Н. Установка переработки биотоплива. Патент № 55774. 2006.

УДК 621.9.08

DOI 10.17513/snt.39890

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УГЛОВЫХ ФРЕЗЕРНЫХ ГОЛОВОК ПУТЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Шлаев К.И., Сабиров Ф.С.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Москва, e-mail: kir.shl@ya.ru

Для расширения технологических возможностей станков в производственных процессах применяется вспомогательное оборудование – угловые фрезерные головки. Они повышают эффективность станка, при этом оказывая влияние на его динамические характеристики. Установка вспомогательного оборудования снижает надежность станка, поскольку в конструкцию добавляется еще один узел, обладающий значительной массой, податливостью и содержащий стыки между деталями. В настоящее время отсутствуют детальные методики для оценки технического состояния угловых фрезерных головок. Сроки технического обслуживания определяются исходя из опыта специалистов, отвечающих за состояние оборудования. Актуальной является разработка методики, которая позволит оценивать техническое состояние угловых головок. В статье описаны исследования динамических характеристик угловой головки Alberti T90-8 в неисправном состоянии и после устранения дефекта, а также аналогичной головки OMG TA 40 в исправном состоянии. Проведены исследования методом импульсного возбуждения и анализ вибрационных характеристик при различных частотах вращения шпинделя. Получены АЧХ головок, спектры сигналов с акселерометров, установленных у подшипниковых опор. Построены диаграммы колебаний валов. Проведено сравнение качества обработанной поверхности и построены графики АФЧХ. По полученным результатам проведена оценка технического состояния угловых фрезерных головок.

Ключевые слова: угловая фрезерная головка, виброакустическая диагностика, импульсное возбуждение, спектр сигнала, динамические характеристики, оценка технического состояния

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF ANGULAR MILLING HEADS THROUGH THE ANALYSIS OF DYNAMIC CHARACTERISTICS

Shlaev K.I., Sabirov F.S.

Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, e-mail: kir.shl@ya.ru

To enhance the technological capabilities of metal-cutting machines, auxiliary equipment such as angular milling heads is employed in manufacturing processes. While they improve the efficiency of the metal-cutting machines, they simultaneously impact their dynamic characteristics. The installation of angular milling heads reduces the reliability of the machine since it introduces a component that possesses mass, flexibility, and includes joints between parts into the structure. Currently, there are no methodologies for assessing the technical condition of angular milling heads. The timelines for technical maintenance are determined by specialists responsible for equipment servicing. The development of a methodology enabling the assessment of the technical condition of angular heads is currently relevant. The article describes research on the dynamic characteristics of a faulty angular head, post-defect elimination, and a similar operational angular head. Studies were conducted using the impulse excitation method and the analysis of vibration characteristics. Amplitude-frequency characteristics (AFCs) of the heads and signal spectra were obtained. Diagrams of shaft vibrations in two planes were constructed. A comparison of the quality of the processed surface was carried out. As a result, an assessment of the technical condition of angular milling heads was performed.

Keywords: angular milling head, vibroacoustic diagnostic, impulse excitation, spectrum, dynamic characteristics, analysis of technical condition

В настоящее время активно изучаются динамические характеристики вспомогательного оборудования и их воздействие на упругую систему станка [1-3]. Однако в основном моделируются осесимметричные конструкции [3, 4]. Существующие модели не подходят для оценки технического состояния угловых фрезерных головок. Причиной этого является их оригинальная конструкция – расположение валов под углом друг к другу.

Целью настоящей работы является оценка технического состояния угловых фрезер-

ных головок путем исследования их динамических характеристик.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования являются головка Alberti T90-8 в неисправном состоянии и после устранения дефекта и головка OMG TA 40. При работе на станке с установленной угловой головкой Alberti оператор выявил увеличение волнистости поверхности при обработке. Также наблюдались эпизодически возникающий шум и нагрев корпуса.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведено исследование угловой головки в неисправном состоянии методом импульсного возбуждения (рис. 1а): при неработающем станке динамометрическим молотком наносится удар по инструментальной оправке (рис. 1б). На корпусе головки установлены два вибродатчика. Удар генерирует возбуждение в конструкции, а датчики регистрируют момент удара и отклик системы на нее. Исследования проведены при различном варианте расположения вибродатчиков [5]. Полученный сигнал оцифровывается и записывается в память компьютера. С помощью программы nkRecorder [6] была получена АЧХ системы (рис. 1в). По графику АЧХ получили собственную частоту угловой головки, которая составила 214 Гц. Второй вид исследования проводился при различных режимах работы станка (рис. 1г). Вибродатчики устанавливались взаимоперпендикулярно в радиальной плоскости опор валов. Регистрация колебаний проводилась при частотах вращения шпинделя 200, 400, 800, 1600, 2000 и 4000 об/мин при двух вариантах расположения вибродатчиков (рис. 1д). В плоскости YZ датчики закреплялись у передних опор горизонтального вала, в плоскости XZ – у передних опор вертикального вала. Исследовались только передние опоры, поскольку на них приходится основная нагрузка при работе и именно они первыми выходят из строя. Проведя обработку сигнала, получили его спектр (рис. 1е).

По спектру проведена оценка состояния конструктивных элементов угловой головки по известным зависимостям [7].

При анализе спектров сигнала, полученных для горизонтального и вертикального валов, были обнаружены гармоники одинаково большой амплитуды, кратные оборотной частоте шпинделя. Это свидетельствует о наличии дефектов ударного происхождения. Кроме того, высокие пики оборотной частоты свидетельствуют о дисбалансе вращающегося вала угловой головки. Также на спектре сигнала были идентифицированы частоты, характерные для элементов конструкции угловой головки. Например, 74 Гц на спектре – это частота перекачивания тел качения по внутреннему кольцу подшипников, 122 Гц – это частота вращения тел качения, 144 Гц – это частота вращения сепаратора, и т.д. После анализа совокупности полученных результатов был предположен дефект подшипникового узла горизонтального вала.

Для уточнения причин шума и нагрева была выполнена полная разборка угловой головки (рис. 2а). Также для исследования под микроскопом из каждого подшипника был вырезан сектор. Были изучены наружные и внутренние кольца подшипников, шарики и сепараторы (рис. 2б). Обнаружился дефект шариков на передних подшипниках горизонтального вала. Дополнительно были произведены замеры формы посадочных мест подшипников для их оценки (рис. 2в). Диаметр посадочных мест оказался в допуске. Угловая головка была отремонтирована путем замены всех подшипников.

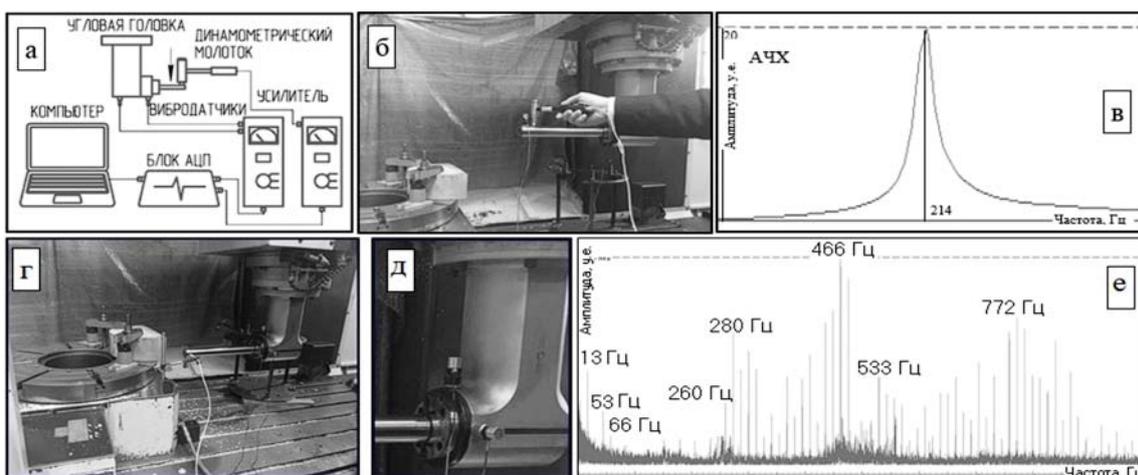


Рис. 1. а) схема стенда для регистрации колебаний; б) импульсное возбуждение угловой головки динамометрическим молотком; в) АЧХ угловой головки, установленной на станок; г) исследование динамических характеристик головки при частоте вращения шпинделя 800 об/мин; д) схема установки вибродатчиков; е) спектр сигнала с вибродатчиков

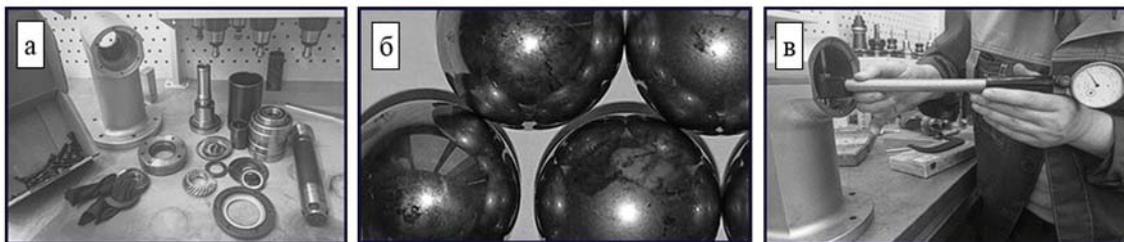


Рис. 2. а) разборка угловой головки; б) дефект шариков; в) замер посадочных отверстий

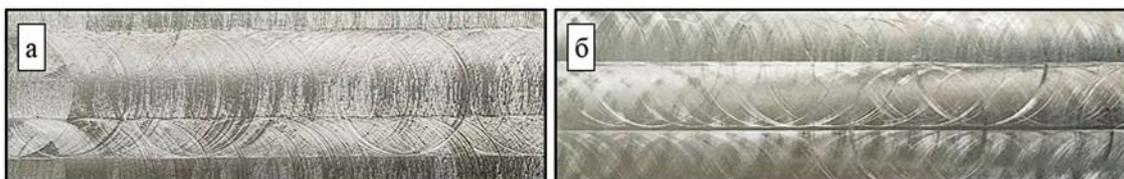


Рис. 3. а) поверхность, обработанная неисправной головкой; б) то же, исправной

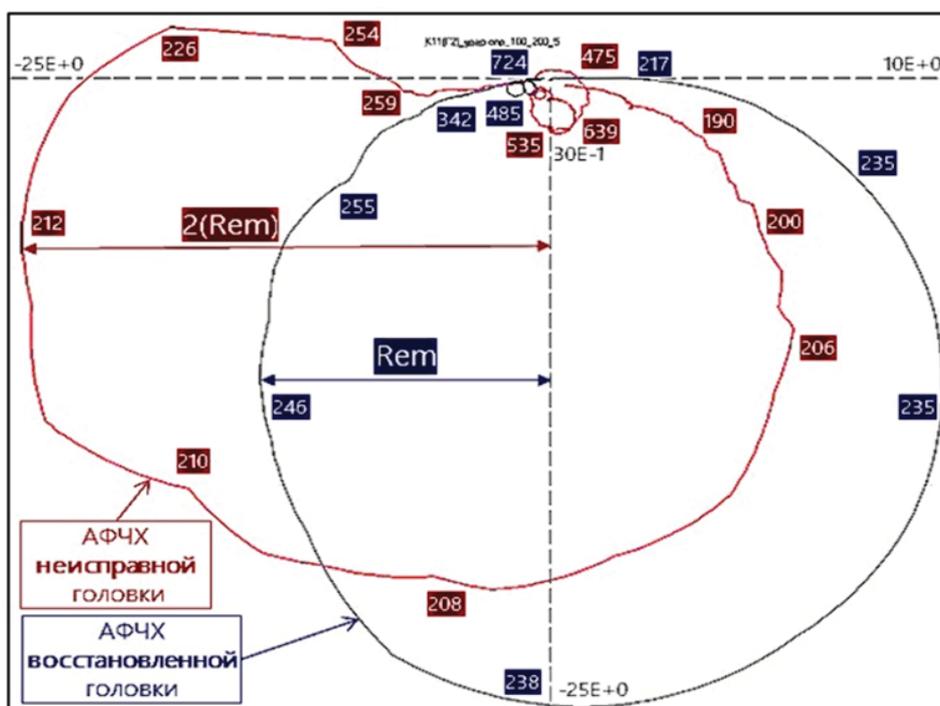


Рис. 4. АФЧХ угловой головки в неисправном состоянии и после восстановления

Восстановленная головка была установлена на станок для проверки работоспособности. Были проведены исследования, аналогичные исследованию в неисправном состоянии. При работающем станке было подтверждено отсутствие постороннего шума и нагрева. Проведено сравнение качества поверхности, обработанной неисправной угловой головкой (рис. 3а), и качества поверхности, обработанной головкой после восстановления (рис. 3б).

Обрабатывался сплав АМг-6 торцевой фрезой при частоте вращения шпинделя 1000 об/мин. Заметно, что после восстановления головки качество полученной поверхности улучшилось. Кроме того, существует зависимость между предельной глубиной резания и частотными характеристиками [8]. Для сравнительной оценки была получена АФЧХ угловой головки в неисправном состоянии и после восстановления. На графиках заметно, что после восстановления

головки произошло уменьшение наибольшей отрицательной действительной части $\text{Re}m$ в 2 раза (рис. 4). Это свидетельствует о повышении виброустойчивости.

Проведено сравнение графиков АЧХ угловой головки в неисправном и восстановленном состоянии (рис. 5). После ремонта головки пик резонансной частоты увеличился до 297 Гц. Это свидетельствует об увеличении жесткости угловой головки.

Сравнение спектра сигнала угловой головки в неисправном состоянии со спектром в восстановленном состоянии на различных частотах вращения показало снижение энергии гармоник оборотной частоты на порядок (рис. 6). Кроме того, пропал шум, вызванный деталями подшипников – шариками, кольцами и сепараторами. Вибрации горизонтального вала после восстановления снизились на 13%. Сравнение результатов исследования параметров угловой го-

ловки до восстановления и после позволяет сделать вывод об успешном ремонте.

Для определения собственной частоты фрезерной головки Alberti T90-8 вне станка было проведено исследование на вибродинамическом стенде (рис. 7а). На корпус угловой головки крепился датчик, измеряющий вибрации. Аналогичный датчик был закреплен на стол вибростенда для контроля задающей нагрузки [9, 10]. Измерения проводились в диапазоне частот от 10 Гц до 2 кГц с задающей нагрузкой 1g. В результате получили график АЧХ угловой головки, по которой определили собственную частоту, которая составила 731 Гц (рис. 7б).

Для отслеживания собственной частоты в процессе эксплуатации измеренные данные внесены на график. По оси абсцисс отложена наработка угловой головки, а по оси ординат – значения измеренных собственных частот (рис. 8).

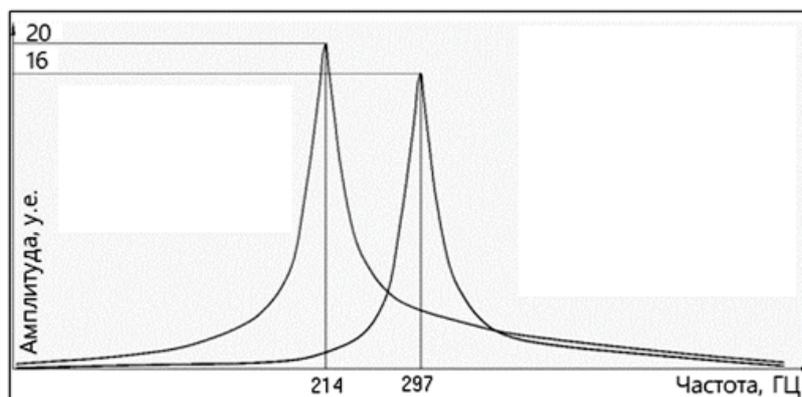


Рис. 5. Сравнение графиков АЧХ угловой головки в неисправном состоянии и после восстановления

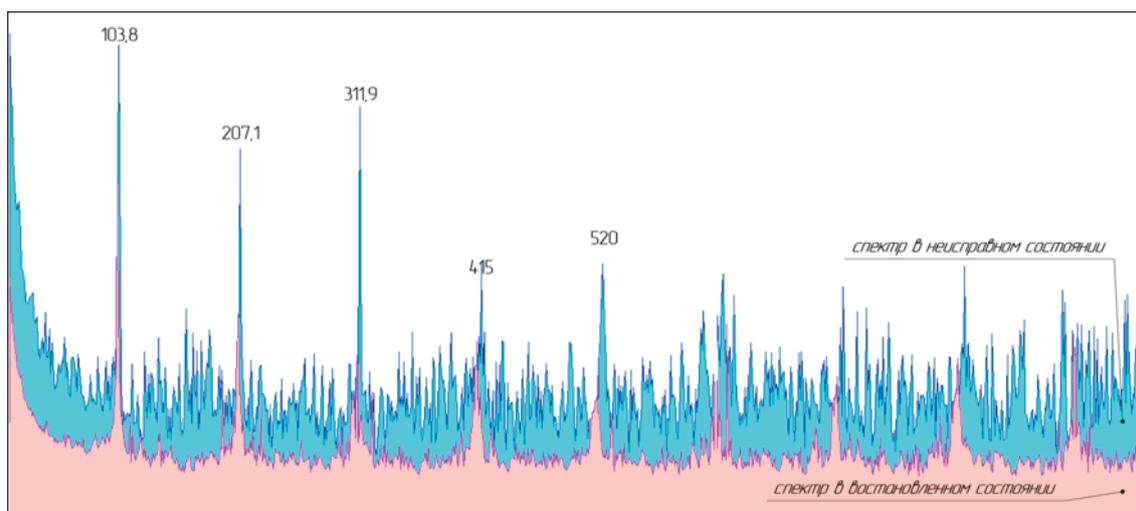


Рис. 6. Спектр сигнала с акселерометров на угловой головке Alberti T90-8 в неисправном (■) и в восстановленном (■) состоянии на частоте вращения 800 об/мин

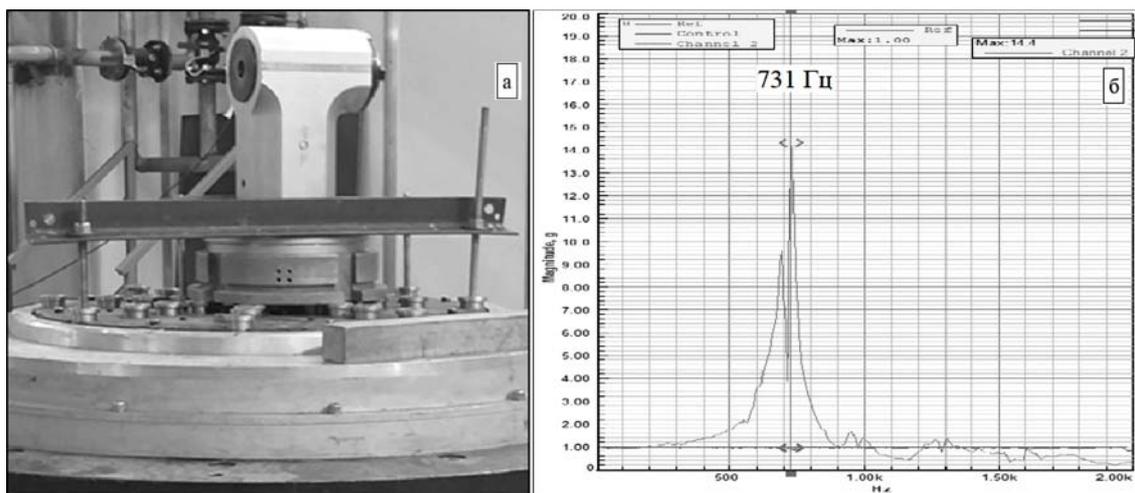


Рис. 7. а) Схема установки головки на вибростенд; б) АЧХ угловой головки Alberty T90-8

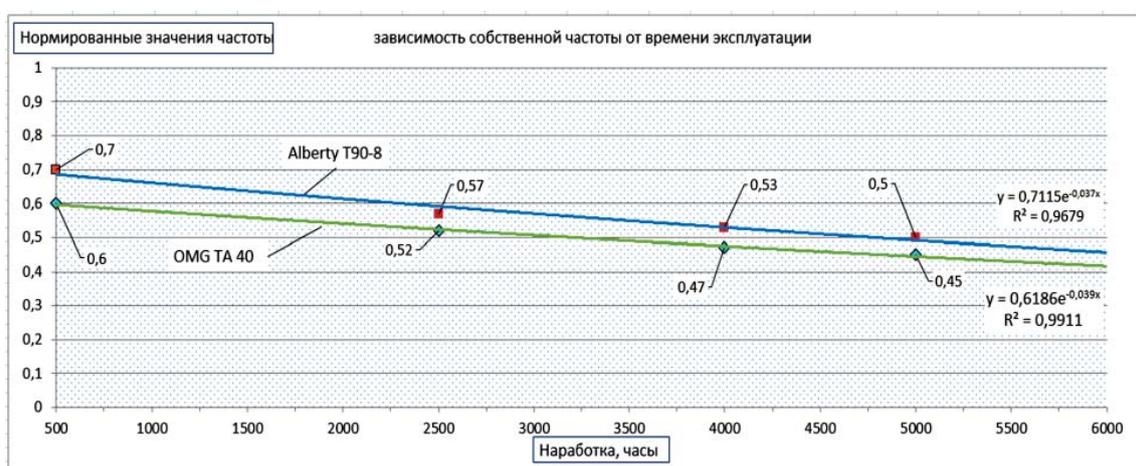


Рис. 8. Графики зависимости собственной частоты угловых головок Alberty T90-8 и OMG TA 40 в процессе эксплуатации

Первая диагностика проводится после покупки угловой головки в процессе ее наладки. Данные фиксируются как эталонные. Далее диагностика проводится в течение каждого планового осмотра оборудования. Полученные данные отмечаются на графике, и по отмеченным точкам строится кривая экстраполяции. Указанная кривая будет уточняться с каждым проведенным техническим обслуживанием. Анализируя полученную кривую собственной частоты, можно делать вывод о состоянии оборудования и назначать дату следующей диагностики.

Для автоматизации анализа данных значения собственных частот удобно нормировать в диапазоне от 0 до 1. Учитывая, что 80% угловых фрезерных головок сходны по своей конструкции [11], т.е. передают вращение шпинделя станка на инструмент

через коническую зубчатую передачу, можно использовать вышеуказанную методику для оценки их технического состояния. С целью проверки данного предположения была проведена диагностика технического состояния угловой головки фирмы OMG TA 40. Данная угловая головка была установлена на станок на время ремонта головки Alberty T90-8. После сбора исходных данных были проведены исследования в производственных условиях на воздействие импульсного возбуждения и при работающем станке на холостом ходу.

На рисунке 8 приведены графики зависимости собственной частоты угловых головок Alberty T90-8 и OMG TA 40 в процессе их эксплуатации. Анализируя спад графика в зависимости от увеличения наработки головок и учитывая данные о собственных

частотах, полученных ранее, можно ориентировочно назначить дату следующей диагностики через 500 часов наработки.

В результате проведенных исследований экспериментально определены АЧХ и АФЧХ угловой головки Alberti T90-8 в неисправном состоянии и после ее восстановления. Собственная частота неисправной головки составила 214 Гц. После восстановления она увеличилась до 297 Гц. Снижение значения Rem на графике АЧХ свидетельствует о повышении виброустойчивости при резании, что подтвердилось при обработке заготовки. Значение шероховатости поверхности возросло с Ra 6,3 до Ra 3,2. Получены спектры сигнала с вибродатчиков для угловой головки Alberti T90-8 в неисправном и восстановленном состоянии. Отмечены снижение энергии гармоник оборотной частоты в 4 раза и снижение гармоник типичных элементов конструкции угловых головок (зубчатых колес, шариков, сепараторов, колец подшипников). Получена зависимость собственной частоты угловой головки от срока эксплуатации. Это позволило оценить ресурс угловых головок Alberti T90-8 и OMG TA-40 до следующего ремонта.

Заключение

Комплексный подход к диагностике угловых головок, описанный в настоящей работе, дает возможность оценить их техническое состояние и планировать дату следующей диагностики.

Список литературы

1. Jui Pin Hung, Wei-Zhu Lin. Investigation of the Dynamic Characteristics and Machining Stability of a Bi-rotary Milling Tool // *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2019. Vol. 13. P. 14-22.
2. Krol O., Sokolov V. Development of models and research into tooling for machining centers // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 3. P. 12-22.
3. Шереметьев К.В. Влияние ускорительной головки планетарного типа на качество обрабатываемой поверхности при фрезеровании концевыми фрезами: дис. ... канд. тех. наук. Москва, 2015. 255 с.
4. Парфенов И.В. Улучшение динамических характеристик внутришлифовальных головок для обработки глубоких отверстий: дис. ... канд. тех. наук. Москва, 1984. 425 с.
5. Шлаев К.И., Сабиров Ф.С. Исследование динамических характеристик угловой фрезерной головки // *Современные наукоемкие технологии*. 2022. № 3. С. 62-66.
6. Кочинев Н.А., Сабиров Ф.С., Козочкин М.П. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №20096132214 Российская Федерация. Программный комплекс сбора, обработки и анализа вибрационных сигналов nkRecorder / ОБПБТ. 2009. № 4 (69).
7. Костюков В.Н., Науменко А.П. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин: учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2016. 360 с.
8. Сабиров Ф.С. Повышение эффективности станков на основе их диагностирования и определения виброустойчивости в рабочем пространстве: дис. ... докт. тех. наук. Москва, 2009. 269 с.
9. Добрынин С.А., Фирсов Г.И. Анализ колебательных систем металлорежущих станков методами теории графов. В кн.: *Решение задач машиноведения на ЭВМ*. М.: Наука, 2019. С. 59-68.
10. Вибрации в технике. Справочник. В 6 т. М.: Машиностроение, 2019. Т. 1. 672 с.
11. Бушуев В.В., Еремин А.В., Какойло А.А. и др. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. / под ред. В.В. Бушуев. Т. 2. М.: Машиностроение, 2013. 584 с.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 621.9

DOI 10.17513/snt.39891

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ
ЭФФЕКТИВНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ****Шигин А.О.***ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», Красноярск, e-mail: shigin_ao@mail.ru*

В статье показаны исследования состава, структуры процессов изготовления полимерных композиционных материалов. Выполнен аналитический обзор исследований в области физических и химических свойств полимерных материалов. Раскрыто содержание известных исследований, направленных на изучение механических свойств полимерных и композиционных материалов. В статье представлен анализ структуры и физико-механических свойств полимерных и композиционных материалов. Раскрыты особенности формирования межатомных связей в металлах и полимерных материалах. Выполнено сравнение процессов механической обработки резанием металлов и полимерных материалов. Рассмотрены энергетические подходы в проблеме разрушения межатомных связей внутри металлов и полимерных материалов в процессе резания. Выполнен анализ существующих технических решений и научных направлений в исследовании механизмов резания металлов и композиционных материалов с точки зрения повышения эффективности и качества процесса. В частности представлены передовые исследования в области механической обработки полимерных материалов с применением высокоскоростной обработки, предварительной обработки поверхности полимера, пропуска ультразвуковых колебаний внутри материала, а также наложения ультразвуковых вибраций на режущий инструмент. В статье сделаны выводы о перспективных подходах механической обработки композиционных материалов с целью повышения качества обработки, ресурса инструмента, снижения энергоёмкости процесса.

Ключевые слова: композиционные материалы, механическая обработка, энергоёмкость, качество обработки, трещинообразование, предварительная обработка, вибрационное точение, ультразвуковые колебания

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Интеллектуальные материалы и структуры» проекта «Разработка многофункциональных интеллектуальных материалов и структур на основе модифицированных полимерных композиционных материалов способных функционировать в экстремальных условиях» (Номер темы FEFE-2020-0015).

**PHYSICAL AND CHEMICAL PREREQUISITES FOR EFFICIENT
MECHANICAL PROCESSING OF COMPOSITE MATERIALS****Shigin A.O.***Siberian State University of Science and Technology named after M.F. Reshetnyova, Krasnoyarsk,
e-mail: shigin_ao@mail.ru*

The article shows studies of the composition and structure of the manufacturing processes of polymer composite materials. An analytical review of research in the field of physical and chemical properties of polymer materials was performed. The content of well-known studies aimed at studying the mechanical properties of polymer and composite materials is revealed. The article presents an analysis of the structure and physical and mechanical properties of polymer and composite materials. The features of the formation of interatomic bonds in metals and polymer materials are revealed. A comparison has been made of the processes of machining by cutting metals and polymer materials. Energy approaches to the problem of destruction of interatomic bonds inside metals and polymer materials during the cutting process are considered. An analysis of existing technical solutions and scientific directions in the study of cutting mechanisms for metals and composite materials was carried out from the point of view of increasing the efficiency and quality of the process. In particular, advanced research is presented in the field of mechanical processing of polymer materials using high-speed machining, pre-treatment of the polymer surface, transmission of ultrasonic vibrations within the material, and the application of ultrasonic vibrations to the cutting tool. The article draws conclusions about promising approaches to mechanical processing of composite materials in order to improve the quality of processing, tool life, and reduce the energy intensity of the process.

Keywords: composite materials, machining, energy intensity, processing quality, cracking, pre-treatment, vibration turning, ultrasonic vibrations

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia for the implementation by the team of the scientific laboratory “Intelligent Materials and Structures” of the project “Development of multifunctional intelligent materials and structures based on modified polymer composite materials capable of functioning in extreme conditions” (Topic number FEFE-2020-0015).

Композиционные материалы (КМ) представляют собой полимер, армированный значительно более прочными волокнами [1-4]. Основу КМ составляет матрица, в качестве которой используются технологически удобные в применении полимеры, которые имеют пластичные или текучие свойства на стадии изготовления КМ и приобретают прочностные свойства после изготовления КМ [5, 6]. Важнейшей характеристикой материала матрицы является способность связывать и удерживать инородные армирующие волокна за счет адсорбции подвижных молекул на поверхности жестких тел, формирования адгезионных сил, а также химических связей образованного твердого полимера [7]. Внутренняя структура полимеров существенно отличается от структуры металлов. В металлах связь отдельных атомов происходит за счет облака свободных электронов атомов кристаллической решетки и при этом существует синергетическое взаимодействие близлежащих атомов [8]. Это объясняет сочетание высокой жесткости структуры с высокой прочностью и упругостью. Кроме того в металлах образуется четкая кристаллическая решетка. А в сплавах образуются твердые растворы, вызывающие формирование фаз, которыми можно управлять с целью получения существенно различных механических и других физических свойств.

Связь атомов в полимерах происходит внутри длинных химических молекул, состоящих из различных химических элементов. Это обуславливает значительно большую упругость полимеров по сравнению с металлами и сплавами, что приводит к снижению жесткости [9, 10]. При этом прочность и модуль упругости полимеров значительно меньше аналогичных параметров металлов и сплавов, не имеющих дефектов. При том, что внутри одной полимерной молекулы практически отсутствует синергетическое взаимодействие между отдельными атомами в связи с их отдаленностью и низкой атомной массой химических элементов, присутствует сложное взаимодействие между полимерными молекулами. Данное взаимодействие дает возможность углублять фундаментальные возможности в области формирования энергоэффективных и синергетически связанных структур [11-13]. Так возможно формирование кристаллической структуры и поперечных связей полимерных молекул [14], модифицирование структуры и свойств на различных стадиях взаимодействия молекул под действием изменяющихся внешних факторов. Все указанные факторы непосредственно влияют на физические процессы, сопро-

ждающие процесс механической обработки металлов и сплавов, полимеров и композиционных материалов.

Цель исследования – в связи со структурными особенностями композиционных материалов, наличием реологических процессов, высокой вязкостью полимерных материалов и их низкой теплопроводностью необходимо проанализировать существующие научные подходы, направленные на повышение качества и снижение энергоемкости механической обработки композиционных материалов.

Материалы и методы исследования

Процесс резания металлов связан с образованием зоны пластической деформации и трещины [15, с. 15-60] за счет отдаления контактирующих атомов или зерен твердого раствора под действием механической и тепловой энергии, передаваемой от режущего тела к металлу. При этом трещина образуется путем концентрации напряжений в области дефекта, многократно ослабляющего материал, и рост трещины происходит закономерно и предсказуемо по причине существенной изотропности структуры.

По причине более сильных и более жестких химических связей между соседними атомами внутри одной полимерной молекулы в полимерах их разрушение происходит иначе. Химические связи полимеров не дают возможности постепенно отдалять соседние атомы. Вместо этого растягиваются связи одновременно в целой полимерной молекуле. В конечном итоге происходит передача механической энергии от режущего тела и накопление внутренней энергии в определенном участке молекулы и разрушается химическая связь после существенной упругой деформации всего полимера на некотором участке контакта с режущим телом [16-18]. Значительно большая упругость при взаимодействии множества полимерных молекул, происходящем в полимерах по сравнению с металлами в процессе резания приводят к более значительному выделению тепла. Данная тепловая энергия образуется из механической энергии, передаваемой от режущего тела за счет длительного упругого сопротивления полимерных молекул.

В связи с этим первая фундаментальная задача для повышения энергоэффективности процесса резания полимеров заключается в уменьшении времени упругой деформации цепочки атомов под действием режущего тела. С уменьшением упругой деформации снижается количество энергии, преобразуемой в тепло. Данная задача может быть реализована двумя путями.

Первый подход заключается в уменьшении количества атомов в отдельных полимерных молекулах с целью уменьшения и ослабления связей полимерных молекул между соседними полимерными молекулами. Данный способ применяется в России и за рубежом в таких формах как механическое предварительное ослабление поверхностного слоя полимера, а также обработка полимера физическими методами [19, 20] с целью разрушения или укорочения полимерных молекул. Одним из таких методов является предварительная обработка полимера ультразвуковыми колебаниями, магнитными и электрическими полями, электромагнитными импульсами [21].

Второй подход заключается в уменьшении пути в цепочке атомов, по которому передается волна энергии, способствующей упругой деформации полимера. Цель данного подхода заключается в ускорении процесса разрыва химических связей и переход в область хрупкого и квазихрупкого разрушения. Ускорение данного процесса возможно за счет уменьшения промежутка времени между началом приложения усилия от режущего тела к полимерной молекуле и моментом разрыва химической связи. Данный промежуток времени может быть уменьшен за счет увеличения скорости приложения усилия от режущего тела. В этом случае существенно уменьшается упругая деформация и пропорционально снижается количество энергии, затраченной на процесс резания и соответственно количество выделяемого тепла. Ускорение процесса резания сопровождается существенным уменьшением ударной вязкости полимера [22] и приближению типа процесса разрушения к хрупкому. Хрупкое разрушение полимера по причине отсутствия четкой кристаллической решетки сопровождается лавинообразным ростом трещин, размер которой l коррелирует с количеством прикладываемой энергии E и скоростью передачи этой энергии c (1).

$$l = f(E, c), \quad (1)$$

где l – длина трещины; E – энергия, передаваемая материалу в процессе его разрушения; c – скорость звука в материале.

Композиционный материал представляет собой структурированный в той или иной степени массив, содержащий армирующие волокна. Армирующие волокна представляют собой четко структурированные образования с ненарушенной кристаллической решеткой. По причине отсутствия или минимизации дефектов, такие материалы как углеродные нити, стекловолокно и др. имеют очень высокую прочность, зна-

чение которой приближается к теоретической и сопоставимую с модулем упругости материала [23, с. 175-212]. При этом армирующие волокна не имеют высокой структурной жесткости и прочности при сжатии и поперечном сдвиге. Поэтому армирующие волокна могут выполнять свою роль только в структуре полимера, который содержит в своей структуре данные волокна. При этом матрица объединяет армирующие волокна в единое целое, КМ приобретает высокую прочность на растяжение, а также на сжатие и поперечный сдвиг [24]. Однако КМ теряет четкую кристаллическую структуру и приобретает дефекты внутри матрицы и на границе матрицы и армирующих волокон. При этом армирующие волокна передают механическую нагрузку матрице посредством сил адгезии от атомов армирующего волокна к атомам адгезионного слоя и в тело матрицы, которая перераспределяет нагрузку за счет своих упругих свойств между другими армирующими волокнами [7]. Кроме того, КМ приобретает существенно анизотропные свойства на макроуровне при упорядоченном расположении армирующих волокон, либо на микроуровне при хаотичном их расположении.

Процесс резания композиционного материала сопровождается упругой деформацией полимера матрицы с большим выделением тепла. Наличие в структуре КМ армирующих волокон приводит к значительному увеличению упругой деформации, поскольку армирующее волокно имеет ненарушенную кристаллическую решетку и его разрушение происходит принципиально иначе, чем в полимерах. Армирующие волокна представляют собой выращенные кристаллы, содержащие в структуре атомы или химические молекулы [25]. Поскольку в армирующих волокнах отсутствуют дефекты, то данный материал разрушается не от места концентратора напряжений, а посредством растягивания межатомных кристаллических связей, что многократно увеличивает количество энергии, необходимое для разрыва связей в области приложения механической нагрузки. Отличие кристаллической связи заключается в том, что одновременно работает значительно большее количество связей, чем в полимерных молекулах, а также имеется синергетический эффект за счет взаимодействия атомов решетки с электронами соседних и удаленных атомов этой решетки. Все эти факторы приводят к тому, что режущее тело, встречая на своем пути армирующее волокно, натягивает его как струну, существенно деформируя и волокно и матрицу. Но разрушение материала происходит только по-

сле разрушения связей кристаллической решетки армирующего волокна после значительной упругой деформации всего КМ [26]. Кроме того, возникает такой эффект, что на армирующее волокно, закрепленное в матрице КМ силами адгезии, осуществляется воздействие, как на отдельное тело, нежели жестко закрепленное в упругой массе. Разрушение нежестко закрепленного тела неизбежно приводит к повреждению структуры материала вблизи места контакта и на некотором удалении от него. Процесс такого резания напоминает разрыв слаботянутой струны внутри менее жесткой среды. Армирующее волокно (АВ) при этом может разрезать матрицу, терять адгезионные связи и нарушать целостность КМ на микроуровне. Кроме того, разрыв тонкого протяженного тела без ослабленных точек может рваться в непредсказуемых местах, что существенно снижает качество обрабатываемой поверхности КМ и наличие на обработанной поверхности фрагментов порванных волокон.

Результаты исследования и их обсуждение

В связи с представленным анализом первая фундаментальная задача для повышения энергоэффективности процесса резания КМ, коррелирует с аналогичной задачей при резании полимеров и заключается в уменьшении времени упругой деформации цепочки атомов матрицы и армирующих волокон под действием режущего тела с целью увеличения жесткости системы матрица-АВ и перевода механизма разрушения армирующих волокон в область квазихрупкого разрушения. Реализация данной задачи позволит уменьшить энергоемкость процесса резания КМ за счет уменьшения потерь энергии на упругую деформацию КМ. Снижение области распространения волны деформации по разрезаемому армирующему волокну и матрицы позволит локализовать область разрушения волокна и матрицы и повысить качество обрабатываемой поверхности. Снижение упругой деформации армирующего волокна будет способствовать снижению повреждения матрицы и разрушения адгезионных связей между АВ и матрицей. Снижение энергоемкости процесса резания приведет к снижению тепловыделения и износа режущего инструмента за счет уменьшения энерго-временных параметров взаимодействия режущей и разрезаемой поверхностей при отсутствии изменений твердости и абразивности материалов.

Данная задача для КМ может быть также реализована двумя путями. Первый под-

ход – уменьшение длины и количества атомов в отдельных полимерных молекулах, а также уменьшение и ослабление связей полимерных молекул между соседними полимерными молекулами [18, 19]. Вторым подходом заключается в уменьшении цепочки атомов, передающих волну упругой энергии, способствующей упругой деформации полимера и АВ. Техническая реализация второго подхода как правило показывает более значимые перспективы для повышения качества обрабатываемой поверхности и имеет три основных направления.

Первое направление связано с резанием на высокой скорости за счет достижения скорости вращения детали или режущего инструмента более 15 000 об/мин [27-29]. При этом линейная скорость резания будет существенно зависеть от диаметра детали или режущего инструмента, что потребует настраивать кинематические параметры конкретно под выполняемую технологическую операцию или даже в процессе этой операции. Техническая реализация данного подхода также осложняется повышенными энергозатратами, требованиями к безопасности процесса и сложности контроля качества обработанной поверхности. Энергоемкость процесса резания увеличивается по мере увеличения скорости резания [30]. Также с увеличением скорости резания может снижаться точность обработки и качество обрабатываемой поверхности

Второе направление связано с применением механического колебательного воздействия через режущий инструмент к обрабатываемому материалу в процессе точения или фрезерования. Данное направление появилось во второй половине XX века при обработке металлов [31, 32]. Применительно к КМ в настоящее время исследуется в научных организациях (СТАНКИН, ИМАШ, МГТУ Баумана, ТПУ). При этом в Китае и Индии данное направление получило широкое распространение [33, 34] и активно развивается в настоящее время. Наложение ультразвуковых колебаний широко применяется при обработке композиционных и керамических изделий в области протезирования и стоматологии в медицине [35, 36]. Переменное силовое воздействие с высокой скоростью сочетает в себе возможности выполнения задачи снижения энергоемкости резания КМ, снижения износа режущего инструмента, достижения высокого качества обработанной поверхности за счет контролируемого количества энергии, передаваемой в зону образования трещины в каждый цикл. Исследования показывают, что скорости приложения нагрузки, вызывающей хрупкое разрушение КМ

соответствуют параметры ультразвуковых колебаний [37]. Колебания более низких частот вызывают побочные явления в виде резонанса режущего инструмента, недостаточная скорость приложения нагрузки [38, с. 204-207]. Технические трудности реализации данного подхода связаны с необходимостью разработки узла крепления режущего инструмента (фрезы) с возможностью одновременной передачи крутящего момента и возвратно-поступательного колебательного движения с частотой не менее 20 кГц. Для достижения энергоэффективного режима обработки также требуется поиск режима авторезонанса режущей системы станка с целью снижения рассеивания энергии колебательной системы. В настоящее время в Мире известны и находят широкое применение источники ультразвуковых колебаний с автоподстройкой режима авторезонанса [39].

Третье направление связано с пропусканьем звуковых колебаний внутри КМ в процессе механической обработки. Данное направление исследовалось в р. Беларусь [38, с. 136-225] при обработке металлов. Автором исследованы энергетические параметры ультразвуковых колебаний, технологические характеристики и качество обработанной поверхности. Применительно к обработке полимеров и КМ данный подход также имеет существенные перспективы. В качестве преимуществ можно отметить простоту технической реализации, независимо от формы обрабатываемой детали. Однако пропускание ультразвука в КМ может вызывать модификацию структуры и свойств [40]. В частности возможно уменьшение размеров полимерных молекул в результате их деления, образование новых структурных образований и химических связей. Данные изменения могут иметь как положительное, так и негативное значение применительно к физико-механическим и эксплуатационным характеристикам КМ. В связи с этим необходимо исследование влияния ультразвука с различными энергетическими параметрами на свойства и структуру полимеров и КМ. В результате пропускания ультразвуковых колебаний внутри полимера может увеличиваться его трещиностойкость, меняться упругие и другие физические свойства [41]. Но при определенном воздействии ультразвук может способствовать разрушению полимерных молекул и ослаблению материала [18].

Выводы

1. Для повышения качества обработки необходимо использовать методы с дозированным подводом энергии, преобразуе-

мой в механическую энергию разрушения и трещинообразования.

2. Также для повышения качества обработки композиционных материалов необходимо учитывать изменение реологических свойств КМ и их составляющих при динамическом воздействии. В частности повышение скорости механической обработки связано именно с изменением реологических характеристик, ударной вязкости матрицы и волокон в момент воздействия. Однако существенная скорость обработки наоборот может приводить к снижению качества обработанной поверхности по причине неконтролируемого роста трещин.

3. Для повышения качества обработки необходимо снижать глубину разрушения или длину трещины, образуемой в один заход. А именно необходимо снижать подачу, усилие длительного воздействия, необходимо регулировать углы резания для уменьшения заглубления трещины в матрицу.

4. Для снижения энергоемкости процесса необходимо применять дозированное преобразование энергии в механическую энергию разрушения материала при помощи наложения колебательного воздействия на режущий инструмент или на сам материал, предварительной механической или другой физической обработки с целью нанесения ограниченного повреждения.

5. Дополнительные возможности дает предварительная обработка КМ с целью частичного разрушения или ослабления поверхности, а также с целью модификации структуры и моделирования физических свойств. Однако данный подход должен применяться с учетом специализированного назначения конкретной детали, ее физико-механических характеристик, что существенно удорожает применение данного подхода и ограничивает его массовое применение.

Список литературы

1. Hu N. Composite sand their applications // Croatia: In-tech Open. 2012. DOI: 10.5772/3353.
2. Erofeev V. Frame construction composites for buildings and structures in aggressive environments // Procedia Engineering. 2016. № 165. P. 1444–1447.
3. Бондалетова Л.И., Бондалетов В.Г. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 118 с.
4. Маркин В.Б. Конструкции из композиционных материалов: учебное пособие. Барнаул: АлтГТУ, 2022. 253 с.
5. Schuster J., Duhovic M., Bhattacharyya D. Manufacturing and processing of polymer composites // Synthetic Polymer – Polymer Composites. 2012. № 2. P. 1–38.
6. Răzvan Petre, Nicoleta Petrea, Gabriel Epure, Teodora Zecheru. Polymer composite material sand applications for chemical protection equipments // International Conference Knowledge-Based Organization. 2015. Vol. XXI. № 3. P. 873–887.

7. Горбаткина Ю.А. Иванова-Мумжиева В.Г. Адгезия дисперсно-наполненных эпоксидов к твердым телам // *Механика композиционных материалов*. 2012. № 2. С. 235–248.
8. Jie Feng, Surendar R. Venna, David P. Hopkinson. Interactions at the interface of polymer matrix-filler particle composites // *Polymer*. 2016. Vol. 103. № 26. P. 189–195.
9. Irzhak V. Intermolecular interactions in polymer system sand a model of physical network // *Russian Chemical Reviews*. 1997. Vol. 66. № 2. P. 167–186.
10. Zeshuai Yuan, Zixing Lu. Numerical analysis of elastic-plastic properties of polymer composite reinforced by wavy and random CNTs // *Computational Materials Science*. 2014. Vol. 95. P. 610–619.
11. Grimes G.C. Tape composite material allowable application in airframe design // *Composites Engineering*. 1993. Vol. 3. № 7-8. P. 777–804.
12. Berladir K.V., Budnik O.A., Dyadyura K.A., Svider-sky V.A., Kravchenko Ya.O. Physicochemical principles of the technology of formation of polymer composite materials based on polytetrafluoroethylene – a review // *High Temperature Material Processes*. 2016. Vol. 20 № 2. P. 157–184.
13. Байрова Н.И. Зорин В.А., Приходько В.М. Оценка синергетического эффекта процесса накопления повреждений в полимерных материалах с использованием теории катастроф // *Теоретические основы химической технологии*. 2016. Т. 50, № 1. С. 122.
14. Snedden Peter, Cooper Andrew I., Scott Keith, Winter-ton Neil. Cross-linked polymer-ionic liquid composite materials // *Macromolecules*. 2003. Vol. 36. № 12. P. 4549–4556.
15. Кожевников Д.В., Кирсанов С.В. Резание материалов: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2012. 304 с.
16. Ward I.M., Sweeney J. Mechanical properties of solid polymers. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2013. 477 p.
17. Баженов С.Л. Механика и технология композиционных материалов. Долгопрудный: Интеллект, 2014. 332 с.
18. Еренков О.Ю. Исследование характера стружкообразования при точении термопластов // *Пластические массы*. 2020. № 3-4. С. 46–48.
19. Еренков О.Ю. Комбинированные способы токарной обработки полимерных композиционных материалов: монография. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2015. 277 с.
20. Староверов О.А. Деформирование и разрушение полимерных композитов в условиях комплексных механических воздействий: дис. ... канд. тех. наук. Пермь, 2020. 140 с.
21. Еренков О.Ю., Никищечкин В.Л. Совершенствование технологии производства полимерных композиционных материалов. Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2013. 123 с.
22. Лушечкин Г.А. Моделирование ударной вязкости полимерных материалов // *Пластические массы*. 2016. № 9-10. С. 24–27.
23. Тагер А.А. Физико-химия полимеров: учебное пособие для хим. фак. ун-тов. М.: Научный мир, 2007. 573 с.
24. Mingchun Fu, Xishan Yu, Shichao Ying. Mechanical properties testing of carbon fiber reinforced composites // *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*. 2022. Is. 11. P. 286–294.
25. Köhler T., Brüll R., Pursche F., Langgartner J., Seide G., Gries T. High strength and low weight hollow carbon fibres // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2017. Vol. 254. P. 1–8.
26. Zhukova I., Flik E., Shubina E., Mishurov V., Kashp-arov I. Synergism of the action of some stabilisers against the destruction of polymer materials // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 273. P. 1–8.
27. Ярославцев В.М. К вопросу о возможности применения высокоскоростной обработки полимерных композиционных материалов // *Технология и оборудование механической и физико-технической обработки*. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2015. № 3. С. 59–70.
28. Грабин В.Г., Подураев В.Н., Короткевич Ю.Н. Исследование процесса сверхскоростного резания и установка взрывного типа для его осуществления // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. 1964. № 11. С. 98–105.
29. H. Schulz, G. Spur. High Speed Turn-Milling – A New Precision Manufacturing Technology for the Machining of Rotationally Symmetrical Workpieces // *CIRP Annals*. 1990. Vol. 39. Is. 1. P. 107–109.
30. Uhlmann Eckart, Richarza Sebastian, Sammlera Fiona, Hufschmid Ralph. High Speed Cutting of carbon fibre reinforced plastics // *Procedia Manufacturing*. 2016. № 6. P. 113–123.
31. Кумабэ Д. Вибрационное резание / Пер. с яп. С.Л. Масленникова. М.: Машиностроение, 1985. 424 с.
32. А.с. 246278 СССР, МПК В 23b Устройство для дробления стружки / Коновалов Е.Г., Молочко В.И., По-годаев В.Н., Корольков И.С. 1274587/25-8; заявл. 13.10.68. Минский радиотехн. ин-т. опубл. 11.06.69 // *Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки*. 1969. № 20. С. 137–138.
33. Zhena Li, Songmei Yuan, Chong Zhang. Research on the rotary ultrasonic facing milling of ceramic matrix composites // *Procedia CIRP*. 2016. № 56. P. 428–433.
34. Kataria Ravinder, Singh Ravi Pratap, Kumar Jatinder. An experimental study on ultrasonic machining of tungsten carbidecobalt composite materials // *AIMS Materials Science*. 2016. Vol. 3, Is. 4. P. 1391–1409.
35. Халиуллина А.В., Хайрутдинов Б.И. Ультразвук в медицине: учебное пособие. Казань: Изд-во Казанского университета, 2022. 116 с.
36. Шнип Е.В., Наумович С.А. Применение ультразвуковых технологий в ортопедической стоматологии // *Современная стоматология*. 2016. № 1. С. 2–5.
37. Kuruc Marcel Machining of Composite Materials by Ultrasonic Assistance // *Advances in science and technology*. 2020. Vol. 14. Is. 2. P. 140–144.
38. Данильчик С.С., Иващенко С.А., Каштальян И.А., Куптель В.Г., Молочко В.И., Шелег В.К. Вибрационное точение конструкционных сталей. Минск: БНТУ, 2018. 244 с.
39. Zhang Jianguo, Long Zhili, Can Member, Member Wang, Ren Feng, Li Yangming, Member Senior. Novel optimization approach in ultrasonic machining: Unilateral compensation for resonant vibration in primary side // *IEEE Access*. 2019. № 99. P. 1–9.
40. Kolosov A.E., Sivetskii V.I., Kolosova E.P., Vanin V.V., Gondlyakh A.V., Sidorov D.E., Ivitskiy A.I. Creation of structural polymer composite materials for functional application using physicochemical modification // *Advances in Polymer Technology*. 2019. № 86. P. 1–12.
41. Нгок Т.Н., Капралов В.М., Коленко Г.С. Влияние частот нагружения на сопротивление усталости материалов // *Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки*. 2019. Т. 25, № 2. С. 68–77.

УДК 004.942

DOI 10.17513/snt.39892

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГЕТЕРОГЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

Костромин Р.О.

*ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова»
Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: kostromin@icc.ru*

В статье обсуждаются вопросы мониторинга гетерогенных распределенных вычислительных сред, включающих как выделенные ресурсы вычислительных кластеров, так и облачные ресурсы. Особенностью мониторинга кластерных систем является необходимость мониторинга не только вычислительных узлов, но и сетевых компонентов и инженерной инфраструктуры. Инженерная инфраструктура кластера, как правило, состоит из систем электроснабжения, вентиляции и охлаждения. Данные компоненты не всегда имеют техническую возможность предоставлять доступ к показателям работы по сетевым и цифровым протоколам. Кроме того, в системах мониторинга необходимо обеспечивать методы длительного, надежного и эффективного хранения накопленных данных с возможностью быстрого и гибкого доступа к ним. К сожалению, готового решения данных проблем не существует, что подчеркивает актуальность исследований, связанных с разработкой и внедрением специализированных систем мониторинга. В работе предложена архитектура и особенности реализации прототипа модульной системы мониторинга, предназначенной для сбора, обработки, визуализации метрик и автоматизированного мониторинга состояния гетерогенной вычислительной среды. Практические эксперименты подтвердили работоспособность прототипа и определили дальнейшие направления развития системы мониторинга, предполагающие использование методов искусственного интеллекта для обнаружения и прогнозирования сбоев в компонентах вычислительной среды.

Ключевые слова: системы мониторинга, вычислительный кластер, облачные вычисления, гетерогенные вычислительные среды

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FWEW-2021-0005 «Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах» (рег. № 121032400051-9).

ASPECTS OF IMPLEMENTING A MONITORING SYSTEM IN A HETEROGENEOUS COMPUTING ENVIRONMENT

Kostromin R.O.

*Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: kostromin@icc.ru*

The paper discusses the issues of monitoring heterogeneous distributed computing environments, including both dedicated computing cluster resources and cloud resources. A feature of monitoring cluster systems is the need to monitor not only computing nodes, but also network components and engineering infrastructure. The engineering infrastructure of the cluster, as a rule, consists of power supply, ventilation and cooling systems. These components do not always have the technical ability to provide access to performance indicators via network and digital protocols. In addition, monitoring systems must provide methods for long-term, reliable and efficient storage of accumulated data, with the ability to quickly and flexibly access them. Unfortunately, there is no ready-made solution to these problems, which emphasizes the relevance of research related to the development and implementation of specialized monitoring systems. The paper proposes the architecture and implementation features of a prototype modular monitoring system designed for collecting, processing, visualizing metrics and automated monitoring of the state of a heterogeneous computing environment. Practical experiments confirmed the functionality of the prototype and determined further directions for the development of the monitoring system, involving the use of artificial intelligence methods to detect and predict failures in components of the computing environment.

Keywords: monitoring systems, computational clusters, cloud computing, heterogeneous computing environments

The research was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. FWEW-2021-0005 “Technologies of development and analysis of subject-oriented intellectual systems of group control in non-deterministic distributed environments” (Reg. No. 121032400051-9).

В современных научных исследованиях вычислительные кластеры играют большую роль, предоставляя высокопроизводительные ресурсы при решении сложных научных и инженерных задач [1, 2]. Однако для обеспечения эффективной и беспере-

бойной работы таких кластеров необходима специализированная система мониторинга [3], которая способна следить за различными параметрами их функционирования и своевременно предупреждать о нештатных ситуациях.

При этом мониторинг вычислительных кластеров выходит за рамки простого наблюдения, превращаясь в важную составляющую управления инженерной и вычислительной инфраструктурой. Эффективная система мониторинга позволяет оперативно выявлять потенциальные проблемы, оптимизировать распределение ресурсов, обеспечивать высокую производительность и стабильную работу кластеров за счет автоматического устранения части неисправностей.

В ходе вычислительных экспериментов возникает необходимость не только в использовании существующих вычислительных кластеров, но и в создании облачных (виртуализированных) [4]. Этот переход к облачным решениям обусловлен не только расширением требований к вычислительным мощностям, но и необходимостью обеспечения гибкости и масштабируемости вычислений. В связи с этим возникает неизбежная задача развертывания системы мониторинга, которая отвечала бы требованиям высокопроизводительных облачных кластеров. Выбор и тонкая адаптация системы мониторинга к имеющейся инфраструктуре становится важным компонентом успешной реализации облачной инфраструктуры, предоставляя не только полный контроль над состоянием кластера, но и обеспечивая инструменты для быстрого выявления и решения возможных проблем.

Существующие системы мониторинга не предоставляют готовых решений, которые были бы универсальными для развертывания в различных типах инфраструктур [3, 5]. Это ставит перед исследователями задачи не только инженерного, но и научно-технического характера. В число задач входит разработка критериев сбора и хранения метрик состояния кластера, а также алгоритмов для определения аномалий в текущем состоянии, прогнозирование и устранение неисправностей, анализ больших объемов данных, использование методов машинного обучения для предсказания возможных сбоев, а также разработку новых подходов к автоматизированному реагированию на изменения в инфраструктуре.

С целью решения озвученных выше проблем ведется разработка модульной системы мониторинга, ориентированной на специфику различных типов инфраструктур и требования к современным системам мониторинга. В статье представлена архитектура такой системы, обеспечивающей мониторинг облачных ресурсов, вычислительных кластеров и их инженерного оборудования.

Материалы и методы исследования

Характерной особенностью вычислительного кластера по сравнению с облачной средой является более локализованная и высокооптимизированная инфраструктура. В отличие от облачных вычислений, которые предоставляют вычислительные ресурсы через интернет, кластер может быть развернут внутри организации. Это может быть обусловлено рядом причин, в том числе и с позиций информационной безопасности. С другой стороны, кластеры являются менее гибкими и масштабируемыми по сравнению с облачными средами, где ресурсы могут моментально добавляться в зависимости от потребностей пользователей [4]. Другой важной чертой кластера является способ организации совместной работы через систему очередей заданий с использованием менеджера ресурсов, в то время как облачные ресурсы выделяются по запросу пользователя в монопольное пользование.

В ходе исследований методов интеграции облачных систем в гетерогенную вычислительную среду был предложен подход к представлению вычислительных заданий пользователями в виде расширенного описания, содержащего спецификацию и требования к контейнеру или виртуальной машине [6], запускаемых в облачной среде. Кроме того, ранее в работе [7] был представлен подход к классификации заданий пользователей для их распределения на более подходящие ресурсы. Таким образом была организована гетерогенная распределенная вычислительная среда, но без единой системы контроля за ее состоянием.

Как правило, мониторинг включает в себя широкий спектр операций, таких как наблюдение, анализ и поддержание работоспособности системы, процессов или предоставляемых услуг. Кроме того, он может охватывать мониторинг производительности, безопасности, доступности и других параметров. Набор этих параметров, а также их полнота определяются на основе экспертного опыта системных администраторов ресурсов и их технических возможностей по предоставлению информации о своем текущем состоянии.

В области мониторинга существует обширный набор различных технологий и программных систем, предназначенных для эффективного наблюдения, анализа и оценки аспектов наблюдаемых систем и процессов [8], таких как Zabbix, Nagios, Ganglia. Подобные в большей степени пригодны для мониторинга отдельных серверов, для кластерных систем существует более современная

система NetData [9], но и ее эффективность на крупных кластерных системах не нашла подтверждения, несмотря на обширный набор собираемых метрик. С целью решения проблемы мониторинга гетерогенной вычислительной среды предложена архитектура прототипа системы мониторинга (рис. 1), которая обеспечивает доступ к мониторингу как классических кластеров и их инфраструктуры, так и облачных ресурсов.

Пользователям предоставляется веб-ориентированный доступ для отображения текущего состояния вычислительной среды в виде таблиц, диаграмм, графиков и т.д. Кроме того, реализована поддержка интерфейса командной строки (CLI) в браузере для выполнения SQL-подобных запросов на языке PromQL для работы с необходимыми метриками. Для обеспечения доступа к состоянию вычислительной

среды внешним системам, например средствам управления вычислениями, реализован соответствующий API для поддержки как REST, так и SOAP сервисов. Через этот API представляются актуальные сведения о загрузке ресурсов, что позволяет повысить эффективность распределения потоков заданий между узлами среды. С другой стороны, API обеспечивает доступ к ретроспективным данным мониторинга для их применения в специализированных системах моделирования работы вычислительных сред.

Доступ к определенным видам метрик определяется политиками групп доступа через службу LDAP. За проверку доступа через LDAP и маршрутизацию запросов отвечает реверс-прокси сервер на базе Traefik. В изолированной сети Traefik осуществляет запросы к остальным подсистемам.

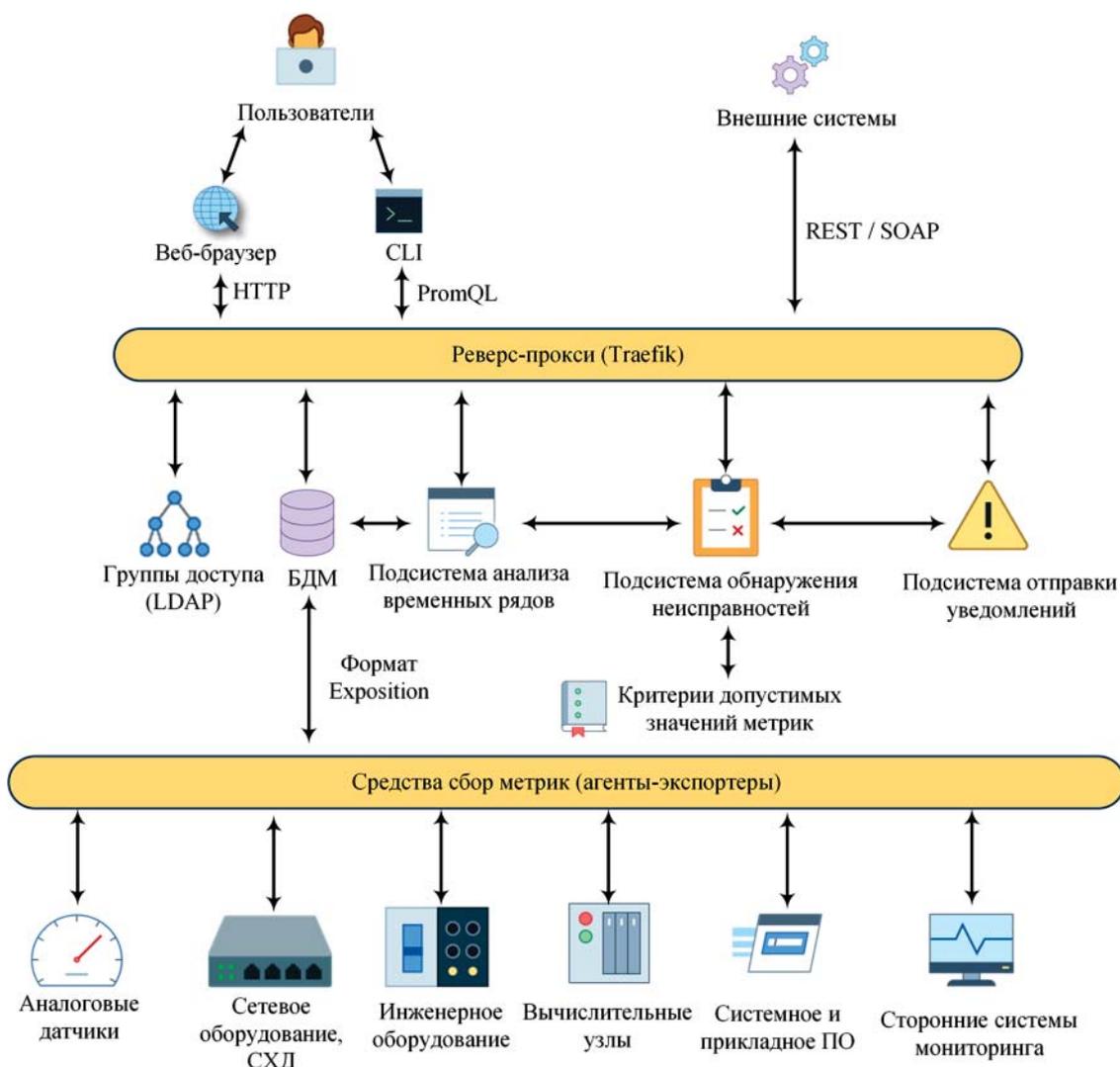


Рис. 1. Архитектура системы мониторинга

Эти подсистемы получают данные из базы данных метрик (БДМ) (реляционных, объектных и других специализированных баз данных). Формат хранения метрик определяется критериями БДМ и ориентирован на представление в виде временных рядов. В качестве БДМ выбрана система Prometheus, которая является в настоящее время индустриальным стандартом для сбора и хранения метрик [10]. Также Prometheus обеспечивает сжатие данных и быстрый доступ к ним на языке запросов PromQL.

В свою очередь за наполнение БДМ отвечает комплекс средств сбора метрик (агентов-экспортеров), которые выгружают специализированный набор метрик из вычислительной среды и конвертируют их в формат хранения БД метрик. Вычислительная среда включает в себя вычислительные и управляющие ресурсы (физические узлы и облачные), сетевую инфраструктуру (сервисные и управляющие сети, коммутаторы Ethernet и InfiniBand), системы хранения данных (СХД), инженерную инфраструктуру, системное и прикладное программное обеспечение (ПО), вычислительные задания пользователей.

При таком модульном подходе перво-степенной задачей является определение набора собираемых метрик и разработка (настройка) агентов-экспортеров. Агент-экспортер является отдельной службой, доступ к которой осуществляется через HTTP-запросы (API). Он может быть как частью системы, поддерживаемой БДМ, так и работающим независимо. Отдельный экспортер позволяет реализовать сбор данных с датчиков устройств (температуры, влажности, напряжения, оборотов вентиляторов и т.д.), работающих по специализированным протоколам (UART или через GPIO), в том числе и аналоговым. В качестве платформы для сбора данных может быть использован

микрокомпьютер [11], например Raspberry Pi или Arduino. Аналогично мониторингу аппаратных средств, с помощью экспортеров выполняется сбор данных о приложениях, контейнерах и виртуальных машинах.

Каждый экспортер зарегистрирован в БДМ для обеспечения сбора данных из него. Регистрация экспортеров возможна в автоматическом режиме, поэтому такой подход применим как для мониторинга статичных сущностей кластера, так и ресурсов облачной среды. В нашей системе мониторинга реализуется сбор метрик с вычислительных узлов, контейнеров и виртуальных машин с помощью Node Exporter [5, 9] и NetData. Они обеспечивают гибкую конфигурацию набора метрик, собираемых с узлов (загрузка и частота процессора, загрузка оперативной памяти, загрузка скорости сети и дисков, сетевые задержки, промахи кэша и т.д.) и их гранулярность. Сенсоры системы электропитания, вентилирования и охлаждения кластера имеют собственные протоколы и текстовые форматы представления данных, для них реализованы соответствующие экспортеры на языке Node.js. Все экспортеры по запросу БДМ отправляют данные в формате Exposition (Листинг).

В Листинге представлены следующие поля источника бесперебойного питания (ИБП):

- ups_battery_charge – гистограмма, представляющая уровень заряда батареи ИБП;
- ups_input_voltage – гистограмма, представляющая входное напряжение ИБП;
- ups_output_voltage – гистограмма, представляющая выходное напряжение ИБП;
- ups_load_percentage – гистограмма, представляющая загрузку ИБП в процентах от его емкости;
- ups_status – гистограмма, представляющая операционный статус ИБП (0 – ОК, 1 – Предупреждение, 2 – Критическое состояние).

```
# HELP ups_battery_charge Battery charge level of the UPS
# TYPE ups_battery_charge gauge
ups_battery_charge{ups_id="ups1"} 92.5
# HELP ups_input_voltage Input voltage provided to the UPS
# TYPE ups_input_voltage gauge
ups_input_voltage{ups_id="ups1"} 230.5
# HELP ups_output_voltage Output voltage provided by the UPS
# TYPE ups_output_voltage gauge
ups_output_voltage{ups_id="ups1"} 220.0
# HELP ups_load_percentage UPS load as a percentage of its capacity
# TYPE ups_load_percentage gauge
ups_load_percentage{ups_id="ups1"} 35.7
# HELP ups_status UPS operational status (0 - OK, 1 - Warning, 2 - Critical)
# TYPE ups_status gauge
ups_status{ups_id="ups1"} 0
```

Листинг. Пример данных в формате Exposition от системы электропитания

Каждая метрика имеет уникальный идентификатор (`ups_id`), который может использоваться для идентификации конкретных ИБП в системе. Эти метрики могут быть использованы БДМ для мониторинга и анализа работы системы бесперебойного электропитания.

Следующим компонентом системы мониторинга является комплекс визуализации метрик и отправки уведомлений администратору вычислительной системы. В нашей системе мониторинга используется система Graphana [9], которая наряду с Prometheus является стандартизированным решением [10]. Graphana имеет встроенную поддержку метрик из Prometheus, что позволяет использовать единую точку мониторинга вычислительной инфраструктуры в виде приборной панели. Приборная панель является инструментом для группировки метрик и настройки способа их представления (тепловые карты, гистограммы, шкалы и т.д.). Для каждой задачи визуализации (общее состояние кластера, состояние конкретного узла, загрузка сети, состояние инженерной инфраструктуры) администратор создает отдельную приборную панель. Кроме того, в Graphana выполняется формирование набора наблюдаемых метрик и их пороговых значений, конфигурирование методов отправки оповещений через e-mail, SMS и системы мгновенного обмена сообщениями.

Отличительной особенностью Graphana от других подобных систем является поддержка создания сложного набора правил для определения неисправностей. Система создания правил является достаточно гибкой и позволяет описывать нестандартные ситуации, которые могут привести к сбою. В правилах имеется поддержка описания

зависимостей между группами метрик. Однако создание таких правил требует экспертных знаний системных администраторов. В качестве инструментального средства для расширенного анализа метрик (выполнение запросов и фильтрация на языке PromQL, применение алгоритмов анализа временных рядов) системными администраторами разработан соответствующий JupierNotebook на языке Python. Из JupierNotebook выполняется вызов сервисов и библиотек [12, 13] для многокритериального анализа временных рядов, получаемых в результате выполнения запросов на языке PromQL из БДМ.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе выбранных технологий и экспертного опыта администрирования вычислительных кластеров, а также с учетом требований новых вычислительных задач был разработан прототип системы мониторинга гетерогенной вычислительной (облачных и кластерных ресурсов) и инженерной инфраструктур. В процессе интеграции существующих инженерных систем разработаны экспортеры для сбора наиболее важных метрик их состояния. Данные экспортеры были зарегистрированы в БДМ и полученные метрики были успешно визуализированы с помощью Graphana. Также проведена настройка приборной панели мониторинга администратора, что обеспечило единую точку мониторинга ключевых компонентов вычислительной среды (рис. 2). Проведено тестирование системы оповещений и отправки уведомлений, что в целом подтверждает работоспособность прототипа и позволяет продолжить его разработку.

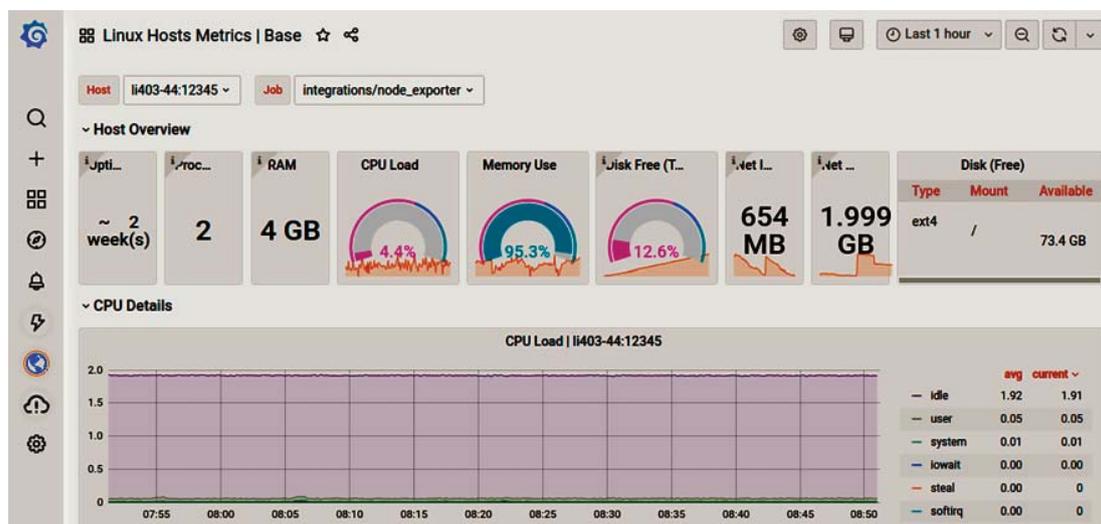


Рис. 2. Интерфейс приборной панели системы Graphana

Заключение

В статье представлены подход и архитектура разрабатываемой системы мониторинга гетерогенной вычислительной среды. Представлены основные компоненты и особенности их реализации. В настоящее время ведется активная разработка специализированных экспортеров и их интеграция с БДМ. Кроме того, продолжаются исследования, связанные с применением методов искусственного интеллекта для обнаружения аномалий во временных рядах метрик, а также методов обнаружения и исправления сбоев. В качестве обучающей выборки для нейронной сети выступают ретроспективные данные мониторинга, хранимые в БДМ. На основе этих данных планируется выполнить разметку с указанием нестандартных ситуаций. Предполагается, что методы искусственного интеллекта позволят обнаруживать корреляции и взаимосвязи между временными рядами метрик и смогут прогнозировать аварийные ситуации заранее, что даст возможность провести профилактические мероприятия. Как следствие, это увеличит эффективность функционирования вычислительной среды, ее отказоустойчивость и надежность.

Прототип новой системы мониторинга функционирует параллельно с уже существующей системой мониторинга кластера для обеспечения преемственности разработок. Этот подход позволяет поэтапно внедрять и проверять новые возможности, снижая воздействие на текущую эксплуатацию кластера.

Список литературы

1. Collier N., Wozniak J.M., Stevens A., Babuji Y., Binois M., Fadikar A., Würth A., Chard K., Ozik J. Developing Distributed High-performance Computing Capabilities of an Open Science Platform for Robust Epidemic Analysis // Proceeding of the IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (St. Petersburg, FL, 15–19 May, 2023). IEEE, 2023. P. 868–877. DOI: 10.1109/IPDPSW59300.2023.00143.
2. Li Z. Geospatial Big Data Handling with High Performance Computing: Current Approaches and Future Directions // High Performance Computing for Geospatial Applications. Geotechnologies and the Environment. 2020. Vol. 23. P. 53–76. DOI: 10.1007/978-3-030-47998-5_4.
3. Voevodin V.V., Antonov A.S., Nikitenko D.A., Shvets P.A., Sobolev S.I., Sidorov I.Yu., Stefanov K.S., Voevodin V.V., Zhumatiy S.A. Supercomputer Lomonosov-2: Large Scale, Deep Monitoring and Fine Analytics for the User Community // Supercomputing Frontiers and Innovations. 2019. Vol. 6, Is. 2. P. 4–11. DOI: h10.14529/jsfi190201.
4. Beltre A.M., Saha P., Govindaraju M., Younge A., Grant R.E. Enabling HPC Workloads on Cloud Infrastructure Using Kubernetes Container Orchestration Mechanisms // Proceeding of the IEEE/ACM International Workshop on Containers and New Orchestration Paradigms for Isolated Environments in HPC (Denver, Colorado, November 18, 2019). IEEE, 2019. P. 11–20. DOI: 10.1109/CANOPIE-HPC49598.2019.00007.
5. Stefanov K.S., Pawar S., Ranjan A., Wandhekar S., Voevodin V.V. A Review of Supercomputer Performance Monitoring Systems // Supercomputing Frontiers and Innovations. 2021. Vol. 8, Is. 3. P. 62–81. DOI: 10.14529/jsfi210304.
6. Черных А.Н., Бычков И.В., Феоктистов А.Г., Горский С.А., Сидоров И.А., Костромин Р.О., Еделев А.В., Зоркальцев В.И., Аветисян А.И. Смягчение неопределенности при разработке научных приложений в интегрированной среде // Труды Института системного программирования РАН. 2021. Т. 33. № 1. С. 151–172. DOI: 10.15514/ISPRAS-2021-33(1)-11.
7. Feoktistov A., Tchernykh A., Dmitriev V. Mitigating uncertainty of resource allocation in heterogeneous computing environment // Информационные, вычислительные и управляющие системы для распределенных сред: материалы IV Международного семинара (Иркутск, 4–8 июля 2022 г.). Иркутск: Издательство ИДСТУ СО РАН, 2022. P. 74–78.
8. Сидоров И.А., Кузьмин В.Р. Обзор современных средств для комплексного мониторинга высокопроизводительных вычислительных систем // Фундаментальные исследования. 2016. № 1–9. С. 62–67.
9. Verginadis Y. A Review of Monitoring Probes for Cloud Computing Continuum // Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Vol. 655. P. 631–643. DOI: 10.1007/978-3-031-28694-0_59.
10. Bastos J., Araujo P. Hands-On Infrastructure Monitoring with Prometheus // Packt Publishing, 2019. 430 p.
11. Sidorov I.A., Kostromin R.O., Feoktistov A.G. System for monitoring parameters of functioning infrastructure objects and their external environment // Proceedings of the 2nd International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (Иркутск, 6–7 июля 2020 г.). CEUR Workshop Proceedings, 2020. Vol. 2638. P. 252–264. DOI: 10.47350/ICCS-DE.2020.23.
12. Гришко А.К., Кочегаров И.И., Лысенко А.В. Многокритериальный выбор оптимального варианта сложной технической системы на основе интервального анализа слабоструктурированной информации // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2017. № 3 (21). DOI: 10.21685/2307-5538-2017-3-14.
13. Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Башарина О.Ю. Сервис анализа временных рядов природно-климатических показателей окружающей среды инфраструктурных объектов Байкальской природной территории // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: материалы XXVII Международного симпозиума (Москва, 5–9 июля 2021 г.). Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2021. Т. F. С. 96–99.

СТАТЬИ

УДК 378.147:372.881.1
DOI 10.17513/snt.39893

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ

Абакумова М.В., Иванова Е.А., Полякова М.В.

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
Санкт-Петербург, e-mail: marptv@mail.ru*

В статье рассматривается опыт применения двух моделей смешанного обучения – Rotation и Face-to-Face Driver для обучения иностранному языку студентов экономических направлений. Представлены принципы организации обучения базовому английскому языку по модели Rotation и обучения профессионально ориентированному языку по модели Face-to-Face Driver. Для реализации смешанного обучения были специально разработаны электронные курсы по данным дисциплинам. В рамках первой модели количество контактных часов и часов работы с электронным курсом совпадало и производилось их чередование по определенному графику. Во второй модели упор делается на аудиторной работе, а онлайн-курс служит дополнительной тренировочной и познавательной базой для усвоения делового английского языка. Выявлены преимущества данных моделей по сравнению с традиционным обучением: автоматизация учебного процесса, индивидуализация и гибкость обучения, расширенный доступ к электронным ресурсам, возможность более эффективной обратной связи и мониторинга и др. При сравнении данных моделей авторы пришли к выводу, что модель Face-to-Face Driver приводит к более высоким результатам обучения и является предпочтительной с точки зрения преподавателей и студентов, поскольку работа с электронным курсом дополняет занятия в очном формате и не заменяет часы контактной работы, что происходит в случае применения модели Rotation.

Ключевые слова: модели смешанного обучения, обучение иностранному языку, электронный курс, цифровизация обучения

COMPARATIVE ANALYSIS OF USING VARIOUS BLENDED LEARNING MODELS IN FOREIGN LANGUAGE TRAINING FOR STUDENTS OF ECONOMIC SPECIALTIES

Abakumova M.V., Ivanova E.A., Polyakova M.V.

Peter the Great St Petersburg Polytechnic University, St Petersburg, e-mail: marptv@mail.ru

The paper deals with the effect of using two models of blended learning – Rotation and Face-to-Face Driver – for teaching a foreign language to economics students. The paper outlines the principles of organizing training in Basic English according to the Rotation model and teaching English for Specific Purposes according to the Face-to-Face Driver model. To implement blended learning, electronic courses in these disciplines were specially developed. Within the first model, the number of contact hours and hours of working with the electronic course coincided and they were alternated according to a designated schedule. In the second model, the emphasis is on classroom work, the online course serves as an additional training and educational base for mastering Business English. The advantages of these models compared to traditional teaching methods have been identified: automation of the educational process, individualization and flexibility of training, expanded access to electronic resources, the possibility of more effective monitoring and feedback, etc. When comparing these models, the authors came to the conclusion that the Face-to-Face Driver model leads to better learning outcomes and is preferable from the point of view of teachers and students, since working with the electronic course complements classroom activities and does not replace the hours of face-to-face work, as in the case of the Rotation model.

Keywords: blended learning models, foreign language teaching, on-line course, digitalization of the learning process

Активное развитие электронной образовательной среды, цифровизация образовательного процесса, внедрение новых технологий обучения являются основными тенденциями современного высшего образования в России. Вместе с тем, использование электронных образовательных ресурсов не предполагает отказ от традиционных методов обучения; только гармоничное сочетание традиционных аудиторных форм обучения с различными формами учебного взаимодействия в электронной среде мо-

жет приводить к повышению эффективности обучения [1]. Технология смешанного обучения (blended learning), позволяющая успешно интегрировать дистанционные формы работы в очный формат обучения, активно используется в российских университетах [2-4].

В рамках смешанного обучения встречается различное сочетание аудиторного и электронного формата взаимодействия преподавателя и учащихся. М.Б. Хорн и Х. Стэйкер, стоящие у истоков формирования данной тех-

нологии, выделили несколько моделей смешанного обучения:

1) Face-to-Face Driver – в данной модели преобладает контактная работа в аудитории, а электронное обучение выступает как вспомогательный инструмент;

2) Rotation – предполагается ротация аудиторных и дистанционных занятий, их соотношение более равномерное; Station Rotation предусматривает ротацию рабочих станций в учебной аудитории, тогда как Lab Rotation означает смену офлайн- и онлайн-обучения;

3) Flex – суть данной модели состоит в реализации гибкого сочетания контактного и дистанционного обучения; онлайн-платформа задействована в большей степени, а преподаватель взаимодействует со студентами по мере необходимости, осуществляя работу в малых группах и индивидуально;

4) Online Lab – в этом случае обучающая онлайн-платформа используется при проведении занятий в вузе под руководством преподавателя в специально оборудованных аудиториях;

5) Self-Blend – учащийся решает самостоятельно, какие очные курсы ему необходимо дополнить обучением в электронном формате;

6) Online Driver – преобладают обучение на онлайн-платформе и дистанционный контакт учащихся и преподавателя [5, 4].

Как показывает практика применения смешанного обучения в российских вузах, в основном преподаватели адаптируют данную классификацию под свои потребности, однако некоторые исследователи предлагают собственные разработки моделей смешанного обучения [6].

Цель настоящего исследования – сравнить использование двух моделей смешанного обучения при изучении иностранного языка в неязыковом вузе. Программа обучения иностранному языку студентов экономических направлений в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (СПбПУ) включает два курса: «Иностранный язык. Базовый курс» (1–3-е семестры) и «Иностранный язык. Профессионально ориентированный курс» (4–5-е семестры). Содержание этих дисциплин, их языковое наполнение, а также количество аудиторных часов, выделяемое на их усвоение, различаются. Следовательно, для реализации данных дисциплин в рамках технологии смешанного обучения были выбраны две разные модели сочетания аудиторной и дистанционной работы.

Для разработки базового курса иностранного языка была выбрана модель Rotation, согласно которой периоды очного

и электронного обучения распределяются в равном соотношении и чередуются по определенному графику. Ведущие преподаватели проводят постоянный мониторинг деятельности учащихся на учебной платформе и оказывают необходимую поддержку. Обучение профессионально ориентированному иностранному языку производится по модели Face-to-Face Driver, когда упор делается на аудиторной работе, а электронные ресурсы используются как дополнительные обучающие материалы и предлагают различные виды деятельности для самостоятельной работы.

В рамках данного исследования авторы сравнивают эффективность моделей Lab Rotation и Face-to-Face Driver, а также учитывают результаты опроса студентов и мнения преподавателей об их применении.

Материалы и методы исследования

Применение смешанного обучения иностранному языку распространено в университетской среде. Преподавание таких аспектов иностранного языка, как базовый английский, академический английский, перевод, деловой английский, грамматика английского языка, производится с использованием данной технологии. При обучении иностранному языку студентов экономических направлений основное внимание уделяется деловому английскому и коммуникации в профессиональной деловой сфере. Методисты разрабатывают различные способы применения смешанного обучения для данных целей. Так, методика «перевернутого класса» (flipped classroom) подразумевает закрепление теоретических знаний, изучение ресурсов Интернета, выполнение упражнений на отработку грамматических и лексических навыков в процессе самостоятельной работы студентов в электронном курсе, в то время как интерактивные задания, дискуссии, обсуждение кейсов в рабочей группе проводятся в аудиторном режиме [7]. Продуктивен также трехступенчатый подход, согласно которому на первой ступени студенты знакомятся с учебным материалом при помощи электронного курса и мобильных приложений, на второй стадии происходят обсуждение темы и развитие коммуникативной компетенции в аудитории, на третьей ступени студенты изучают дополнительные материалы онлайн и получают оценку своих знаний [8]. Для мониторинга выполнения заданий и оценки успешного усвоения умений и навыков в рамках такого подхода может быть применен инструмент электронного портфолио [9].

На базе СПбПУ используются две модели смешанного обучения английскому языку

ку студентов экономических направлений. Обучение базовому английскому проходит в течение первых трех учебных семестров. Переход на смешанное обучение в рамках данной дисциплины был осуществлен в 2019 году. Курс построен по принципу интеграции учебно-методического комплекса, предусмотренного программой вуза, и специально разработанного обучающего электронного ресурса. Обучение осуществляется по модели ротации (Lab Rotation), то есть на аудиторные занятия и деятельность учащихся в электронном курсе выделяется равное количество учебных часов, также предусматриваются часы на самостоятельную работу студентов. Модель Lab Rotation выбрана в силу отсутствия технической возможности обеспечить студентов достаточным количеством компьютеров в аудитории и недостаточности учебных часов на аудиторную работу. Курс на обучающей онлайн-платформе разработан таким образом, что в нем дублируются все тематические модули рабочего УМК и включены задания на отработку лексических, грамматических, фонетических навыков и таких видов речевой деятельности, как чтение, слушание и письменная речь. Развитие коммуникативной компетенции и устной речи студентов происходит в очном формате. Преимуществом модели Lab Rotation являются в том, что она позволяет четко выстроить учебную траекторию учащихся, отслеживать прогресс в развитии языковых и коммуникативных навыков каждого студента. В условиях ограниченного количества аудиторных часов тренировка лексических и грамматических навыков успешно происходит в автоматическом режиме, в онлайн-курсе предоставлены все необходимые материалы, включая глоссарий, видеолекции, тестовые задания для самопроверки, игровые задания. Для развития различных видов речевой деятельности на обучающей платформе представлены обязательные задания и ресурсы, которые учащиеся могут использовать по выбору: аутентичные статьи и тексты, видеоролики, образцы письменных заданий и документов. В конце каждого модуля студенты проходят онлайн-тестирование с автоматической проверкой результатов.

Дисциплина «Английский язык. Профессионально ориентированный курс» продолжает процесс обучения иностранному языку студентов экономических направлений в СПбПУ (4-й и 5-й семестры) и фокусируется на развитии коммуникативной компетенции в деловой профессиональной среде, изучении основной тематики, связанной с деловыми и экономическими отноше-

ниями, освоении лексического материала, различных жанров устного и письменного делового общения.

Условия для освоения данной дисциплины несколько отличаются от курса базового английского языка. Прежде всего, содержание учебного курса представляет больший профессиональный интерес и в то же время сложность для студентов. Многие студенты впервые сталкиваются с тематикой и сферами деловой активности, которые предлагаются в рамках изучения дисциплины. Необходимо уделять особое внимание пояснению реалий бизнеса и экономики, объяснению значений и особенностей использования лексических единиц, изучению жанров устного и письменного делового общения: собеседование, переговоры, деловые совещания, обратная связь между руководителем и подчиненным, деловая корреспонденция, документация и многое другое. При этом формирование грамматических навыков отходит на второй план, хотя курс также предусматривает повторение грамматического материала. Успешное освоение данной дисциплины имеет большое значение для развития дальнейшей профессиональной и научной деятельности учащихся.

Учитывая такие особенности содержания дисциплины и большее количество аудиторных часов, для реализации смешанного подхода в СПбПУ была выбрана модель Face-to-Face Driver; обучение по данной технологии проводится с 2020 года в отдельных учебных группах. Основой обучения является взаимодействие преподавателя и учебной группы в аудитории, в учебном процессе используется учебно-методический комплекс по деловому английскому языку, включающий восемь модулей, охватывающих важнейшие сферы бизнеса и экономики. Деятельность учащихся в электронной образовательной среде дополняет аудиторную работу. Сопроводительный онлайн-курс создан с учетом тематики УМК и включает обширный спектр заданий на изучение и отработку новой лексики, материалы для углубленного изучения рассматриваемых бизнес- и экономических вопросов, содержит аутентичные видео- и аудиоматериалы. Каждый модуль онлайн-курса состоит из трех разделов: ключевая лексика по теме, материалы для чтения и работы с текстами, развитие навыков аудирования и письменной речи. Преимуществом работы на электронной образовательной платформе является также наличие заданий для студентов различного уровня языковой подготовки, заданий для обязательного выполнения и заданий по выбору студентов.

В процессе внедрения смешанного обучения производились измерения эффективности обучения в контрольных и экспериментальных группах учащихся, осуществлялись анкетирование студентов и консультации с преподавателями. Таким образом, появилась возможность сравнить применение традиционной и новой технологии обучения, а также сравнить обучение по двум различным моделям смешанного обучения.

Результаты исследования и их обсуждение

В целях проверки эффективности обучения иностранному языку студентов экономических направлений по смешанной технологии параллельно проводилось обучение в экспериментальных и контрольных группах. Студенты в экспериментальных группах, изучающие базовый английский язык (всего 78 человек), в течение первого семестра работали по модели ротации (Lab Rotation), каждую неделю в группах проводилось одно очное занятие по 2 академических часа, и 2 часа в неделю уделялось на работу в онлайн-курсе. Студенты контрольных групп (66 человек) обучались только в очном режиме и не выполняли задания на обучающей платформе. Тестирование модели Face-to-Face Driver по дисциплине «Профессионально ориентированный курс» осуществлялось в течение 4-го семестра в экспериментальных группах (61 человек), занятия в которых проводились в очном формате, и в качестве обязательной самостоятельной работы учащиеся выполняли задания в электронном

курсе. Студенты контрольных групп (58 человек), изучающие эту дисциплину, посещали такое же количество очных занятий в неделю и выполняли самостоятельную работу в иной форме. Программы курсов экспериментальных и контрольных групп на аудиторных занятиях в обоих случаях совпадали, отличие состояло в работе на электронной обучающей платформе и в характере самостоятельной работы. В конце семестра учащиеся проходили тестирование для оценки усвоения курса. Тесты включали лексико-грамматическую часть, задания на восприятие и понимание текста. Результаты финального тестирования представлены в таблице.

Порог успешного прохождения финального тестирования составлял 60%. Студенты, набравшие от 60 до 79% правильных ответов, получали оценку «удовлетворительно». Сравнивая ответы экспериментальных и контрольных групп, можно заметить, что большее количество учащихся, обучавшихся по традиционной технологии только в очном формате, получили удовлетворительные результаты. Оценку «хорошо» (от 80 до 89% правильных ответов) получили большинство студентов из экспериментальных групп, на «отлично» справилась примерно треть студентов экспериментальных групп в обеих дисциплинах. В целом показатели для экспериментальных групп выше результатов контрольных групп, что свидетельствует о лучшем усвоении дисциплины и развитии иноязычной коммуникативной компетенции при использовании смешанного обучения.

Результаты финального теста контрольных и экспериментальных групп

Иностраный язык. Базовый курс (модель Rotation)		
% правильных ответов	Экспериментальная группа (% и количество человек)	Контрольная группа (% и количество человек)
0–59%	7,4% (6 человек)	8,9% (9 человек)
60–79%	24,6% (20 человек)	48,7% (38 человек)
80–89%	35,8% (29 человек)	12,8% (10 человек)
90–100%	28,4% (23 человека)	11,5% (9 человек)
Иностраный язык. Профессионально ориентированный курс (модель Face-to-Face Driver)		
% правильных ответов	Экспериментальная группа (% и количество человек)	Контрольная группа (% и количество человек)
0–59%	6,6% (4 человек)	12% (7 человек)
60–79%	11,5% (7 человек)	25,7% (15 человек)
80–89%	45,9% (28 человек)	34,5% (20 человек)
90–100%	36% (22 человека)	27,8% (16 человек)

Сравнение доли успешных ответов (от 80 до 100%) учащихся экспериментальных групп для модели Lab Rotation и Face-to-Face Driver показывает, что студенты, прошедшие обучение по второй модели с ведущей ролью аудиторной работы, демонстрируют более высокие результаты: 81,9% студентов получили оценки «хорошо» и «отлично». Модель Rotation имеет соответствующий показатель 64,2%. Следовательно, смешанное обучение английскому языку по модели Face-to-Face Driver обеспечивает более эффективное формирование лексико-грамматических навыков и иноязычной коммуникативной компетенции.

По завершении двух дисциплин преподавателям и студентам было предложено ответить на вопросы об удовлетворенности обучением на основе указанных моделей. Выбор преподавателей для участия в опросе был осуществлен по следующим критериям: преподаватель работал с группами как по традиционной модели обучения, так и по двум предложенным, также ряд преподавателей являлись непосредственными разработчиками онлайн-курсов с применением соответствующих моделей. Студенты, принимавшие участие в опросе, проходили обучение по дисциплинам иностранного языка в 1–5-х семестрах только по указанным моделям обучения, в данных группах не применялась традиционная модель обучения.

Преподавателям было предложено осуществить выбор наиболее эффективной модели обучения иностранному языку на экономическом направлении подготовки, предполагался выбор из трех моделей: традиционной, Lab Rotation и Face-to-Face Driver. По мнению преподавателей, наиболее эффективной является модель Face-to-Face Driver, в рамках которой электронный курс является дополнительным инструментом для изучения дисциплины. Наименее эффективной, по мнению преподавателей, является модель Lab Rotation, предусматривающая замещение аудиторных часов занятиями онлайн-курса. Данный факт обусловлен частичным нивелированием коммуникативной составляющей непосредственно в онлайн-курсе. В ходе опроса были выявлены трудности, с которыми преподаватели столкнулись в ходе создания и/или работы с курсом. К основным трудностям респонденты отнесли то, что времязатратность работы с курсом больше времени подготовки к традиционным аудиторным занятиям.

В ходе опроса студентов было обнаружено, что студенты отдают предпочтение модели Face-to-Face Driver, поскольку считают аудиторные занятия с дополнительным

поддерживающим онлайн-курсом наиболее эффективной и удобной моделью обучения. К основным трудностям студенты отнесли возможные технические сбои.

В целом внедрение смешанной технологии оказывает положительное влияние на обучение иностранному языку в вузе. Происходит автоматизация учебного процесса, увеличиваются возможности для индивидуализации обучения, повышается информационная доступность дополнительных аутентичных материалов, связанных с изучаемыми темами. Некоторые исследователи особенно подчеркивают интерактивность в обучении, что обеспечивает большую вовлеченность студентов в образовательный процесс [10]. Смешанные модели обучения также способствуют большей организованности и структурированности самостоятельной работы студентов, что также приводит к повышению образовательных результатов [11].

Заключение

Таким образом, модель Face-to-Face Driver является одной из наиболее оптимальных моделей смешанного обучения. Главным преимуществом данной модели видится отсутствие замещения аудиторных занятий онлайн-курсом. Данная модель может быть успешно реализована при обучении студентов различных направлений подготовки. Модель Lab Rotation также доказала свою эффективность, однако одним из условий ее реализации в СПбПУ было сокращение количества аудиторных часов в пользу освоения дисциплины в режиме онлайн, что привело к снижению коммуникативной активности учащихся.

Особую актуальность смешанная технология приобретает при обучении групп с большой численностью студентов и с разным уровнем владения языком, поскольку дополнительный онлайн-курс, созданный непосредственно на базе рабочей программы дисциплины, позволяет слабым студентам улучшить знания, а студентам с хорошим уровнем языковой подготовки – расширить свои знания. Курс дистанционного обучения дает возможность создать благоприятные условия для процесса самообучения, сделать его более интересным и эффективным. Отметим также гибкость обучения по смешанным моделям – для выполнения заданий на обучающей платформе студенты сами выбирают удобное время и продолжительность обучения. Преимуществами применения моделей смешанного обучения являются поддержание постоянной обратной связи с преподавателем иностранного языка, возможность осуществления система-

тического мониторинга учебного процесса и отслеживания прогресса каждого отдельного студента.

Безусловно, данная модель не лишена недостатков. Создание курса – достаточно времязатратный процесс, также разработка курса требует от преподавателя умения работать с определенными информационно-компьютерными технологиями. Дальнейшее совершенствование информационно-компьютерных технологий и обучение преподавателей в будущем способны нивелировать ряд трудностей и сделать данную модель общеприменяемой в различных образовательных учреждениях.

Список литературы

1. Хлыбова М.А. Особенности смешанного обучения иностранному языку в неязыковом вузе // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2021. № 2 (35). С. 311-313.
2. Ульянов С.С. Использование технологии смешанного обучения «перевернутый класс» при обучении иностранному языку в вузе // Вестник ТГУ. 2021. № 195. С. 87-94.
3. Филончик О.А., Рыжова С.В., Кокорина С.В. Технология смешанного обучения в процессе преподавания профессионального иностранного языка в вузе // Kant. 2020. № 1(34). С. 343-346.
4. Борщева О.В. Педагогические условия эффективности смешанного обучения в преподавании иностранного языка в неязыковом вузе // Педагогика и психология образования. 2020. № 4. С. 72-80.
5. Horn M.B., Staker H. Is K-12 Blended Learning Disruptive? An introduction of the theory of Hybrids. The Clayton Christensen Institute, 2013. 48 p.
6. Блинов В.И., Есенина Е.Ю., Сергеев И.С. Модели смешанного обучения: организационно-дидактическая типология // Высшее образование в России. 2021. Т. 30, № 5. С. 44-64.
7. Bykonina O.P., Borysenko I.V., Zvarych I.M., Harbuza T.V., Shepurna M.V. Teaching Business English to future economists using a multimedia textbook // International Journal of Higher Education. 2019. Vol. 8, Is. 4. P. 115-123.
8. Liang J. Blended-Teaching Model in Business English Teaching // Proceedings of the 2019 4th International Conference on Modern Management, Education Technology and Social Science (MMETSS 2019). Paris: Atlantis Press, 2019. P. 632-636.
9. Yang X., Gao H. Teaching Business English course: Incorporating portfolio assessment-based blended learning and MOOC // Journal of Literature and Art Studies. 2018. Vol. 8, Is. 9. P. 1364-1369.
10. Попова Т.П., Ненашева Т.А. Информационные технологии в обучении иностранным языкам в вузе (модель смешанного обучения) // Образование и педагогические науки. 2016. Т. 8, № 6/1. С. 218-226.
11. Абакумова М.В., Иванова Е.А., Полякова М.В. Организация самостоятельной работы при реализации смешанного обучения иностранному языку студентов неязыковых специальностей // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 2. С. 94-100.

УДК 373.51:159.95/.924.24
DOI 10.17513/snt.39894

НЕЙРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ КОГНИТИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Глебова М.В.

*Управление образования администрации города Прокопьевска, Прокопьевск,
e-mail: mvg.office@mail.ru*

В статье рассмотрены нейробиологические аспекты повышения когнитивной эффективности обучения и соответствующие им педагогические подходы к развитию творческого потенциала учащихся подросткового возраста. Выделены перспективные с методологической точки зрения подходы для разработки образовательных технологий снижения негативного влияния цифровых технологий на когнитивную эффективность обучения в современной общеобразовательной школе, в их числе: внедрение в учебный процесс занятий по когнитивной тренировке для увеличения резервов памяти, формирования системного мышления; индивидуализация обучения школьников; внедрение методов психофизического контроля внимания и эмоционально-познавательной сферы для оценки когнитивной эффективности обучения и корректировки образовательного процесса. Определены и теоретически обоснованы с позиций нейропсихологического подхода направления организации образовательного процесса в контексте развития когнитивных возможностей обучающихся. Перечислим их: проектирование технологий и методик, развивающих межполушарное взаимодействие структуры головного мозга в процессе обучения; четкая структуризация учебного материала с использованием словесно-логического метода обучения; регулярные интеллектуальные тренировки для усиления логического мышления и памяти; внедрение систематического повторения с возвратом к ключевым идеям темы, курса, учебной дисциплины; оптимальная эмоциональная насыщенность учебно-познавательной деятельности школьников; развитие ассоциативного мышления как одного из основных компонентов творческого процесса, в котором информационные ресурсы используются наиболее эффективно, и др.

Ключевые слова: когнитивное обучение, нейробиология, психические функции, интеллект, развитие памяти и мышления, эффективность обучения, качество образования, творчество

NEUROBIOLOGICAL ASPECTS OF INCREASING COGNITIVE EFFECTIVENESS OF LEARNING IN A MODERN GENERAL EDUCATION SCHOOL

Glebova M.V.

*Department of Education of the Prokopyevsk City Administration, Prokopyevsk,
e-mail: mvg.office@mail.ru*

The article discusses the neurobiological aspects of increasing the cognitive efficiency of learning and the corresponding pedagogical approaches to the development of the creative potential of adolescent students. Promising approaches from a methodological point of view have been identified for the development of educational technologies to reduce the negative impact of digital technologies on the cognitive efficiency of learning in a modern secondary school, including: the introduction of cognitive training classes into the educational process to increase memory reserves and develop systematic thinking; individualization of education for schoolchildren; introduction of methods of psychophysical control of attention and the emotional-cognitive sphere to assess the cognitive effectiveness of training and adjust the educational process. The directions for organizing the educational process in the context of the development of students' cognitive abilities have been identified and theoretically substantiated from the perspective of a neuropsychological approach. Let us list them: design of technologies and techniques that develop interhemispheric interaction of brain structures in the learning process; clear structuring of educational material using the verbal-logical teaching method; regular intellectual training to strengthen logical thinking and memory; introduction of systematic repetition with a return to the key ideas of the topic, course, academic discipline; optimal emotional intensity of educational and cognitive activity of schoolchildren; development of associative thinking as one of the main components of the creative process, in which information resources are used most effectively, etc.

Key words: cognitive learning, neurobiology, mental functions, intelligence, development of memory and thinking, learning efficiency, quality of education, creativity

В настоящее время перспективным является использование нейропсихологического подхода при изучении когнитивных способностей и интеллекта как общей способности к познанию, пониманию и разрешению проблем, так как эти способности имеют сложную структуру, отражают системную

организацию головного мозга, межфункциональные связи и деятельностный характер психических функций [1].

Вопросы повышения когнитивной эффективности обучения связаны с комплексным развитием психики на основе учета ведущих направлений психического разви-

тия в онтогенезе и естественных процессов когнитивной организации человека и его личности, и «отчасти развивающей коммуникации ученика и учителя» [2, с. 71]. В условиях интенсивного внедрения цифровых технологий в образовательное пространство современной школы проблема повышения когнитивной эффективности обучения, в том числе в целях снижения негативного влияния цифровизации на такую эффективность, становится актуальной для теоретической и практической педагогики.

Федеральный государственный стандарт среднего общего образования (ФГОС СОО), переход на который начался в российских школах с 1 сентября 2023 г., методологически ориентирован на развитие активной учебно-познавательной деятельности школьников, формирование у них готовности к саморазвитию и непрерывному образованию. В основе ФГОС СОО лежит системно-деятельностный подход, который опирается на максимальную познавательную самостоятельность школьников, обеспечивает в этой связи организацию процесса обучения с учетом индивидуальных возрастных, психологических и физиологических особенностей школьников. Основным результатом обучения, согласно данному подходу, – развитие личности ребенка на основе учебной деятельности.

Теоретические аспекты, связанные с проектированием эффективных образовательных систем на современном этапе, включают разработку не только социально-педагогических и дидактических основ интенсификации учебно-познавательной деятельности, но и предполагают максимальный учет индивидуально-личностных особенностей обучающихся, общих принципов восприятия, памяти, мышления, внимания, а также их нейрофизиологических и психологических оснований. Понимание зависимости между принципами работы мозга и познавательными способностями является важным фактором эффективной работы любого педагога [3].

Цель исследования – определение нейробиологических аспектов когнитивной эффективности обучения в современной общеобразовательной школе и соответствующих им психолого-педагогических подходов к развитию творческого потенциала обучающихся как фактора повышения качества образовательных результатов; определение и теоретическое обоснование с позиций нейропсихологического подхода направлений организации образовательного процесса в контексте развития когнитивных возможностей обучающихся.

Материалы и методы исследования

Теоретический анализ психолого-педагогической литературы, эмпирических данных когнитивной нейробиологии, изучение и обобщение педагогического опыта, результатов педагогических исследований в области повышения качества образования.

Результаты исследования и их обсуждение

В современной педагогической науке существует большое количество исследований по проблемам эффективности обучения. Основную движущую силу процесса обучения традиционно многие исследователи видят в инструментальной стороне образования, которая предполагает технологию учета индивидуальных, по преимуществу когнитивных, особенностей личности при использовании соответствующих дидактических средств и методов. Когнитивные ресурсы личности (память, внимание, мышление, обучаемость) при этой стороне обучения учитываются педагогами достаточно полно, но на уровне конкретной методики, а не целостного процесса обучения. При всех достоинствах данного подхода его влияние на эффективность процесса обучения имеет свои ограничения, так как инструментальная сторона образования недостаточно учитывает субъектность ученика, который, если использовать терминологию психологии развития, является «познающей системой», работающей с определенным набором увеличивающих и развивающих его когнитивные возможности средств [2].

В отличие от классической инструментальной педагогики, ориентированной на оценку характеристик и продуктивности учебно-познавательной деятельности обучающихся, активно развивающаяся в настоящее время когнитивная педагогика особое внимание уделяет познавательным структурам личности и способам их развития.

Попытка совершенствования когнитивной организации человека базируется на известных еще со времен Я.А. Коменского идеях всестороннего развития человека в процессе обучения, получивших системное развитие в отечественной педагогике и педагогической психологии прошлого столетия. Построение обучения на базе учета эффектов созревания психической организации человека, логико-структурных компонентов развития его когнитивной сферы исследовано в трудах российских ученых: Л.С. Выготского, А.Н. Леонтьева, С.Л. Рубинштейна, В.В. Давыдова, Л.В. Занкова, Е.И. Кабановой-Меллер, З.И. Калмыковой, М.А. Махмутова, Н.А. Менчинской,

Д.Б. Эльконина и др. В этот период в нашей стране была создана одна из лучших систем образования в мире, важнейшей характеристикой которой была ориентация на комплексное развитие психики и всестороннее развитие личности учащихся.

В работах отечественных и зарубежных психологов Л.С. Выготского, В.В. Давыдова, А.Р. Лурия, А.А. Реана и др. отмечена зависимость академической успеваемости от уровня когнитивного развития и обосновывается положение о необходимости ориентации содержания, методов и приемов педагогической деятельности на развитие высших психических функций школьников.

Подростковый период в становлении человека характеризуется активным когнитивным развитием, в процессе которого осуществляется переход от собственно детских познавательных механизмов к становлению интеллектуальной сферы «взрослого» типа, совершенствованием мыслительных процессов – умозаключений, размышлений и рассуждений, формированием структур саморегуляции и самосознания [4]. Для когнитивной сферы подростков характерны: интеллектуальная зрелость, развитие логической памяти, пространственного и теоретического мышления, устной и письменной речи.

В ранней юности (15–17 лет, согласно возрастной периодизации, принятой в отечественной психологии) абстрактно-логическое мышление достигает высокого уровня, познавательные интересы дифференцированы, доминирует вербальная активность памяти в форме абстрактно-логического запоминания. В этот же период формируется система ценностей, происходит личностное самоопределение, что сказывается на всем процессе психического развития человека, включая и развитие познавательных процессов.

Феномен ускорения эволюционного процесса за счет усложнения абстракций и расширения потенциалов человеческого мозга приводит к экспоненциальному увеличению сложности и возможностей результатов такого ускорения как в социальной, так и в технологической сфере. Экспоненциальный рост объема памяти и информационной производительности компьютерных технологий позволяет упорядочивать лавинообразный рост информации, значительно расширять знания и связывать между собой информацию из различных отраслей знания. С другой стороны, интенсивное развитие информационных технологий увеличивает количество данных в геометрической прогрессии. По данным экспертов, количество информации в мире будет удваиваться каждые два года, что неизбежно приведет

к «информационному стрессу» из-за необходимости обработки непрерывно растущих потоков разноплановой информации, генерируемой человечеством. Информационное перенасыщение вызывает когнитивные перегрузки, негативно влияющие на обработку проблем и задач, что воздействует на процесс принятия решений современной личностью. Существуют исследования, устанавливающие влияние информационной перегрузки, возникающей вследствие избыточности информации, на способность выделять приоритеты в деятельности, устанавливать существенные признаки предметов и удерживать в памяти значимую информацию [5]. Кроме негативного влияния на нервную систему избыточный объем информации, нерациональный выбор контента приводят к резкому падению качества принимаемых решений и когнитивным искажениям суждений.

Для системы образования эти вызовы ставят новые задачи – научить учащихся не только ориентироваться в огромном информационном потоке, но и перерабатывать большие объемы данных (структурировать, критически оценивать, создавать новое), превращать информацию в знания и применять эти знания на практике; находить новые решения и методы развития когнитивной сферы обучающихся. Решение таких задач неразрывно связано с развитием интеллектуальных способностей и творческого потенциала обучающихся, формированием у них познавательной активности и самостоятельности мышления.

Согласно современным нейробиологическим данным, единство мозга складывается из скоординированной деятельности его двух полушарий, находящихся в постоянной взаимосвязи (межполушарном взаимодействии). Сочетание межполушарной специализации и межполушарного взаимодействия обеспечивает стабильность обмена информацией между полушариями головного мозга и динамическое межполушарное интерференционное торможение при вмешательстве другого полушария [6–8].

Психофизиологическая индивидуальность человека, как показывают результаты научных исследований, определяется этими двумя феноменами: специализацией полушарий и межполушарным взаимодействием [9, 10].

Согласно современной концепции межполушарной асимметрии, являющейся одной из фундаментальных закономерностей организации мозга, проявляющейся не только в его морфологии, но и в межполушарной асимметрии психических процессов, правое полушарие

отвечает за процессы целостного восприятия явлений и предметов окружающей действительности: визуальных образов, цветовую палитру, творчество, образное мышление, пространственную ориентацию. Кроме того, правое полушарие интегрирует внутренние и внешние связи этих явлений с другими познавательными процессами, объединяя их воедино. Левое же полушарие определяет последовательность в обработке информации, благодаря чему осуществляются анализ конкретной ситуации, оценка данных и принятие решений; оно создает восприятие реальности последовательно, поэтапно, опираясь на логически выстроенные мыслительные конструкции, то есть функционирует как аналитический центр, производящий процедуру разделения целостного объекта (предмета, явления) на составляющие части. За счет функциональности левого полушария реализуются математическое мышление, языковые способности, устная и письменная речь.

Как показывают научные исследования, мозг творчески мыслящих людей отличается более активной работой правого полушария, которое активизирует ассоциативное мышление и воображение, обеспечивает интуитивное решение мыслительных задач. Интуиция, являясь высшим проявлением способности человека проникать в суть вещей, понимать и постигать смысл событий, ситуаций посредством моментального и внезапного бессознательного вывода (инсайта, озарения), базируется на человеческом воображении, предшествующем опыту и представляет собой способность человека предвидеть дальнейшее развитие ситуации на основании определенного набора данных, чаще всего существенно ограниченного. У А. Бергсона интуиция рассматривается одновременно как общее и как внутреннее видение результатов анализа, но не начальный (доаналитический) этап познавательного процесса. Несмотря на различие трактовок феномена интуиции в рационализме, с VII века и по настоящее время, в науке сложилось общее понимание продукта интуиции – непосредственного знания – как способности постижения истины путем прямого ее усмотрения без обоснования с помощью доказательства в процессе бессознательного познания. Именно интуитивный мыслительный процесс позволяет генерировать необычные идеи, усматривать необычные связи между явлениями действительности и создавать неожиданные решения проблем. Кроме того, в творческом процессе принимают участие более развитые сети нейронов, соединяющие разные области головного моз-

га, что позволяет им более эффективно использовать разные типы информации, качественно и оперативно производить обработку данных за счет гибкости и пластичности креативного мозга.

Генри Маркхам – руководитель масштабного проекта Blue Brain Project («Глубокой мозг»), инициатором для решения проблем искусственного интеллекта, открыл существование ключевого модуля из нескольких десятков нейронов, многократно повторяющегося в структурах новой коры, и показал, что именно эти модули, а не отдельные нейроны отвечают за процесс обучения.

Признание динамического характера взаимодействия полушарий головного мозга, делает необходимым изучение конкретных нейropsихологических факторов межполушарного взаимодействия [8] и последующего их учета при организации учебного процесса в образовательной организации, разработке психолого-педагогических методов для стимулирования интеллектуальной активности и развития творческого мышления обучающихся.

Одно из перспективных направлений изучения нейробиологии инсайта основано на концепции, согласно которой инсайтный механизм решения задач в большей степени определяется доминирующей активностью правого полушария головного мозга, аналитическая обработка информации ассоциирована с активностью левого полушария. Кроме того, возникновение озарения связано с активностью нескольких регионов головного мозга, входящих в сеть выявления значимости (salience network), таких как средняя височная извилина, ограда и прецентральная извилина [11]. Данные, убедительно свидетельствующие в пользу этой концепции, были получены в исследовании, проведенном Jung-Beeman и соавт. [12].

Как отмечается в исследовании М.И. Рабиновича, П. Вароны, три ключевые сети нейронов вовлечены в творческий мыслительный процесс: 1) сеть пассивного режима (default mode network); 2) сеть выявления значимости информации (salience network), именно эта сеть участвует в таком методе оперативного решения проблемы, как «мозговой штурм», однако она не гарантирует возникновения креативных идей, если жизненный опыт человека незначителен и в памяти не содержится воспоминаний об уникальных событиях или нестандартных ситуациях; 3) исполнительная сеть (executive control network), эта сеть обнаруживает важную информацию в окружающей среде или в автобиографической памяти,

которая может пригодиться в решении поставленной задачи. Когда дело доходит до творческого процесса, именно исполнительная сеть отвечает за сортировку идей, возникающих в сети пассивного режима работы мозга [13].

Результаты анализа данных функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) показывают, что у нестандартно мыслящих людей обнаруживается тесная взаимосвязь между тремя перечисленными нейросетями мозга, причем мозг творческих людей способен задействовать первые две сети (default mode network, salience network), обеспечивающие, соответственно, спонтанное мышление и фокусировку внимания (принятия решений на основе имеющейся информации) без конкурирующего взаимного подавления, а одновременно. Таким образом, креативный мозг использует информационные ресурсы более эффективно [13, с. 849].

Психические процессы внимания, восприятия и памяти являются взаимосвязанными в системе основных познавательных, эмоциональных и двигательных процессов, которые проявляются в различных видах деятельности, направленных на самореализацию в проявлении индивидуальных способностей (лингвистических, логико-математических, художественных, музыкальных, при выполнении тонких координированных движений, в процессе самопознания и познания других людей) и удовлетворении жизненно важных потребностей [14].

Целенаправленному сохранению в памяти необходимого материала (осознанному запоминанию) способствуют заучивание посредством систематического повторения и последующее долговременное сохранение в памяти воспринимаемой информации. С нейробиологической точки зрения прочное запоминание путем систематического повторения, консолидация в памяти нужной информации осуществляются за счет продления времени циркуляции нервных импульсов по замкнутым нервным цепям, имеющей место при кратковременной памяти. Увеличение времени протекания этих нервных импульсов углубляет след от соответствующей информации в сознании, что в итоге создает условия для перехода кратковременной памяти в долговременную. Для педагогической практики это имеет важное следствие: правильно организованное повторение учебного материала радикально повышает эффективность запоминания, увеличивает емкость памяти и качество мыслительной деятельности обучающихся.

Исследования оперативной памяти, содержащей информацию, необходимую для выполнения текущей задачи, убедительно показали связь емкости оперативной памяти и уровня интеллекта [13]. Чем больше информации может храниться в оперативной памяти, тем выше способности человека к установлению закономерностей и созданию нового знания, то есть к тому, что измеряют показатели интеллекта. Имеются экспериментальные данные, подтверждающие влияние интеллектуальных упражнений на повышение емкости оперативной памяти (не требующие подключения долговременной памяти), что приводит к усилению когнитивных способностей. При подключении звуковой или зрительной информации к одномерной информации (например, одновременное использование текста и музыки, хранящейся в долговременной памяти) емкость оперативной памяти может существенно увеличиваться (М.И. Рабинович, П. Варона) [13].

Как упоминалось ранее, творческое мышление использует информационные ресурсы более эффективно за счет включения активности как минимум трех ключевых сетей мозга, которые в процессе взаимодействия кооперируются или последовательно подавляют друг друга. Чем быстрее протекают процессы переключения между возможностями сетей: воображения, ориентированного на принятие решений, и сети, ориентированной на детали их исполнения, тем выше творческий потенциал мозга. Например, в процессе выработки творческой идеи сначала активируется сеть воображения, чтобы вызвать эмоциональную активность и запустить обратную связь, необходимые для создания нового стимула, след которого еще не сформировался. Затем происходит фокусировка новой мысли, после чего сеть согласования переключает активность на сеть исполнительного внимания, чтобы создать рабочую память и закрепить возникшую идею в сознании путем обеспечения исполнения сложных ментальных процессов, связанных с планированием, принятием решений или обнаружением ошибок. При этом сам процесс творения и его «динамическое восприятие» в значительной степени являются подсознательными процессами.

Существуют экспериментальные данные о том, что цифровизация меняет структуру познавательных процессов школьников, изменяет характеристики памяти, мышления, восприятия, интеллекта, вызывает трудности при формировании понятийного мышления. У часто использующих гаджеты школьников отмечаются низкая продук-

тивность рабочей памяти, снижение резервов памяти и более низкие результаты при выполнении стандартизированных тестов интеллекта, снижение концентрации внимания. Интенсивное и регулярное использование планшетов и мобильных телефонов может привести к нарушениям когнитивных процессов: памяти, мышления, воображения, восприятия [15].

С методологической точки зрения нам представляются перспективными отдельные подходы для разработки образовательных технологий снижения негативного влияния цифровизации на когнитивную эффективность обучения школьников:

- внедрение методов психофизиологического контроля внимания и поведения с использованием искусственного интеллекта для изучения влияния цифровых технологий, внедряемых в образовательный процесс, гаджетизации (например, использование смартфонов) на эмоциональную сферу, внимание, память и мышление обучающихся, оценки когнитивной эффективности обучения и, соответственно, корректровке процесса обучения [15, с.102];

- внедрение занятий по когнитивной тренировке путем организации специально когнитивного обучения для противостояния негативным возможным изменениям в когнитивной сфере школьников (развитие клипового мышления, уменьшение резервов памяти и др.), основанного на регулярном контроле сохранения знаний, организации учебного материала по принципу укрупнения ранее изученного учебного материала, формировании информационно-когнитивной базы учебных дисциплин;

- индивидуализация обучения школьников для подбора образовательной траектории, адаптированной под его когнитивные способности, познавательные интересы, режим жизнедеятельности и другие факторы, оказывающие влияние на успешность обучения, создающей условия для развития его способностей; исключение отвлекающего внимания фактора смартфона на уроке;

- внедрение систематического повторения для эффективного сохранения знаний в памяти учащихся, при этом допустимо использование возможностей специальных приложений для смартфонов.

Нейробиологические аспекты когнитивной педагогики охватывают несколько уровней анализа, начиная с изучения того, как гены влияют на функционирование отдельных нервных клеток, и заканчивая изучением крупномасштабных систем и сетей в головном мозге. Понимание механизмов их взаимодействия и влияния на развитие психики и формирование поведения че-

ловека открывает широкие перспективы для проектирования образования. Имеющиеся экспериментальные данные дают основания утверждать, что результаты изучения специфики развития мозга в процессе освоения новой информации, способны привести к глубокой трансформации системы образования в целом.

Нейробиологические аспекты обучения, педагогической деятельности являются актуальными и современными. Результаты исследований последних лет демонстрируют, что процессы целенаправленного воздействия педагога на учащегося при решении конкретных образовательных задач, организация учебно-познавательной деятельности, педагогические методы активизации познавательной самостоятельности школьников, качество освоения учебного материала связаны с нейробиологическими механизмами на уровне нейронов и межнейронных синапсов, когнитивными процессами. При этом процессы биологического развития и процессы обучения имеют общие эпигенетические маркеры. Значительная роль принадлежит сложным нейрофизиологическим механизмам, алгоритму работы мозга, законам функционирования головного мозга. Процесс обучения не только базируется на биологических механизмах, но и активно меняет их на самых разных уровнях – от внутриклеточных изменений до функционирования всего мозга.

Нейробиологический феномен пластичности головного мозга свидетельствует о его способности к структурному изменению в течение всей жизни под воздействием окружающего мира, запоминанию значимой информации. Нейропластичность мозга, проявляющаяся в формировании систем связей между нейронами, обеспечивает обучаемость на основе практического опыта и адаптацию к внешним условиям жизнедеятельности.

У этого феномена есть ряд серьезных следствий, актуальных для образовательного процесса (обучение, самообразование). Нейропластичность, которую регулируют эпигенетические механизмы, позволяет головному мозгу человека меняться на протяжении всей жизни, а не только в детстве, как считалось раньше.

Таким образом, результаты нейробиологических исследований свидетельствуют о существовании специфических нейрофизиологических законов процесса обучения, восприятия и обработки информации, которые необходимо учитывать при проектировании образовательных программ и организации процесса обучения [13, 15].

Заключение

Междисциплинарное взаимодействие наук о головном мозге и педагогики находится на начальной стадии развития и нуждается в прямом диалоге между исследователями и педагогами. Однако сейчас можно наметить некоторые шаги в направлении повышения когнитивной эффективности обучения в современной школе на основе данных когнитивной нейробиологии, изучающей связь активности головного мозга и других сторон нервной системы с познавательными процессами и поведением:

1. Разработка основных подходов к проектированию когнитивных технологий обучения, ориентированных на понимание учеником информации, которая предъявляется ему в качестве содержания обучения (формирование когнитивных схем для адекватного восприятия окружающего мира):

– систематизация, воспроизводство знаний и применение их на практике через систему публичных выступлений;

– работа над «научными проектами» в группе по системе «мозговой штурм», так как совместная деятельность развивает творческий подход и креативность, помогает учащимся социализироваться, развивать навыки коммуникации.

2. Развитие интеллектуальных и личностных качеств обучающихся при помощи чтения специализированной и художественной литературы (стимулирование логического хода мысли, развитие сложных когнитивных функций: кратковременной и долговременной памяти, ассоциативного и абстрактного мышления, внимания).

3. Фиксация информации в памяти (запоминание):

– периодическое повторение (возврат к ключевым идеям темы, курса, дисциплины, домашние задания), объяснение друг другу, регулярное тестирование, чередование информации, комбинирование текстов и изображений;

– четкая структуризация учебного материала и выделение главного (идей, законов, закономерностей, общих принципов) для его осмысленного запоминания на уроке;

– регулярные интеллектуальные тренировки (решение логических и математических задач, упражнения для тренировки памяти).

4. Развитие межполушарного взаимодействия структур головного мозга в процессе обучения:

– оптимальная эмоциональная насыщенность учебно-познавательной деятельности (интенсивная мыслительная деятельность, связанная с преодолением новых

и неожиданных ситуаций, высокая частота эмоциогенных событий: чтение художественных произведений, игра в шахматы, просмотр кинофильмов, спектаклей);

– игра на музыкальных инструментах, художественное творчество, изучение иностранных языков;

– кинестетика (занятие спортом, танцами, музыкой и другими видами деятельности, требующими точности и скоординированности движений).

– развитие чувства юмора, способности понимать метафоры (смысл пословиц, поговорок, шуток и др.);

– интеллектуальная напряженность, обработка большого количества информации одновременно, интуиция;

– активизация творческого воображения и выработка навыка нешаблонного мышления (использование методов проблемного обучения, изучение географических карт, стереометрии, решение нестандартных математических задач, техническое творчество), развитие письменной речи.

5. Развитие ассоциативного мышления как одного из основных компонентов творческого процесса (способность находить связи и аналогии между различными идеями и концепциями, нестандартные и уникальные решения).

Нейробиологические исследования последних лет убедительно показали, что процессы обучения, механизмы переработки информации разной степени сложности и объема, формирование систем знаний и их развитие связаны с когнитивными процессами, которые обеспечиваются сложнейшими механизмами работы головного мозга на уровне нейронов и межнейронных синапсов. В свою очередь, нейронная система головного мозга за счет эпигенетических механизмов способна изменять свою структуру и свойства в процессе освоения новых знаний и навыков, то есть в процессе обучения человека и на протяжении всей жизни. Нейробиология сегодня четко фиксирует взаимную связь биологического и социального, и этой взаимозависимостью обуславливаются не только важнейшие закономерности когнитивного развития индивида, но и сама возможность обучения.

Информация о том, как головной мозг функционирует, развивается и изменяется в зависимости от опыта, поможет учителям стать более информированными практиками и целенаправленно совершенствовать образовательный процесс с учетом фактических данных о развитии и обучении детей. Интеграция этих знаний с педагогическим опытом будет способствовать повышению когнитивной эффективности обучения в условиях современной школы.

Список литературы

1. Едиханова Ю.М., Спицина О.А. Возможности нейробиологического подхода в развитии интеллекта как компонента педагогической одаренности школьников // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 77–3. С. 259–262.
2. Сергеев С.Ф., Бершадский М.Е., Бершадская Е.А. и др. Когнитивная педагогика: технологии электронного обучения в профессиональном развитии педагога. Якутск: Изд-во ИГиИПМНС СО РАН, 2016. 336 с.
3. Маклаков А.Г. Общая психология: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2016. 583 с.
4. Выготский Л.С. Вопросы детской психологии. М.: Юрайт, 2023. 160 с.
5. Eppler J.M., Mengis J. The concept of information overload: A review of literature from organization science, accounting, marketing, MIS, and related disciplines // The Information Society. 2004. № 20. P. 325–344.
6. Лунева А.Р., Коровкин С.Ю. Исследование роли межполушарного взаимодействия в решении задач: поведенческие и физиологические данные // Экспериментальная психология. 2019. Т. 12, № 2. С. 35–46. DOI: 10.17759/exppsy.2019120203.
7. Маркина Л.Д., Баркар А.А. Межполушарная асимметрия головного мозга: морфологический и физиологический аспекты // Тихоокеанский медицинский журнал. 2014. № 1. С. 66–70.
8. Ковязина М.С. Проблема межполушарного взаимодействия в лурьевской нейропсихологии // Медицинская психология в России. 2022. Т. 14. № 3 (74).
9. Игнатова Ю.П., Макарова И.И., Зенина О.Ю., Аксенова А.В. Современные аспекты изучения функциональной межполушарной асимметрии мозга (обзор литературы) // Экология человека. 2016. № 9. С. 30–39.
10. Лурья А.Р. Основы нейропсихологии. СПб.: Питер, 2023. 340 с.
11. Kounios J., Frymiare J.L., Bowden E.M. et al. The prepared mind: Neural activity prior to problem presentation predicts subsequent solution by sudden insight // Psychol. Sci. 2006. Vol. 17, Is. 10. P. 882–890.
12. Jung-Beeman M., Bowden E.M., Haberman J. et al. Neural activity when people solve verbal problems with insight // PLoS Biol. 2004. Vol. 2, Is. 4. E. 97. DOI: 10.1371/journal.pbio.0020097.
13. Рабинович М.И., Варона П. Нелинейная динамика творческого мышления. Многомодальные процессы и взаимодействие гетероциклических структур // Успехи физических наук. 2021. Т. 191, № 8. С. 846–860.
14. Волченков Э.И. О взаимосвязи внимания, восприятия и памяти в структуре основных психических процессов // Сервис Plus. 2009. № 2. С. 22–25.
15. Елшанский С.П. Методологические подходы к разработке технологий повышения когнитивной эффективности обучения и снижения негативного влияния цифровизации // Гуманитарные исследования. Педагогика и психология. 2021. № 5. С. 98–107.

УДК 37.013.32:378
DOI 10.17513/snt.39895

ВЫСОКОВОСТРЕБОВАННЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДЛЯ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛЕЙ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Жилин А.С., Коваленко С.В., Ребрин О.И., Шолина И.И., Печурин М.С.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
Екатеринбург, e-mail: a.s.zhilin@urfu.ru

Проведено исследование по определению перечня высоковостребованных компетенций в металлургической и машиностроительной отраслях Уральского федерального округа. В статье дано подробное описание методики проведения исследования, включавшей как проведение опросов сотрудников предприятий металлургического и машиностроительного секторов, так и интервьюирование экспертов по специально разработанной схеме построения вопросов. Выявлен перечень высоковостребованных компетенций, а также показано, что существующие подходы классического инженерного образования нуждаются в перенастройке под активно модернизирующиеся и новые технологии производства, требующие не просто владения фундаментальной предметной базой, но и наличия коммуникативных навыков проектной работы в командах и цифровой среде. Особый акцент поставлен на междисциплинарных знаниях, во многом определяющих возможности личностного роста в мультивариативной среде инженерных решений. Дана оценка роли классического инженерного образования и предложены два подхода к повышению уровня компетенций сотрудников предприятий металлургической и машиностроительной отраслей Уральского федерального округа: первый – за счет точечной разработки программ дополнительного профессионального образования в узких вопросах инженерных решений, второй – за счет перепроектирования традиционных образовательных программ бакалавриата и магистратуры, уже содержащих проектные практикумы, нуждающиеся в реорганизации института практики студентов, а также внедрения дисциплин, развивающих цифровые компетенции будущих инженеров.

Ключевые слова: инженерное образование, высшее образование, компетенция, востребованность, повышение квалификации, металлургия, машиностроение

HIGHLY DEMANDED COMPETENCIES AND ENGINEERING EDUCATION FOR EMPLOYEES OF METALLURGICAL AND MACHINE-BUILDING FIELDS OF THE URAL FEDERAL DISTRICT

Zhilin A.S., Kovalenko S.V., Rebrin O.I., Sholina I.I., Pechurin M.S.

Ural Federal University named after the first Russian President B.N. Yeltsin, Yekaterinburg,
e-mail: a.s.zhilin@urfu.ru

A study was conducted to determine the list of highly demanded competencies in the metallurgical and machine-building industries of the Ural Federal District. The article provides a detailed description of the research methodology, which included both conducting surveys of employees of enterprises in the metallurgical and machine-building sectors, and interviewing experts according to a specially developed scheme for constructing questions. The list of highly demanded competencies is revealed, and it is also shown that the existing approaches of classical engineering education need to be reconfigured to actively modernize and new production technologies that require not only possession of a fundamental subject base, but also communication skills of project work in teams and the digital environment. Special emphasis is placed on interdisciplinary knowledge, which largely determines the possibilities of personal growth in a multivariate environment of engineering solutions. The role of classical engineering education is assessed and two approaches are proposed to improve the level of competence of employees of enterprises in the metallurgical and machine-building industries of the Ural Federal District: the first is through the targeted development of additional professional education programs in narrow issues of engineering solutions, the second – by redesigning traditional bachelor's and master's degree programs that already contain design workshops that need to reorganize the institute of student practice, as well as introducing disciplines that develop the digital competencies of future engineers.

Keywords: engineering education, higher education, competence, relevance, advanced training, metallurgy, mechanical engineering

Уральский федеральный округ насчитывает более 1000 предприятий металлургического и машиностроительного секторов [1], среди которых есть как малые и средние производственные и обрабатывающие предприятия, так и крупные отраслеобразующие компании. Стратегия формирования

технологического суверенитета Российской Федерации включает главным образом независимость сырьевой базы [2], но также и использование отечественного оборудования и технологий [3]. Такой переход ставит задачи разработки не только новых технологий подготовки и обработки сырья,

но и разработки промышленного оборудования и систем управления этим оборудованием, что, в конечном итоге, требует новых специалистов, обладающих соответствующими навыками. Однако рынок труда испытывает серьезный дефицит кадров по инженерным специальностям [4, 5], поэтому повышение квалификации уже работающих сотрудников может быть выходом в сложившейся ситуации кадрового голода.

Центр развития компетенций руководителей Уральского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня «Передовые производственные технологии и материалы» на базе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» занимается внедрением практико-ориентированных образовательных программ, нацеленных на повышение квалификации сотрудников промышленных предприятий. Поиск образовательных решений на сегодняшний день является актуальной задачей для предприятий металлургического и машиностроительного комплекса, испытывающих потребность в квалифицированных кадрах [6]. С ростом производства и расширением штата сотрудников данная потребность ожидаемо будет возрастать.

Существующие подходы к взаимодействию с университетами у промышленных предприятий, как правило, ограничиваются практикой студентов на предприятии с последующим трудоустройством, в этом случае специалист уже понимает специфику работы предприятия и круг задач, в которые он вовлечен [7]. Однако, принимая сотрудников с открытого рынка труда, предприятия неминуемо сталкиваются с проблемой дообучения на рабочем месте, а также переквалификации сотрудника, принимаемого на открытую вакансию, поскольку сразу начать работу и решать круг поставленных задач не представляется возможным. На каждом промышленном предприятии используются уникальное оборудование, на котором необходимо научиться работать, своя система документооборота и отчетности, на освоение которых также требуется время. Принимая сотрудника с открытого рынка труда, любое промышленное предприятие терпит определенные издержки, поскольку в большинстве случаев назначается наставник из числа работающих сотрудников, дополнительная работа которого требует временных и материальных затрат.

Целью исследования является определение перечня высококвалифицированных компетенций в металлургической и машиностроительной областях и связи с существующими

подходами к их формированию в классическом инженерном образовании как на уровне бакалавриата и магистратуры инженерных технических специальностей, так и для уже имеющих квалификацию сотрудников. Задачами исследования являлись:

- разработка и проведение схемы интервьюирования экспертов в металлургической и машиностроительной областях;
- разработка и проведение опросов сотрудников металлургических и машиностроительных предприятий;
- сопоставление уровня требований к квалификации со стороны предприятия и уровня навыков, приобретаемых в результате освоения основных инженерных технических дисциплин в университете;
- разработка предложений для предотвращения кадрового дефицита на промышленных предприятиях металлургического и машиностроительного секторов экономики.

Материалы и методы исследования

Для участия в исследовании отобраны предприятия – индустриальные партнеры Уральского межрегионального научно-образовательного центра мирового уровня «Передовые производственные технологии и материалы». Всего в научно-образовательный центр входят 57 промышленных предприятий, сферами деятельности которых являются тяжелое и точное машиностроение, металлургия, приборостроение. В исследовании принимали участие команды, реализующие научно-технологические проекты в сотрудничестве с индустриальными партнерами. Перечень предприятий, участвовавших в исследовании:

- «Научно-производственное объединение автоматики имени академика Н.А. Семихатова» – одно из крупнейших российских предприятий в области разработки и изготовления систем управления и радиоэлектронной аппаратуры в различных отраслях промышленности;
- АО «Научно-производственное объединение «Курганприбор» – промышленное предприятие на региональном и российском рынках;
- ЗАО «Научно-производственное предприятие “Машпром”» – инжиниринговая компания, реализующая проекты в области проектирования и изготовления нестандартного оборудования для предприятий металлургии, машиностроения, энергетики, химической промышленности и промышленной экологии;
- ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Критериями отбора предприятий определены следующие факторы:

- 1) предприятие является производителем изделий технического назначения;
- 2) численность сотрудников предприятия не менее 150 человек;
- 3) в структуре предприятия присутствуют не менее 5 технологических отделов;
- 4) в структуре предприятия присутствует отдел разработки новой техники.

Результаты исследования и их обсуждение

Выбор должностей или проектных ролей предприятия для исследования обусловлен необходимостью сбора массива данных по всем срезам компетенций *hard-skills*, *soft-skills* и *manager-skills* как инженеров, разработчиков, так и руководителей среднего и высшего звена.

Особый акцент делался на компетенциях, значимых для профессиональной деятельности. Приоритет для экспертных интервью отдавался кандидатурам с высшим образованием, занимающим руководящие позиции, поскольку это гарантирует вовлеченность сотрудника в реальные инженерные задачи и круг вопросов, которые сотрудник решает на рабочем месте. Перечень профессий/должностей для исследования был выбран согласно классификатору должностей работников, занятых на предприятиях, в учреждениях и организациях (утвержден постановлением Минтруда России от 21.08.1998 № 37).

На основании полученных данных составлен перечень высоковостребованных компетенций (табл. 1) в металлургической отрасли. По результатам анализа анкет респондентов определено, что наблюдается качественный переход в сторону цифровых технологий, при этом под цифровыми технологиями подразумевается

не только умение работать в цифровой среде, но и владение программным обеспечением применительно к области деятельности. Например, в основе металлургии лежит задача производства изделия, обладающего заданными свойствами (например, прочностью, коррозионной стойкостью и обрабатываемостью). Если необходимо изменить форму изделия, массу или увеличить выпуск продукции, то технология производства будет корректироваться, поскольку изменение любых производственных параметров приводит к изменению комплекса свойств в конечных изделиях, отсюда следует, что до выплавки и производства новых опытных изделий металлург рассчитывает фазовый состав, определяет структуру материала и оценивает свойства в конечном опытно-изделии. Ранее производство решало эту задачу путем остановки текущего выпуска продукции, перенастройки оборудования и выпуска разных серий экспериментальных изделий, следующим шагом шел анализ свойств полученных опытных заготовок. В настоящее время, обладая навыками работы с определенным узконаправленным программным обеспечением, можно не останавливать выпуск текущей продукции и не изготавливать серии разных опытных изделий, а произвести расчеты и сделать оценку параметров и свойств изделий до непосредственной работы на производственной линии. В любом случае отпадает необходимость в изготовлении больших серий опытных изделий, а становятся возможными изготовление мелкой серии и проведение апробации не ста опытных заготовок, а, к примеру, десяти, и выбор из десяти по конечным параметрам свойств сделать существенно проще, чем анализировать сто опытных партий. Это существенно экономит средства предприятия и позволяет не останавливать текущее производство.

Таблица 1

Перечень высоковостребованных компетенций в металлургической отрасли

Название компетенции	Процент респондентов, отметивших высокую востребованность	Процент экспертов, отметивших высокую востребованность
– умение анализировать фазовые превращения в материалах с использованием Thermocalc	100	100
– моделирование процессов обработки металлов давлением с использованием Deform–3D, FORGE, ANSYS	85	100
– 3D-моделирование оснастки для процессов литья	100	100
– применение аддитивных технологий в литье	100	100
– анализ ресурсной/материальной базы	100	100
– оптимизация процесса производства или разработки	85	95

Таблица 2

Перечень высоковостребованных компетенций в отрасли машиностроения

Название компетенции	Процент респондентов, отметивших высокую востребованность	Процент экспертов, отметивших высокую востребованность
– математическое моделирование и математический анализ	85	80
– физическое моделирование процессов	95	90
–CAD и 3D-моделирование	100	100
– программирование контроллеров / устройств / промышленного оборудования	100	100
– программирование собственных интерфейсов и IT-сервисов	100	100
– умение создавать базы данных для построения нейросетей и работа с нейросетевым моделированием	95	80
– анализ ресурсной/материальной базы	100	100
– оптимизация процесса производства или разработки	90	95

В таблице 2 приведен перечень высоковостребованных компетенций для отрасли машиностроения. Выделены группы компетенций, имеющих наибольшую значимость в работе с промышленным оборудованием и интерфейсами. Машиностроение, как правило, имеет конечную цель производства готовой продукции, в связи с этим существенное влияние имеют знания технологий обработки материалов и оборудования, посредством которого данная обработка производится. В настоящее время к профессиональным компетенциям специалистов в предметных областях добавляется потребность в компетенции работы и владения цифровой средой. Именно в цифровой среде наиболее эффективно решаются новые задачи конструирования конечного изделия с учетом согласованности используемых материалов по комплексу механических и физико-химических свойств. Это, в свою очередь, в ряде случаев предполагает разработку нового программного обеспечения, что требует владения языками программирования в приложении к техническим процессам сопротивления материалов.

После выделения перечня высоковостребованных компетенций возник вопрос связи существующих стандартов подготовки выпускников и требований со стороны потенциальных работодателей – промышленных предприятий. Безусловно, высоковостребованные компетенции возникли в результате активной цифровизации производства и появления новых задач в области создания собственного уникального оборудования и программ, обеспе-

чивающих работу этого оборудования. Построение программ бакалавриата и магистратуры постоянно совершенствуется, модульность структуры и оперативное реагирование на технологические изменения уже стали нормой современной подготовки инженеров. Следует понимать, что учесть особенности производственных процессов конкретных промышленных предприятий невозможно, поскольку на каждом предприятии они свои, поэтому необходимо разработать такую систему взаимодействия промышленных предприятий и университетов, которая сможет нивелировать разрыв между требуемыми навыками на рабочем месте и навыками, получаемыми по окончании университета. Выпускники не всегда готовы работать по специальности, это также является определенным вызовом. Часто причиной этого как раз и служит данный разрыв, поскольку многие не хотят начинать обучение на рабочем месте и погружаться в специфику работы предприятия. В связи с этим важно сформировать такую систему связи образования и производства, которая позволяет видеть перспективы карьерного роста выпускника, что минимизирует риски ухода специалиста в другую область.

Одним из предлагаемых решений является разработка программ повышения квалификации, являющихся краткосрочными программами обучения, как правило, от 18 до 72 часов. Разработка такой программы под запрос предприятия промышленного сектора экономики представляется нетривиальной задачей, включающей поиск не только преподавателей, имеющих опыт

работы с задачами предприятий, но и технических специалистов, поскольку запросы со стороны промышленных предприятий по тематикам обучения в большинстве случаев граничат с научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими задачами. Целью узконаправленного обучения является повышение уровня компетенций сотрудника предприятия для решения задачи или задач производства, которые он не в состоянии выполнить. Разработка и апробация таких программ повышения квалификации являются ювелирной работой по совершенствованию и повышению уровня профессиональных компетенций уже работающих сотрудников на предприятиях металлургической и машиностроительной отрасли. Однако вопрос кадрового дефицита невозможно полностью решить за счет краткосрочных программ повышения квалификации. Нужен постоянный приток специалистов – выпускников вузов, уже обладающих требуемым высоким уровнем профессиональных компетенций. Для того чтобы решить эту задачу, необходимо пересмотреть институт практики студентов, например произвести перенос практики студентов полностью на промышленные предприятия с выделением практики в образовательный модуль программы бакалавриата и магистратуры. Такая реорганизация даст подготовленных специалистов, уже имеющих представление о рабочем месте и круге задач, а также позволит углубить взаимосвязь университета и предприятия. Современные выпускники в большинстве своем не старше 25 лет, как правило, хорошо и быстро осваивают цифровизацию, но испытывают трудности в применении предметных знаний к реальным техническим задачам. Эта проблема решается только получением еще во время учебы опыта практической работы на предприятии. При приобретении опыта совершенствуются профессиональные технические компетенции, что вместе с владением новыми цифровыми технологиями дает возможность создавать свои уникальные решения в производстве оборудования, комплектующих, а также разработке программного обеспечения и систем управления технологическими процессами.

Заключение

В результате исследования определен перечень высоковольтных компетен-

ций сотрудников металлургической и машиностроительной отраслей промышленности Уральского федерального округа. Предложены две схемы повышения уровня квалификации сотрудников предприятий, основанные на изменении подходов к классическим вариантам получения инженерного образования. В первой схеме предлагается разработка программ повышения квалификации по узконаправленным вопросам инженерной деятельности для развития профессиональных компетенций сотрудников, за счет чего станет возможным расширить круг решаемых сотрудниками предприятий технических вопросов. Во второй схеме предлагаются реорганизация института практики студентов и перенастройка проектных практикумов с акцентом на усиление междисциплинарных образовательных модулей программ бакалавриата и магистратуры инженерных технических специальностей. В результате реализации второго подхода станет возможно существенно уменьшить разницу между требуемым уровнем компетенций инженера промышленного предприятия и уровнем компетенций выпускника университета.

Список литературы

1. Бенц Д.С. Какой бизнес формирует экономику Уральского федерального округа // Вестник Челябинского государственного университета. 2020. № 2 (436). С. 258-265. DOI: 10.24411/1994-2796-2020-10227.
2. Константинов И.Б., Константинова Е.П. Технологический суверенитет как стратегия будущего развития российской экономики // Вестник Поволжского института управления. 2022. № 22 (5). С. 12-22. DOI: 10.22394/1682-2358-2022-5-12-22.
3. Дементьев В.Е. Технологический суверенитет и приоритеты локализации производства // Terra Economicus. 2023. № 21 (1). С. 6-18. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-1-6-18.
4. Варшавский А.Е., Кочеткова Е.В. Проблемы дефицита инженерно-технических кадров // Экономический анализ: теория и практика. 2015. № 32 (431). С. 2-16.
5. Бушуева В.А. Кадровый голод: как адаптироваться к условиям дефицита высококвалифицированного персонала // Вестник магистратуры. 2019. № 12-1. С. 18-19.
6. Власенко А.В., Пацук О.В., Клешина И.А. и др. Проблемы дефицита квалифицированных кадров инженерно-технических специальностей в отечественной ракетно-космической отрасли // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 2-2 (104). С. 23-27. DOI: 10.23670/IRJ.2021.103.2.035.
7. Варшавская Е.Я., Котырло Е.С. Выпускники инженерно-технических и экономических специальностей: между спросом и предложением // Вопросы образования / Educational Studies Moscow. 2019. Вып. 2. С. 98-128. DOI: 10.17323/1814-9545-2019-2-98-128.

УДК 37.014.1:378
DOI 10.17513/snt.39896

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТРАЕКТОРИИ МОЛОДЕЖИ: ФАКТОРЫ ВЫБОРА УРОВНЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Задорина М.А., Корсун К.И.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург,
e-mail: zadorina_ma@usue.ru*

Статья посвящена вопросу выбора молодыми гражданами между средним профессиональным и высшим образованием при принятии решения о дальнейшем образовании после окончания школы. Предметом исследования выступают факторы, влияющие на выбор молодежью образовательной траектории после окончания общеобразовательной школы. Материалом для исследования послужили результаты проведенного авторами опроса выпускников общеобразовательных организаций, студентов профессиональных образовательных организаций и образовательных организаций высшего образования, экспертного интервью с преподавателями и руководителями структурных подразделений образовательных организаций, реализующих образовательные программы среднего профессионального образования, а также теоретические, нормативные и программные документы, информационно-аналитические материалы органов власти и образовательных организаций. При проведении исследования использованы анализ, синтез, сравнение, изучение опыта, социологический и статистический методы научного познания. Установлено, что основными факторами выбора образовательной траектории в пользу среднего профессионального или высшего образования являются: единый государственный экзамен; психологический климат в школе и психологическое здоровье школьников; финансовые возможности абитуриента и его семьи; качество профессиональной ориентации. Авторы приходят к выводу о недостаточной готовности выпускников школ к профессиональному самоопределению в части выбора уровня профессионального образования, а также необходимости создания организационно-педагогических условий, способствующих осознанному выбору школьниками образовательной траектории.

Ключевые слова: образовательная траектория, профессиональное самоопределение, профессиональный выбор, профессиональная ориентация, единый государственный экзамен

EDUCATIONAL TRAJECTORIES OF YOUTH: FACTORS OF CHOOSING THE LEVEL OF PROFESSIONAL EDUCATION

Zadorina M.A., Korsun K.I.

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: zadorina_ma@usue.ru

The article is devoted to the issue of young citizens choosing between secondary vocational and higher education when deciding on further education after graduation. The subject of the study is the factors influencing the choice of the educational trajectory by young people after graduation from secondary school. The material for the study was the results of a survey conducted by the authors of graduates of general education organizations, students of professional educational organizations and educational organizations of higher education, expert interviews with teachers and heads of structural divisions of educational organizations implementing educational programs of secondary vocational education, as well as theoretical, normative and program documents, information and analytical materials of authorities and educational organizations. The research uses analysis, synthesis, comparison, study of experience, sociological and statistical methods of scientific cognition. It has been established that the main factors in choosing an educational trajectory in favor of secondary vocational or higher education are: the unified state exam; the psychological climate at school and the psychological health of schoolchildren; the financial capabilities of the applicant and his family; the quality of professional orientation. The authors come to the conclusion about the insufficient readiness of school graduates for professional self-determination in terms of choosing the level of professional education, as well as the need to create organizational and pedagogical conditions conducive to the conscious choice of an educational trajectory by schoolchildren.

Keywords: educational trajectory, professional self-determination, professional choice, professional orientation, unified state exam

Сфера образования всегда представляла собой огромный ресурс для роста и развития любого государства, так как образовательные учреждения не только участвуют в воспитании нравственности, патриотизма и гражданственности у молодого населения, но и готовят профессиональные кадры для нужд экономики. В условиях новых для государства вызовов личностные и профессиональные качества каждого человека приобретают особую значимость для выстраивания государственной политики, направленной на повышение благосостояния

населения и достижения экономического роста. На первый план выходят вопросы выбора образовательных траекторий выпускниками школ с учетом их склонностей и потребностей, а также нужд рынка труда. В связи с этим крайне важно понять, что влияет на их выбор между средним профессиональным и высшим образованием.

Цель исследования – выявить факторы, влияющие на выбор молодежью образовательной траектории после окончания общеобразовательной школы в пользу среднего профессионального или высшего образования.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужили результаты проведенного авторами опроса выпускников общеобразовательных организаций, студентов профессиональных образовательных организаций и образовательных организаций высшего образования, экспертного интервью с преподавателями и руководителями структурных подразделений образовательных организаций, реализующих образовательные программы среднего профессионального образования, а также теоретические (научные работы отечественных и зарубежных ученых), нормативные и программные документы (законодательство Российской Федерации об образовании, документы стратегического планирования в сфере образования), информационно-аналитические материалы органов власти и образовательных организаций.

При проведении настоящего исследования использованы анализ, синтез, сравнение, изучение опыта, социологический и статистический методы научного познания.

Результаты исследования и их обсуждение

Запомнившийся всему миру как год пандемии коронавируса COVID-19, 2020 г. стал переломным для российской системы образования. Напомним, что помимо технологических перегрузок электронной информационно-образовательной среды, принудительного перехода на дистанционный формат обучения, в 2020 г. результаты сдачи Единого государственного экзамена (ЕГЭ) оказались существенно ниже предыдущих и последующих годов практически по всем предметам [1], так как пандемия негативно сказалась на качестве школьного образования [2, с. 66]. Кроме того, в 2020 г. впервые за долгое время численность лиц, поступивших на обучение по образовательным программам среднего профессионального образования, превысила численность лиц, поступивших на обучение по образовательным программам высшего образования, на 20,7 тыс. чел. (таблица).

Многие исследователи связывают это событие с ростом популярности среднего

профессионального образования у населения [4–5] и достижения одного из базовых направлений реализации государственной политики в сфере образования, связанного с «повышением доступности, эффективности и качества образования в соответствии с реалиями настоящего и вызовами будущего» [6]. Сложно полностью согласиться с этой позицией, учитывая, что темп прироста численности поступивших на образовательные программы высшего образования в 2021 г. составил 3,2%, а темп прироста поступивших на образовательные программы среднего профессионального образования оказался отрицательным (-3,3%). Для сравнения, отрицательные значения темпа прироста поступивших на образовательные программы высшего образования наблюдались в 2019 и 2020 гг. (-1,7 и -3,2% соответственно), в то время как темп прироста поступивших на образовательные программы среднего профессионального образования был положительным (5,2% в 2019 г., 6,8% в 2020 г.). Представляется, что наиболее вероятной причиной повышения спроса на среднее профессиональное образование послужили снижение качества общего образования, а также и финансовой доступности профессионального образования из-за снижения доходов населения на фоне общего экономического спада.

Для подтверждения или опровержения этой гипотезы, а также поиска иных факторов, влияющих на выбор образовательной траектории после окончания общеобразовательной школы в 2023 г. было проведено исследование, в рамках которого на первом этапе с мая по август 2023 г. был проведен опрос студентов профессиональных образовательных организаций и образовательных организаций высшего образования, обучающихся по программам подготовки специалистов среднего звена, а также выпускников общеобразовательных организаций, изъявивших желание получить среднее профессиональное образование в г. Екатеринбурге. В исследовании приняли участие 286 чел., из которых 89% составили женщины, 11% – мужчины.

Прием на обучение по образовательным программам среднего профессионального и высшего образования в Российской Федерации, тыс. чел. [3]

Уровень образования, программа	2018	2019	2020	2021
Высшее образование	1 147,9	1 129,4	1 093,3	1 129,1
Среднее профессиональное образование (программы подготовки специалистов среднего звена)	783	832,4	900,2	870,9
Среднее профессиональное образование (программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих)	207,1	209,7	213,8	206,9

На вопрос о том, почему респонденты выбрали среднее профессиональное образование, большая часть ответов была связана с ЕГЭ: 32% ответили, что не надо сдавать ЕГЭ; 9% ответили, что результаты ЕГЭ не важны при поступлении; 12% ответили, что им не хватило баллов по ЕГЭ для поступления на образовательные программы высшего образования. Кроме того, на выбор в пользу среднего профессионального образования также повлияло большее число бюджетных мест в сравнении с высшим образованием (19%), а также и стоимость обучения, которая значительно ниже стоимости обучения по образовательным программам высшего образования (25%). Некоторые респонденты заявили о том, что им просто надоело в школе и они категорически не хотели идти в 10-й класс (3%).

При выборе образовательной организации чаще всего обращают внимание на местоположение (37%), количество бюджетных мест (25%), наличие общежития (19%), хорошие отзывы в интернете (12%), наличие известных выпускников (7%).

При выборе профессии/специальности полагаются на собственное мнение (54%), мнение родителей, родственников или знакомых (27%), СМИ и рекламу (15%).

За консультацией к специалисту по профессиональной ориентации обращаются лишь единицы (2%). При этом каждый третий респондент самостоятельно проходил тестирование по выбору профессии/специальности, размещенное в интернете в открытом доступе.

Почти половина респондентов (47%) принимала участие в различных профориентационных мероприятиях. Чаще всего это был день открытых дверей в колледже или вузе. И лишь в каждом восьмом случае – внутришкольное профориентационное мероприятие.

На втором этапе исследования (сентябрь – октябрь 2023 г.) было проведено экспертное интервью с преподавателями и руководителями структурных подразделений образовательных организаций, реализующих образовательные программы среднего профессионального образования, расположенных в г. Екатеринбурге (N = 9).

По мнению интервьюируемых, одним из решающих факторов при выборе между средним профессиональным и высшим образованием является ЕГЭ. Об этом свидетельствуют и результаты опроса. Действительно, многие выпускники 11-х классов в 2020 г. не смогли поступить в вузы на образовательные программы высшего образования из-за нехватки баллов по результатам сдачи ЕГЭ и выбрали среднее профессио-

нальное образование. Многие выпускники 9-х классов в условиях неопределенности относительно длительности дистанционного обучения из-за пандемии и сложностей в освоении учебного материала при дистанционном формате обучения решили не идти в школу для продолжения обучения в 10-м классе и в качестве альтернативы выбрали среднее профессиональное образование. Бывали случаи отчисления учащихся из школ по собственному желанию. Так, например, несколько интервьюируемых заявили о том, что в их колледжах за последние пару лет появились студенты, которые ушли из 10-го или 11-го класса (до начала ЕГЭ). По мнению респондентов, сегодня обучение в средней общеобразовательной школе продолжают лишь те, кто показывал отличные и хорошие результаты обучения в основной общеобразовательной школе и может подготовиться к ЕГЭ самостоятельно, а также те, кто учился средне, но может позволить себе оплату услуг репетиторов для подготовки к сдаче ЕГЭ. Следует согласиться с интервьюируемыми в том, что одной из причин для подобной образовательной траектории является снижение уровня знаний у учеников школ в период пандемии.

Повышение качества общего образования должно обеспечиваться не за счет усиления контрольных мероприятий и увеличения проверочных работ в масштабе всей страны, а за счет унификации образовательных программ, снижения документальной работы учителей, улучшения технических характеристик используемых в школах программных продуктов, которые бы не «подвисали» и не обязывали выполнять несколько команд для заполнения какой-либо одной ячейки электронного документа. Кроме того, целесообразно было бы несколько изменить подход к определению нагрузки учителей. В частности, уменьшив число часов на проведение занятий и за счет этого увеличив число часов на проведение консультаций для тех обучающихся, которые что-то не могут освоить или хотят повысить свой уровень овладения предметом.

Вместе с тем стоит учесть и еще один фактор – психологическую напряженность. Об ухудшении психического здоровья школьников во время пандемии COVID-19 заявляют как зарубежные [7], так и отечественные ученые [8]. Причины для тревожности у школьников могут быть самые разные. С одной стороны, это могут быть переживания из-за результатов обучения и страха сдачи ЕГЭ. С другой стороны, это могут быть последствия каких-либо внутришколь-

ных конфликтов как между учащимися, так и между школьниками и педагогическими работниками.

Для обеспечения психологического благополучия обучающихся следует развивать систему школьной психологической службы, на «уроках о важном» стараться уделять больше внимания вопросам уважения прав человека, повышения правовой культуры молодых граждан. При этом школьным психологам не следует ограничиваться проведением время от времени тестов, нужно выстраивать доверительные отношения с учениками, используя и иные средства психологической диагностики.

Еще одним фактором, влияющим на выбор в пользу среднего профессионального образования, является его финансовая доступность (в сравнении с высшим образованием). Об этом свидетельствуют как результаты опроса, так и результаты интервью. Так, например, в образовательных организациях, расположенных в г. Екатеринбурге, стоимость очного обучения по юридическим специальностям среднего профессионального образования в два раза ниже стоимости очного обучения на юридическом бакалавриате. По словам интервьюируемых, для многих «колледж – это всего лишь транзит в вуз». Студенты выбирают среднее профессиональное образование из-за относительно небольшой стоимости и возможности получения затем заочного высшего образования в сокращенные сроки (стоимость которого чуть ниже или примерно равна стоимости очного обучения в колледже). В то же время в научном сообществе это убеждение подвергают сомнению [9]. Необходимо заметить, что по образовательным программам среднего профессионального образования действительно может быть больше бюджетных мест, нежели по образовательным программам высшего образования. Так, например, сравнивая контрольные цифры приема в образовательные организации, расположенные в г. Екатеринбурге, можно заметить, что на 2023/2024 учебный год по медицинским специальностям среднего профессионального образования выделено 2 тыс. бюджетных мест [10], а по медицинским направлениям подготовки и специальностям высшего образования – около 1 тыс. мест [11]. В связи с этим понятно, почему абитуриенты обращают внимание не только на местоположение и репутацию образовательной организации, но и количество бюджетных мест и мест в общежитиях.

Финансовая доступность высшего образования связана с возможностью получить его бесплатно (на конкурсной осно-

ве) или за посильную для абитуриента и его семьи плату. В связи с этим следовало бы предусмотреть дополнительные стипендиальные программы для студентов, обучающихся на договорной основе. Сегодня есть инструменты, позволяющие обучающимся взять кредиты под низкие проценты именно для оплаты обучения. Однако зачастую абитуриентам даже не на что доехать до выбранного ими учебного заведения. В связи с этим следовало бы развивать кредитные продукты еще и в этом направлении. Подобная практика давно уже есть в ряде зарубежных государств. В дополнение, в условиях «кадрового голода», который испытывает в настоящее время страна, следовало бы улучшать информирование граждан о том, как, когда и куда им можно обратиться для получения целевого места.

Некоторые интервьюируемые высказали беспокойство относительно того, что многие студенты вряд ли пойдут работать после окончания образовательного учреждения по той специальности (квалификации), которую получили. Возможную причину этого они видят в ненадлежащем образом выстроенной системе профессиональной ориентации потенциальных абитуриентов. Отчасти на это указали и результаты опроса, так как специалисты по профориентации у школьников не пользуются популярностью, а внутришкольные профориентационные мероприятия проводятся довольно редко. Следует отметить, что несколько месяцев назад был принят Порядок осуществления мероприятий по профессиональной ориентации обучающихся по образовательным программам основного общего и среднего общего образования (далее – Порядок) [12]. Согласно пункту 4 Порядка, школы «вправе взаимодействовать с организациями, обладающими ресурсами, необходимыми для осуществления мероприятий по профессиональной ориентации, индивидуальными предпринимателями». Слово «вправе» означает «могут», что совсем не эквивалентно слову «обязаны». Следовательно, у школ появляется возможность выполнять деятельность по профориентации чисто формально, не прибегая к помощи профессиональных образовательных организаций, образовательных организаций высшего образования, служб занятости населения, центров по профессиональному консультированию и т.д. Кроме того, в данном акте не раскрываются перечень и виды мероприятий по профессиональной ориентации. Согласно пункту 3, их разработка возложена на школы. Как следствие, профессиональная ориентация будет осуществляться по-разному в разных общеобразовательных

организациях, что, безусловно, негативно скажется на ее качестве. Отсутствие унифицированного подхода к построению единой системы профориентации школьников приводит к тому, что они не имеют четкого представления о востребованности выбранного ими образования работодателями, что только усугубляет дисбаланс спроса и предложения на рынке труда.

Создание единой и эффективно функционирующей системы профессиональной ориентации будущих студентов должно иметь под собой надежное нормативное основание. Следует внести изменения в Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [13], дополнив статью «Профессиональная ориентация», где бы закреплялась обязанность школ привлекать работодателей и иных социальных партнеров для проведения профориентационных мероприятий, а также был бы закреплен открытый перечень профориентационных мероприятий, чтобы у школ был единый ориентир. Только так удастся решить проблему трудоустройства выпускников не по полученной ими квалификации.

Заключение

Таким образом, основными факторами выбора образовательной траектории в пользу среднего профессионального или высшего образования являются: ЕГЭ; психологический климат в школе и психологическое здоровье школьников; финансовые возможности абитуриента и его семьи; качество профессиональной ориентации. Проведенное исследование позволило выявить недостаточную готовность выпускников школ к профессиональному самоопределению в части выбора уровня профессионального образования. Существует объективная необходимость в системной профориентационной работе с учащимися школ, которая не может быть организована эффективно без надлежащего правового и методического обеспечения. В связи с этим перспективным направлением для дальнейшего изучения рассматриваемой проблемы является вопрос создания организационно-педагогических

условий, способствующих осознанному выбору школьниками образовательной траектории.

Список литературы

1. Результаты поиска: итоги ЕГЭ [Электронный ресурс]. URL: <https://obrnadzor.gov.ru/?s=итоги+ЕГЭ> (дата обращения: 25.08.2023).
2. Клячко Т.Л., Семионова Е.А., Токарева Г.С. Единый государственный экзамен и качество обучения в школе: последствия пандемии // Экономическое развитие России. 2021. Т. 28, № 7. С. 65–67.
3. Регионы России. Социально-экономические показатели [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 15.11.2023).
4. Иванова М.В., Белевских Т.В. Среднее профессиональное образование в регионе: от мечты к реалиям (на материалах Мурманской области) // Непрерывное образование: XXI век. 2022. № 4 (40). DOI: 10.153937j5.art.2022.8013.
5. Ойдуп Т.М. Человеческий капитал Республики Тыва: будущие специалисты высшей и средней квалификации // ЭКО. 2022. № 11. С. 23–39.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2017 г. № 1642 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71848426/> (дата обращения: 15.11.2023).
7. Anderson K.N., Swedo E.A., Trinh E., Ray C.M. Adverse Childhood Experiences During the COVID-19 Pandemic // MMWR. Morbidity and mortality weekly report. 2022. Vol. 71, Is. 41. P. 1301–1305. DOI: 10.15585/mmwr.mm7141a2.
8. Слободская Е.Р., Сафронова М.В., Семенова Н.Б., Корниенко О.С., Риппинен Т.О., Резун Е.В., Лето И.В., Петренко Е.Н., Козлова Е.А., Варшал А.В., Гришкевич М.Е., Рудыч П.Д. Психическое здоровье подростков России в период пандемии COVID-19 // Психиатрия. 2023. № 21 (1). С. 16–26. DOI: 10.30629/2618-6667-2023-21-1-16-26.
9. Мальцева В.А., Шабалин А.И. Не-обходной маневр, или Бум спроса на среднее профессиональное образование в России // Вопросы образования. 2021. № 2. С. 10–42.
10. Приемная кампания 2023 года [Электронный ресурс]. URL: <https://minobraz.egov66.ru/site/section?id=959> (дата обращения: 15.11.2023).
11. Приемная кампания на 2023–2024 учебный год [Электронный ресурс]. URL: <https://usma.ru/priemnaya-kampaniya-na-2023-2024-uchebnyj-god/> (дата обращения: 17.07.2023).
12. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.08.2023 № 650 «Об утверждении Порядка осуществления мероприятий по профессиональной ориентации обучающихся по образовательным программам основного общего и среднего общего образования» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202310050012> (дата обращения: 15.11.2023).
13. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70291362/> (дата обращения: 15.11.2023).

УДК 371.311:378
DOI 10.17513/snt.39897

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗАХ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ: ВЗГЛЯД ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

¹Захарова А.Е., ²Алексеева Г.Г., ²Явловская П.Е.

¹*Институт гуманитарных исследований и проблем малочисленных народов Севера
Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: linamestnikova@gmail.com;*
²*ФГБОУ ВО «Чурапчинский государственный институт физической культуры и спорта»,
Чурапча, e-mail: g_g_alekseeva@mail.ru, yavlovsky@mail.ru*

В массовом сознании дистанционный формат обучения в высшей школе стал одним из значимых последствий и результатов пандемии коронавируса. Процесс цифровизации образования, начавшийся еще в начале 2000-х гг. с внедрения в учебный процесс информационно-коммуникационных технологий, в 2020-х гг. был форсирован экстренным переходом на цифровой формат организации образовательного процесса в связи с введением ограничительных мероприятий по COVID-19. Масштабность и скорость решения задач цифровой трансформации стали одним из «больших вызовов» для всех участников образовательного процесса. В статье авторы представляют данные исследования отношения к дистанционному образованию преподавателей спортивного вуза, расположенного в сельской местности Республики Саха (Якутия). Мнение научно-педагогических сотрудников по вопросам обеспечения качества образования, выявление сильных и слабых сторон в организации процесса обучения, оценка собственной готовности и мотивации к использованию цифровых ресурсов, уровень удовлетворенности преподавателей созданными в вузе условиями труда, а также полученные предложения по совершенствованию организации образовательного процесса в вузах могут стать важным материалом на следующих этапах цифровой трансформации вуза, предполагающей применение цифровых технологий во всех процессах в образовании.

Ключевые слова: дистанционный формат образования, преподаватели, спортивный вуз, пандемия COVID-19, цифровая трансформация образования

EFFICIENCY OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION: THE VIEW OF TEACHERS

¹Zakharova A.E., ²Alekseeva G.G., ²Yavlovskaya P.E.

¹*Institute of Humanities Research and Indigenous Studies of the North, the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: linamestnikova@gmail.com;*
²*Churapcha State Institute of Physical Education and Sports, Churapcha,
e-mail: g_g_alekseeva@mail.ru, yavlovsky@mail.ru*

In the public consciousness, distance learning in higher education has become one of the significant consequences and results of the coronavirus pandemic. The process of digitalization of education began in the early 2000s with the introduction of information and communication technologies into the educational process. In the 2020s, the process was forced by the emergency transition to the digital format of the organization of the educational process due to the introduction of restrictive measures on COVID-19. The scale and speed of digital transformation tasks have become one of the “big challenges” for all participants of the educational process. In this article, the authors present the data of the study of attitudes towards distance education of teachers of a sports university located in rural areas of Yakutia. The teachers’ opinion on the issues of ensuring the quality of education, identification of strengths and weaknesses in the organization of the learning process, assessment of their own readiness and motivation to use digital resources, the level of teachers’ satisfaction with the working conditions created in the university, as well as suggestions for improving the organization of the educational process in universities can become important material for the next stages of digital transformation of the university.

Keywords: distance education format, teachers, sports university, COVID-19 pandemic, digital transformation of education

В современных условиях развития общества и всех сфер его деятельности использование цифровых технологий становится неотъемлемой его частью. На законодательном уровне закреплены основы реализации дистанционного обучения с использованием цифровых технологий [1]. Толчок активного использования цифровых технологий пришелся на 2020 г., в связи с началом пандемии COVID-19.

«Скорость цифровизации во всем мире увеличилась в геометрической прогрессии. Поскольку предприятия искали способы предоставления удаленных услуг во время карантина и реализации мер социального дистанцирования, потребность в новых операционных моделях подтолкнула многие учреждения к внедрению цифровых технологий и обеспечению различных удаленных функций» [2].

Цифровая трансформация образования, как актуальное направление развития образования, «требует пересмотра существующих подходов к образовательной деятельности, а также анализа их влияния на общество и отдельные социальные группы» [3, с. 15]. Как отмечается исследователями, во многих вузах скоростной переход на дистанционный режим обучения выявил определенные проблемы, в частности «для преподавателей, которые были вынуждены в экстренном порядке сформировать определенные компетенции для обеспечения непрерывности образовательного процесса» [4, с. 162]. Минимальными требованиями к цифровизации вуза являются: наличие бесперебойного доступа к сети Интернет, соответствующая оснащенность вуза необходимыми материально-техническими средствами, ресурсами, сервисами. Опыт полного перевода вузов на цифровой формат обучения во время COVID-19 показывает необходимость индивидуального подхода от преподавателей при организации дистанционного обучения.

М.Ф. Черныш в статье, посвященной цифровизации и неравенству, отмечает, что «именно цифровизация будет создавать и уже создает предпосылки радикальной трансформации общества, новые возможности и новые риски для общественного порядка, новые различия и новые солидарности» [5, с. 16]. Д.Е. Добринская, Т.С. Мартыненко приводят трехуровневую модель цифрового неравенства: 1) неравный доступ к цифровым технологиям, прежде всего к интернету; 2) неравное владение навыками пользования цифровыми технологиями 3) неравные возможности индивида повысить свои жизненные шансы с помощью цифровых технологий [6, с. 113]. Исследователи отмечают, что «существующие диспропорции регионов по уровню информационного неравенства оказали прямое влияние и на возможности организации образовательного процесса в условиях пандемии, и результаты его по стране весьма неоднородны» [7].

ФГБОУ ВО «Чурапчинский государственный институт физической культуры и спорта» – единственный федеральный вуз в сельской местности, реализующий программы подготовки бакалавриата и магистратуры по семи направлениям подготовки. Поскольку абсолютное большинство студентов института являются жителями сельских населенных пунктов Республики Саха (Якутия), «при организации дистанционного обучения было необходимо учитывать их возможности и ограничения, в первую очередь связанные с доступом к интернету и разницей часовых поясов» [8].

Целью данного социологического исследования было изучение отношения профессорско-преподавательского состава ЧГИФКиС к организации дистанционного образования в вузе.

Материалы и методы исследования

В конце 2019–2020 учебного года был проведен стандартизированный анкетный опрос в онлайн-формате. Инструментарий: анкета, состоящая из 17 вопросов (закрытые, полузакрытые, открытые вопросы). В анкетировании приняло участие 65,5% преподавателей института.

Результаты исследования и их обсуждение

Респондентам было предложено оценить степень готовности к переходу на дистанционное обучение по 5-балльной шкале. Распределение ответов показало, что большинство оценило свой уровень на 3 балла (40,5%), 4 балла (37,8%) и максимальные 5 баллов (21,6%). Преподаватели института оказались готовы к вынужденному переходу на дистанционное образование, вариант 1 и 2 балла не отметил ни один преподаватель.

Ответы на следующий вопрос объясняют выраженную преподавателями уверенность в своей подготовленности к дистанционному обучению – большинство ППС (63,2%) ответили, что посещали курсы повышения квалификации, мастер-классы, вебинары, консультации по дистанционному обучению.

В целом готовность вуза к переходу на дистанционное обучение преподавателями оценивалась позитивно. При этом большинство преподавателей считали, что в дистанционном формате содержание учебных программ усваивается студентами лишь частично (76,3%). Выбор варианта «не усваивается», составившего 13,2% ответов, имеет уточнения о зависимости «от степени ответственности и осознанности студента», а также наличия технических возможностей («если качественный интернет»).

Распределение ответов респондентов на вопрос о подготовке выпускников к государственной итоговой аттестации (защите выпускной квалификационной работе) в условиях дистанционного обучения представлено на рис. 1 – большинство преподавателей выбрали вариант «Скорее да, чем нет» (42,1%). Количество уверенных в возможности полноценной подготовки студентов к итоговой аттестации (13,2%), такой же процент респондентов считает, что невозможно подготовиться к ГИА с использованием дистанционного формата обучения.

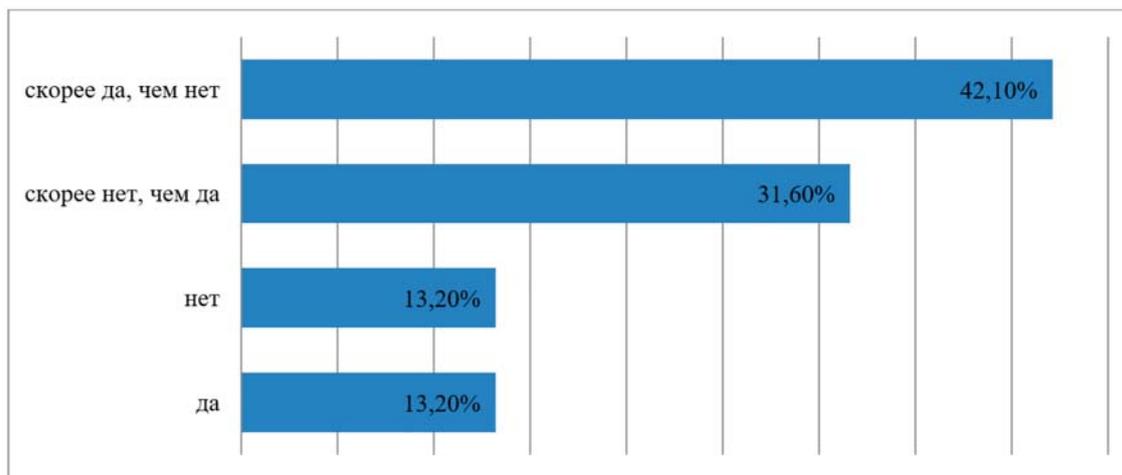


Рис. 1. Распределение ответов на вопрос «Считаете ли Вы, что в условиях дистанционного обучения Вы сможете полноценно подготовить выпускников к ГИА и защите ВКР?»

В целом положительное и отрицательное мнения респондентов разделились почти поровну (рис. 1).

Необходимо отметить, что данное анкетирование было проведено в первой половине мая, в период интенсивной работы над ВКР выпускников ЧГИФКиС. По результатам ГИА и защит ВКР можно констатировать, что, несмотря на сложности самоизоляции в период пандемии и повышенную нагрузку ППС в связи с выполнением государственного задания по реализации федерального проекта «Спорт – норма жизни» Министерства спорта Российской Федерации, институт успешно провел итоговую аттестацию выпускников по всем направлениям подготовки, что подтверждается качеством защит ВКР. Успешной сдаче государственной итоговой аттестации, на взгляд авторов статьи, также способствовала своевременная корректировка тем исследований научными руководителями под сложившиеся обстоятельства, внесение изменений в программу ГИА, в частности отказ от государственного итогового экзамена, снижение критериев к оформлению ВКР и др.

Несмотря на успешное внедрение цифровых технологий в образовательный процесс, большинство вузов отмечают ряд недостатков, существенно влияющих на качество образования.

Угрозами перехода на дистанционное образование можно назвать: снижение качества образования, снижение контроля успеваемости, отсутствие технических возможностей, низкая кибербезопасность на данном этапе перехода, развитие проблем со здоровьем, низкий уровень социализации детей [9].

Среди перечня недостатков особое внимание приковано к качеству получаемого студентами образования. Как отметил министр науки и высшего образования РФ Валерий Фальков в своем докладе, «полный переход высшего образования на дистанционную форму обучения невозможен, так как это ведет к существенному снижению качества образования» [10], что подтверждено результатами масштабного исследования «Качество образования в российских университетах: что мы поняли в пандемию» [11].

Влияние резкого перехода на полный дистанционный формат обучения прослеживается и в образовательном процессе ЧГИФКиС. Анализ динамики качества образования за последние три года показывает некоторое снижение уровня успеваемости студентов.

Новый формат обучения требует от профессорско-преподавательского состава вузов внесения существенных изменений в рабочие программы, фонды оценочных средств и в методики, технологии преподавания дисциплин. Отсутствие непосредственного контакта общения преподавателей и студентов может повлиять на снижение мотивации обучающихся, а также оценивание знаний, умений, навыков [12].

Ответы респондентов на вопрос «Возможно ли объективное оценивание и контроль результатов в условиях дистанционного обучения?» распределились следующим образом: полностью согласны с данным утверждением 21,1% преподавателей; большинство (42,1%) выбрали вариант «Скорее да, чем нет»; 26,3% ответили «Скорее нет, чем да»; не согласились 10,5% респондентов.



Рис. 2. Распределение ответов на вопрос «Какие технические сложности Вы могли бы отметить при организации дистанционного обучения?»

Как уже отмечалось, особенностью вуза является то, что более 90% студентов ЧГИФКиС являются сельскими жителями, в том числе из северных районов. И если в самом институте интернет-связь является стабильной, то у большинства студентов, в особенности из отдаленных районов и наслегов Якутии, существует значительная проблема с подключением к интернету.

Согласно данным социологического исследования «Республика Саха (Якутия) и большие вызовы: социальное самочувствие, мобильность и стратегии адаптации» (n = 1320, 2021 г.) около половины респондентов (41,5%) выразили неудовлетворенность качеством интернет-связи в месте проживания, в сельской местности данный процент составил 38,9%. Одним из результатов исследования стал вывод о значительной территориально-поселенческой дифференциации по доступности и по качеству услуг интернет-связи, что, исходя из особенностей расселения, фактически приводит к цифровому разрыву, росту образовательного неравенства между сельскими и городскими жителями.

К основным техническим сложностям респонденты относят работу со смартфонов (60,5%), отсутствие стабильного интернет-соединения (57,9%), также отсутствие специальных оборудованных рабочих мест для проведения онлайн-занятий (52,6%), отсутствие точек Wi-Fi у студентов (50%). Также к техническим сложностям относят отсутствие интерактивных досок онлайн (34,2%), неподготовленность в онлайн-

менеджменте отметили 18,4%. От ответа на данный вопрос один респондент воздержался (рис. 2).

Спецификой физкультурного вуза является тренировочный процесс и ведение практических занятий в виде тренировок. Поэтому ответы на данный вопрос являются весьма важными. Ответы респондентов разделились почти на три равные части. Преподаватели вуза считают, что после окончания карантина необходимо будет увеличение объема тренировок (39,5%), некоторые считают, что нет в этом необходимости (31,6%), остальные 28,9% затруднились ответить. Возможно, из-за того, что увеличение объема тренировок может отрицательно сказаться на здоровье студентов.

Далее был задан открытый вопрос о формах проведения во время пандемии коронавируса практических занятий по элективным курсам физической культуры и по спортивным дисциплинам. Ответы респондентов можно разделить на три группы:

1. Самостоятельное выполнение заданий преподавателя студентами.
2. В режиме реального времени посредством интернета.
3. Не проводят такого рода занятия.

Преподаватели ответили, что ведутся онлайн-тренировки в основном по общей физической подготовке, физические упражнения. Самостоятельное выполнение заданий студенты снимают на видео или фото и отправляют преподавателю.

Ответы на вопрос
«Какие преимущества дистанционного обучения Вы могли бы отметить?»

Какие преимущества дистанционного обучения Вы могли бы отметить?		
Варианты ответов	Количество ответов	%
Быстрая передача информации	23	60,5%
Технические возможности применения презентации	12	31,6%
Расширение образовательного пространства	18	47,4%
Новые навыки для ППС, связанные с освоением новых технологий	31	81,6%
Оперативное оценивание работ студентов	11	28,9%
Прозрачность всего учебного процесса	16	42,1%
Больше самостоятельности студента	30	78,9%
Учет индивидуальных качеств студента	11	28,9%

Также даются задания на выполнение определенного объема нагрузок, что компенсирует занятия в специализированных спортивных залах, манежах. Преподаватели также дают письменные задания или практические задания, после выполнения которых студенты должны выполнить тесты.

В ходе опроса наибольшее количество преподавателей отметили такие преимущества дистанционного обучения, как приобретение новых навыков для ППС (81,6%) и больше самостоятельности студента (78,9%). Также преподаватели отмечают быструю передачу информации (60,5%). Примерно половина опрошенных считают, что дистанционное обучение расширяет образовательное пространство (47,4%) и обеспечивает прозрачность всего учебного процесса (42,1%). Распределение ответов представлено на таблице.

Помимо вышеназванных достоинств дистанционное обучение обладает и рядом недостатков. Инструментарий опроса включал вопросы с просьбой отметить имеющиеся минусы дистанционного обучения в методическом плане. Наибольшее количество опрошенных отметили, что такая форма обучения дает сильную перегрузку как студентам, так и самим преподавателям (88,9%). Более половины преподавателей (58,3%) считают, что недостатком дистанционного обучения является отсутствие возможностей для проведения практических занятий. Также к минусам отнесли «неподготовленность преподавателей к работе с использованием онлайн-технологий» – 50%, «недостаточное методическое сопровождение» – 41,7%, «психологические проблемы в условиях самоизоляции» – 30,6%, «недостаточность возможностей для контроля» – 25%. Дальнейшее использование элементов дистанционного обучения в учебном процессе считают возмож-

ным 55,3% опрошенных преподавателей и частично согласны 44,7%.

Удовлетворенность организацией дистанционного обучения в вузе преподаватели оценивали по 10-балльной шкале. Наибольшее количество выбранных ответов находится на уровне 7 (26,3%) и 8 баллов (23,7%). Наименьший поставленный балл – 3 и 4 балла (по 5,3%). Наивысший балл поставили 10,5% опрошенных.

Заключение

Таким образом, результаты проведенного опроса показывают относительно высокую степень готовности профессорско-преподавательского состава института к ведению образовательного процесса в дистанционном формате. Этому способствовало, исходя из ответов респондентов, обучение на различных семинарах, курсах повышения квалификации и вебинарах. Наряду с этим большинство преподавателей считают, что при дистанционной форме обучения содержание учебных программ усваивается лишь частично и что могут быть затруднения с объективным оцениванием и контролем результатов обучения.

В качестве предложений по улучшению качества дистанционного обучения в вузе преподаватели отметили: повышение навыков преподавателей по применению технологий дистанционного обучения, путем проведения курсов повышения квалификации, семинаров, консультаций; улучшение технических возможностей, а именно организация доступного интернета за счет работодателя, увеличение объема сервера, повышение скорости интернета, ее устойчивости и создания рабочих мест, оборудованных для дистанционного обучения. Также с целью мотивирования и повышения гражданской ответственности, взаимопомощи участников образовательного процесса,

были организованы различные акции, проекты, мероприятия и др. Преподаватели, студенты активно оказывали помощь пожилым, маломобильным гражданам, в рамках всероссийской акции «Мы Вместе» не только по доставке продуктов, медикаментов, оплате коммунальных услуг, выносу мусора, выгулу домашних животных, но и оказывали помощь по заготовке льда для питьевой воды, дров для топки печи, очищали снег со двора, готовили ледники к лету, шили и распространяли многоразовые маски, проводили онлайн-семинары, уроки добра для детей, молодежи, работников образовательных учреждений, активных жителей сел. На основе данного опыта был разработан и реализован конкурс грантов ректора по поддержке волонтерских проектов совместных команд студентов, магистрантов, преподавателей Чурапчинского института. География проектов охватывала всю Республику Саха (Якутия), основное направление проектов – социальное волонтерство. Инициативные проекты мотивируют самих волонтеров на развитие добровольчества в населенных пунктах республики. Такие мероприятия помогли уменьшить отрицательные стороны режима самоизоляции, а также адаптироваться к дистанционному формату обучения.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ от 29 декабря 2012 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 23.10.2023).
2. Клягин А.В. и др. Шторм первых недель: как высшее образование шагнуло в реальность пандемии / Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. М.: НИУ ВШЭ, 2020. № 6 (36). 112 с.
3. Строков А.А. Цифровизация образования: проблемы и перспективы // Вестник Мининского университета. 2020. Т. 8, № 2. С. 15–28.
4. Саралиева З.Х., Голубин Р.В., Судьин С.А. Пандемия COVID-19 и дистанционное обучение как факторы формирования новой реальности в российских вузах (на примере ННГУ им. Н.И. Лобачевского) // Интеллигенция в новой реальности: сборник статей XXII Международной теоретико-методологической конференции (РГГУ, 30 сентября – 1 октября 2021 г.). М.: Центр социального прогнозирования и маркетинга, 2021. С. 159–169.
5. Черныш М.Ф. Цифровизация и неравенство // ИНАБ. 2021. № 4. Структурные аспекты цифровизации. С. 4–16.
6. Добринская Д.Е., Мартыненко Т.С. Перспективы российского информационного общества: уровни цифрового рынка // Вестник РУДН. Серия Социология. 2019. № 19 (1). С. 108–120.
7. Текеева Л.Д. Проблемы организации дистанционного обучения в России в условиях цифрового неравенства // Основные тенденции развития экономики и управления в современной России: материалы X Всероссийской научной конференции студентов и молодых ученых в рамках форума молодых экономистов и управленцев «Наука на высоте» (Карачаевск, 15–16 октября 2021 г.). Карачаевск: Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева, 2021. С. 150–157.
8. Захарова А.Е., Алексеева Г.Г., Явловская П.Е. Особенности цифровизации образовательного процесса в спортивном вузе // Педагогика и просвещение. 2022. № 4. С. 82–91.
9. Авакян Т.М. Влияние пандемии на образование в России // COVID-19 как фактор отражения социального неравенства: сборник материалов Международной научной конференции (Москва, 16 ноября 2020 г.). М.: МАКС Пресс, 2020. С. 60–61.
10. Фальков исключил полный переход на дистанционку в вузах // РБК. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/613074c29a794713f0fe4f9b> (дата обращения: 05.10.2021).
11. Качество образования в российских университетах: что мы поняли в пандемию: Аналитический доклад / Науч. ред. Е.А. Суханова, И.Д. Фрумин. Томск: Издательство Томского государственного университета, 2021. 46 с.
12. Липатова М.Е. Цифровой формат обучения в условиях пандемии: преимущества и недостатки // COVID-19 как фактор отражения социального неравенства: сборник материалов Международной научной конференции (Москва, 16 ноября 2020 г.). М.: МАКС Пресс, 2020. С. 69.

УДК 37.012
DOI 10.17513/snt.39898

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ БОЛЬШИХ ДАННЫХ: РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Мирошниченко А.А., Александрова И.Н., Мирошниченко И.Л.

ФГБОУ ВО «Глазовский государственный инженерно-педагогический университет
им. В.Г. Короленко», Глазов, e-mail: ggpi@mail.ru

Актуальна проблема обеспечения качества оценки результативности воспитательной работы в образовательной организации. Для ее решения традиционный набор методов и практик, применяемых педагогами, недостаточен. Необходима разработка методики оценки результативности воспитательной работы, основанная на методологии квалиметрии. Предлагаемая на основе квалиметрии методика алгоритмизирована и ориентирована на работу со значительным количеством источников информации, включает в себя применение технологий больших данных и метода групповых экспертных оценок. Итогом является комплексная форма оценки результативности, выраженная в количественных значениях. Для определения компонентов оценки результативности воспитательной работы в образовательной организации экспериментально построена модель факторов риска снижения результативности воспитательной работы в образовательной организации, которая содержит 24 фактора риска. Представленная методика не только позволяет получить объективный результат, но и имеет резерв для развития. Ключевыми пользователями методики являются как сами образовательные организации, так и управления образованием городов и районов. Кроме этого, интерес к методике проявили общественные организации и бизнес. Первые активно включились в сбор информации, вторые рассматривают себя в качестве поставщика такой услуги, как независимая оценка результативности воспитательной работы в образовательной организации.

Ключевые слова: воспитательная работа, программа воспитания, результативность воспитательной работы, метод групповых экспертных оценок, технология больших данных

Исследование выполнено по проекту «Разработка методики оценки результативности воспитательной работы в образовательных организациях на основе технологий больших данных, который реализуется при финансовой поддержке Министерства просвещения Российской Федерации в рамках государственного задания (дополнительное соглашение Министерства просвещения Российской Федерации и ФГБОУ ВО «Глазовский государственный инженерно-педагогический университет имени В.Г. Короленко» № 073-03-2023-026/2 от 20.06.2023 к соглашению № 073-03-2023-026 от 27.01.2023, регистрационный № НИОКТР 1022080400015-7-5.3.1;5.9.2;5.9.1).

ASSESSMENT OF THE PERFORMANCE OF EDUCATIONAL WORK BASED ON BIG DATA TECHNOLOGIES: RESULTS AND PROSPECTS

Miroshnichenko A.A., Alexandrova I.N., Miroshnichenko I.L.

Glazov State Engineering and Pedagogical University named after V.G. Korolenko, Glazov,
e-mail: ggpi@mail.ru

The problem of ensuring the quality of assessing the effectiveness of educational work in an educational organization is relevant. To solve it, the traditional set of methods and practices used by teachers is insufficient. It is necessary to develop a methodology for assessing the effectiveness of educational work, based on the methodology of qualimetry. The methodology proposed on the basis of qualimetry is algorithmic and focused on working with a significant number of information sources, includes the use of big data technologies and the method of group expert assessments. The result is a comprehensive form of performance assessment, expressed in quantitative values. To determine the components of assessing the effectiveness of educational work in an educational organization, a model of risk factors for reducing the effectiveness of educational work in an educational organization was experimentally constructed, which contains 24 risk factors. The presented methodology allows not only to obtain an objective result, but also has a reserve for development. The key users of the methodology are both educational organizations themselves and education departments of cities and regions. In addition, public organizations and businesses showed interest in the methodology. The former are actively involved in collecting information, the latter consider themselves as a provider of such a service as an independent assessment of the effectiveness of educational work in an educational organization.

Keywords: educational work, educational program, effectiveness of educational work, method of group expert assessments, big data technology

The research was carried out under the project «Development of a methodology for evaluating the effectiveness of educational work in educational organizations based on big data technologies, which is implemented with the financial support of the Ministry of Education of the Russian Federation within the framework of the state task (additional agreement of the Ministry of Education of the Russian Federation and FGBOU VO «Glazovsky State Engineering and Pedagogical University named after V.G. Korolenko» No. 073-03-2023-026/2 dated June 20, 2023 to agreement No. 073-03-2023-026 dated January 27, 2023, registration number 1022080400015-7-5.3.1;5.9.2;5.9.1)

Как оценить результаты воспитательной работы? Обращение к такой проблеме есть следствие потребности в совершенствовании системы оценки качества образования, в изменении подходов в оценивании. Как отмечено в исследовании, «оценка смещается в сторону более комплексного подхода» [1, с. 343]. Но поиск ответов на поставленный вопрос порождает, как минимум, ряд последующих вопросов. Каковы границы оцениваемых результатов воспитательной работы? Кто заинтересован в такой оценке, какова форма ее представления? Кто и с помощью чего проводит измерения?

Представляемые в данном исследовании результаты разработки и первичной апробации методики оценки результативности воспитательной работы с помощью технологий больших данных исходят из следующих ответов на них.

Внесение поправок в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» обязывает образовательные организации осуществлять воспитание на основе разработанной и утвержденной ими рабочей программы воспитания и календарного плана воспитательной работы. Ориентиром их разработки являются примерные рабочие программы воспитания, разработанные на федеральном уровне. Следовательно, безграничное понятие «воспитательная работа» в представляемом исследовании конкретизировано содержанием названных выше документов в образовательных организациях. Применение понятия «результативность» определено тем, что под результативностью – в терминологии ГОСТ ИСО 9000-2015 – понимается «степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов». Для определения результативности – в представляемой методике – производится сопоставление запланированной и выполненной деятельности (результатов). Оно обосновывает применение понятия «оценка» [2, с. 22–23].

Цель исследования – произвести комплексную форму оценки результативности воспитательной работы в ОО, выраженную в количественных значениях. Для определения компонентов оценки результативности воспитательной работы экспериментально построить модель факторов риска снижения результативности воспитательной работы в образовательной организации. Апробировать методику с помощью технологий больших данных.

Выделим следующие группы участников отношений в сфере образования, профессиональная деятельность которых взаимосвязана с оценкой результативности воспитательной работы в образовательной

организации (ВР в ОО). Органы управления образования всех уровней работают с усредненными значениями, полученными при оценке результативности воспитательной работы в каждой образовательной организации. На их основе анализируется результативность существующей политики в области воспитания в городах и районах, регионах и в целом в Российской Федерации.

Для руководства образовательных организаций оценка результативности – это возможность получить «обратную связь». Полученные значения результативности позволяют им оперативно корректировать действия участников образовательных отношений при реализации ВР в ОО, расширить возможности внутренней системы оценки качества образования.

Для педагога-предметника, классного руководителя оценка результативности – это возможность минимизировать субъективизм при самооценке результатов воспитательной работы и оценить свои профессиональные компетенции, выявить потребность в методическом сопровождении, идентифицировать себя как наставника или наставляемого.

Для родительского сообщества и социальных институтов – это возможность почувствовать свою причастность и ответственность за образовательные цели и результаты.

Описанная взаимосвязь профессиональной деятельности участников отношений в сфере образования позволяет считать, что они заинтересованы не столько в самом процессе оценки результативности воспитательной работы, сколько в достоверности и количественной форме значений, полученных при оценке результативности. Следовательно, приоритетом является обеспечение качества оценки результативности воспитательной работы в образовательной организации. Для такого обеспечения традиционный набор методов и практик, применяемых педагогами, недостаточен [2, с. 179]. Необходима разработка методики оценки результативности воспитательной работы, основанная на методологии квалиметрии.

Анализ исследований в образовании, например определение структуры и оценки качества профессионально ориентированных заданий для будущих педагогов [3], обеспечение согласования традиционной системы оценок и контрольно-измерительных материалов [4], достижение объективной оценки результатов профессионального образования [5], демонстрирует высокую результативность решения научных задач подобного класса. Разработанная на основе квалиметрии методика должна быть алгоритмизированной и ориентированной на работу со значительным количеством источников

информации, включать в себя применение технологий больших данных и метода групповых экспертных оценок. Итогом ее является комплексная форма оценки результативности, выраженная в количественных значениях. Они позволят на основе сопоставления запланированной и выполненной деятельности (результатов) не только оценить результативность воспитательной работы для конкретного момента времени, но и провести анализ причин ее состояния, определить перспективы. Рассматривая разработку и первичную апробацию методики оценки ВР в ОО как цель исследования, конкретизируем ее следующие задачи:

- 1) определить компоненты, составляющие комплексную оценку результативности ВР в ОО;
- 2) описать структуру методики оценки результативности ВР в ОО;
- 3) предложить интерпретацию значений компонентов, полученных при оценке результативности воспитательной работы в образовательной организации.

Материалы и методы исследования

При разработке и первичной апробации методики оценки результативности воспитательной работы с помощью технологий применялись следующие методы.

1. Метод групповых экспертных оценок. Для его применения была сформирована экспертная группа (ЭГ). В ее состав входили руководители образовательных организаций, классные руководители, методисты, преподаватели вуза. Объектами экспертизы являлись: структура методики оценки результативности ВР в ОО, модель факторов риска снижения результативности ВР в ОО, компоненты оценки результативности ВР в ОО, размерность и градации шкал порядка, с которой работает эксперт, для каждого компонента оценки результативности, набор документов для каждого компонента оценки результативности ВР в ОО.

2. Метод моделирования, в ходе которого рабочая группа формировала объекты экспертизы, перечисленные выше.

3. Метод опроса. Опрос применялся рабочей группой, во-первых, для получения информации, необходимой для моделирования объектов экспертизы (всево в опросах приняли участие 68 участников образовательных отношений); во-вторых, при получении «вторичной информации» от участников образовательных отношений при первичной апробации методики в образовательных организациях.

4. Также при первичной апробации методики в образовательных организациях применялись методы анкетирования и на-

блюдения для установления обратной связи и оперативной корректировки содержания методики или сопровождения реализующих ее участников.

В первичной апробации приняли участие 11 образовательных организаций Удмуртской Республики. Выбор образовательных организаций одного региона обусловлен желанием минимизировать погрешности, связанные с региональными особенностями системы образования.

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения компонентов оценки результативности ВР в ОО экспериментально была построена модель факторов риска снижения результативности воспитательной работы в образовательной организации. Под риском понимается «следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей» [6, с. 1]. Обращение к моделированию рисков обусловлено как достаточной теоретической и экспериментальной базой подобных исследований в смежных с педагогикой областях [7], так и возможностями классифицировать и ранжировать факторы, влияющие на достижение конкретных результатов образовательными организациями [8].

Разработанная модель содержала 24 фактора риска. На основе их анализа было установлено, что факторы, влияющие на результативность воспитательной работы, возможно распределить по трем группам [9].

К первой группе относятся факторы, связанные с постановкой и диагностикой достижения целей воспитательной работы. Среди них: неполный перечень целей и их постоянная корректировка, недиагностичное (не позволяющее однозначно определить степень достижения) описание целей, отсутствие, недостаточная конкретизация, разноразность, необоснованность методик, применяемых образовательной организацией для диагностики достижения целей воспитательной работы, и пр.

Вторую группу составляют факторы, связанные с наличием и применением нормативно-правовой и методической базы сопровождения воспитательной работы [10, 11]. Многообразие субъектов, охваченных воспитательной работой, требует конкретизации отношений между ними, как минимум, на уровне образовательной организации. К факторам риска данной группы также относятся отсутствие или недостаток методического сопровождения, периодическое повышение квалификации, потребность в дополнительном профессиональном образовании для выполнения функций класс-

ного руководителя и пр. К третьей группе относятся факторы риска, определяемые недостаточной согласованностью между планированием и достижением конкретных показателей воспитательной работы. В соответствии с вышеизложенным были определены три компонента, составляющие оценку результативности воспитательной работы в образовательной организации (K1, K2, K3). K1 – компонент, оценивающий степень планирования и достижения целей воспитательной работы. K2 – компонент, оценивающий наличие нормативно-правовой, методической базы, регламентирующей выполнение воспитательной работы в образовательной организации и степень ее реализации участниками образовательных отношений. K3 – компонент, оценивающий степень выполнения конкретных запланированных показателей рабочей программы воспитания и календарного плана воспитательной работы (мероприятий, акций, конкурсов и пр.).

Методика оценки результативности воспитательной работы в образовательной организации содержит три этапа: «Планирование», «Выполнение», «Прогноз и рекомендации» (рис. 1). Каждый этап содержит алгоритм позиций, которые определяют действия участников реализации методики.

На первом этапе методики осуществляются подготовительные работы, формируются рабочая и экспертная группы, согласуются условия оценки с «заказчиком». Также определяются факторы, влияющие на снижение результатов воспитательной работы, размерность шкал, которыми будут пользоваться эксперты. Следовательно, определяются компоненты оценки результативности воспитательной работы в образовательной организации (K1, K2, K3). Отметим, что количество данных компонентов является открытым и может варьироваться для образовательных организаций различных уровней.

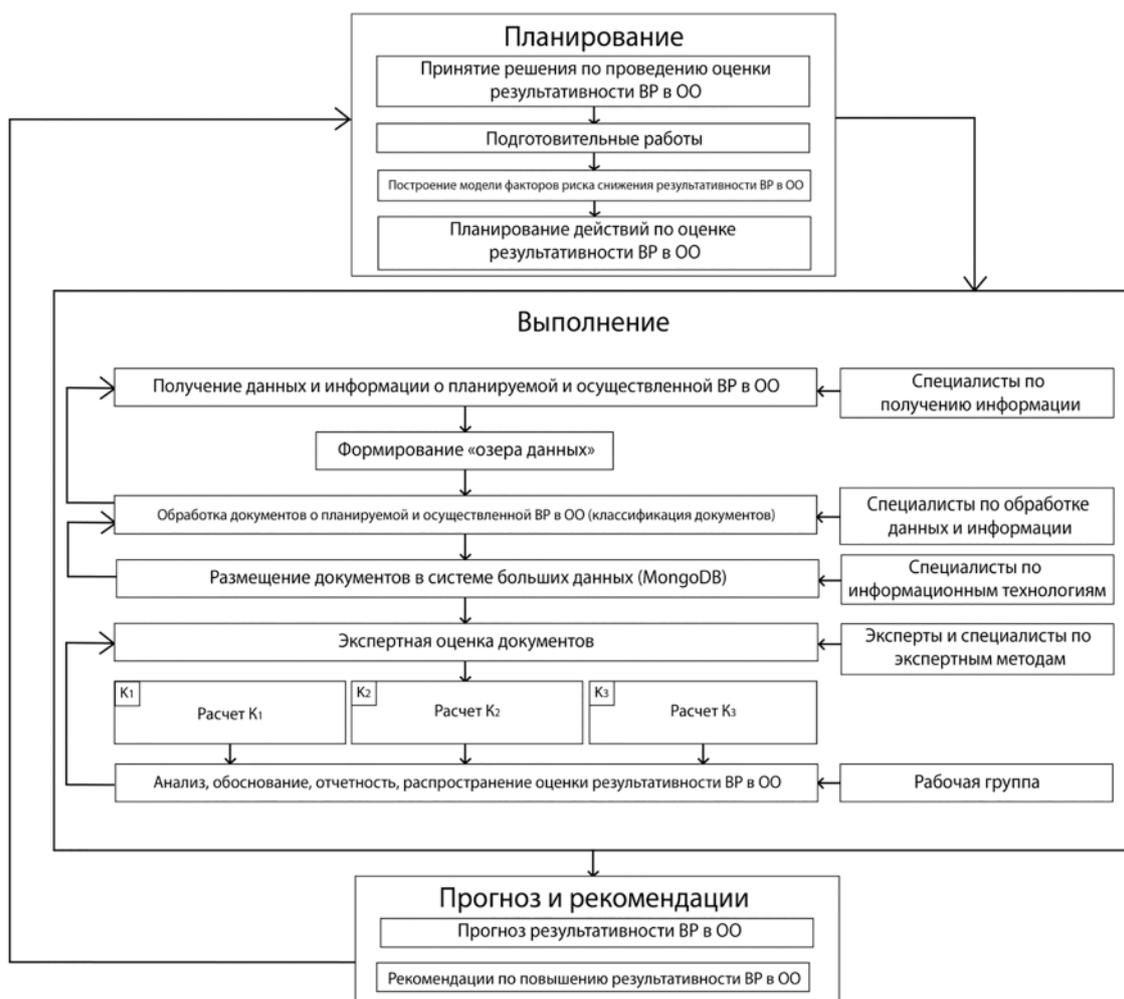


Рис. 1. Этапы методик оценки результативности воспитательной работы в образовательной организации

Второй этап методики включает, во-первых, работу с различными источниками для получения информации о планируемой и осуществленной воспитательной работе (работа с различными источниками информации). Во-вторых, собранная информация, единица которой «документ» в терминологии больших данных, классифицируется и размещается в документоориентированной системе управления базами данных MongoDB [12]. Количество таких документов для общеобразовательной организации прогнозируется в пределах 150–200. В-третьих, каждый эксперт, последовательно изучая информацию (документы), классифицированные для каждого компонента оценки результативности (K1, K2, K3), оценивает их в определенной шкале. Размерность и градация шкалы определяются на основе коллективного экспертного мнения в ходе первого этапа методики. Результаты работы экспертной группы обобщаются, анализируются и представляются в форме, определенной «заказчиком» оценки результативности воспитательной работы в образовательной организации. На третьем этапе формируются прогноз и рекомендации по повышению результативности воспитательной работы.

Рассмотрим варианты распределения значений компонентов результативности воспитательной работы для образовательной

организации (класса) на рисунке 2. В каждой четверти представлен один из компонентов: K1 – первая четверть, K2 – вторая четверть, K3 – третья четверть, K I – итоговое значение. Горизонтальная ось – ось планирования (П), вертикальная ось – достигнутый результат (Р). Размерность шкалы 8 баллов. В рамках данной шкалы эксперты используют для каждого компонента оценки соответствующие градации при экспертной оценке документов, связанных с планированием достигнутым результатом. Например, для оценки K1 эксперты применяют следующие градации:

– Ось П – планирования. Градация шкалы – система целей воспитательной работы в образовательной организации представлена в полном объеме и является диагностической: 1–2 балла – не представлена, 3–4 балла – скорее не представлена, 5–6 баллов – скорее представлена, 7–8 баллов – представлена.

– Ось Р – достигнутый результат. Градация шкалы – достижение целей воспитательной работы в образовательной организации подтверждено диагностикой: 1–2 балла – не подтверждена, 3–4 балла – скорее не подтверждена, 5–6 баллов – скорее подтверждена, 7–8 баллов – подтверждена.

На рисунке 2 представлены варианты значений компонентов оценки результативности воспитательной работы для различных образовательных организаций.

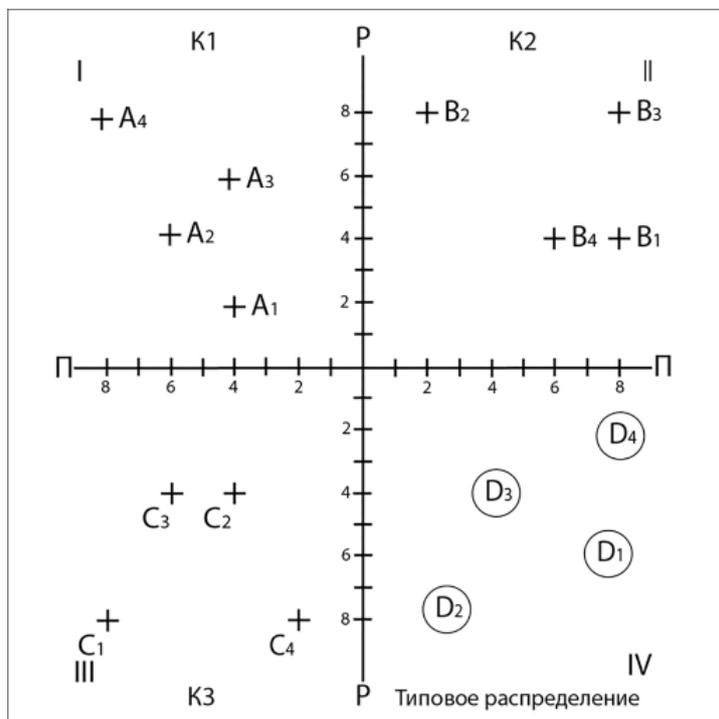


Рис. 2. Варианты значений компонентов оценки результативности воспитательной работы в образовательной организации

Для первой четверти идеальный случай – А4, когда поставленные цели воспитательной работы в образовательной организации представлены в полном объеме и являются диагностичными, а их достижение подтверждено системой диагностических процедур. К сожалению, более реальным является вариант А2, когда достижение запланированных целей не подтверждено диагностикой, а подменяется иными показателями, например количеством мероприятий.

Во второй четверти идеальный случай – В3, когда все действия по воспитательной работе участников образовательных отношений подкреплены нормативно и методически. Наиболее нежелательной является позиция В2, когда активность педагогов спонтанна, интуитивна, не подкреплена соответствующим сопровождением.

В третьей четверти вариант С4 характерен для образовательных организаций, которые выполняют многочисленные мероприятия, которые первоначально не планировались. С3 показывает недостаток ресурсов у образовательной организации для выполнения запланированных мероприятий.

Итоговая оценка результативности для образовательной организации представлена в четвертой четверти. Граничные случаи: D 4 – это образовательные организации, в которых все хорошо на бумаге, но реальность иная; D 2 – это образовательные организации, которые работают, не уделяя необходимого влияния планированию или пренебрегая заранее запланированными мероприятиями.

Взаимосвязь между значениями оценки результативности ВР для конкретной образовательной организации проиллюстрируем на следующем примере. Значения оценки результативности для образовательной организации N составляют: К1 (7, 4). К2 (4, 8). К3 (4, 7). Возможно заключить, что в этой образовательной организации цели воспитательной работы сформулированы в полном объеме и диагностично, но недостаточно применяются системы диагностики, позволяющие определить степень достижения целей воспитания. Данное заключение подтверждает и то, что в этой образовательной организации для достижения цели активно взаимодействуют все участники образовательных отношений, но их действия недостаточно подкреплены нормативно-правовым и методическим сопровождением. В результате значительная часть воспитательной работы осуществляется интуитивно. Значительный объем выполненных мероприятий расходуется с планами по их проведению, что ограничи-

вает возможность качественной подготовки к проведению мероприятий в угоду повышения их количества.

Итоги первичной апробации, проводимой в общеобразовательных организациях, позволили внести следующие коррективы в разработанную методику: во-первых, следует расширить требования к конфиденциальности процесса проведения оценки в образовательных организациях и представления ее значений (этап «Планирование»). Во-вторых, необходимо обеспечить «квалиметрическое просвещение» педагогического коллектива образовательных организаций, в которых проводится оценка результативности воспитательной работы (этап «Выполнение»). В-третьих, нужно расширять количество источников информации за счет работы с родительским сообществом и учителями-предметниками. В-четвертых, разработка прогноза и рекомендаций по повышению результативности воспитательной работы требует взаимодействия с учредителями образовательной организации, порядок такого взаимодействия необходимо включить в алгоритм методики (этап «Прогноз и рекомендации»).

Первичная апробация подтвердила, что ключевыми пользователями методики являются как сами образовательные организации, так и управления образованием городов и районов. Кроме этого, интерес к методике проявили общественные организации и бизнес. Первые активно включились в сбор информации, вторые рассматривают себя в качестве поставщика такой услуги, как независимая оценка результативности воспитательной работы в образовательной организации.

Заключение

Педагогические исследования часто критикуют за «бездетность», за обилие теорий и недостаток конкретных результатов. Представляемая методика позволяет не только получить такой результат, она имеет резерв для развития:

- расширение числа компонентов оценки результативности воспитательной работы в образовательной организации позволит дифференцировать полученные значения по направлениям воспитательной работы, по вкладу различных групп участников образовательных отношений;

- расширение шкалы, с которой работают эксперты, и конкретизация ее градаций повысят точность значений компонентов оценки результативности ВР в ОО;

- конкретизация профессиональных компетенций, необходимых для сбора и классификации информации, работы с эксперта-

ми, анализа и прогноза и прочих действий, входящих в алгоритм методик, потребует профессиональной переподготовки соответствующих специалистов. Возможные перспективы такой переподготовки видятся как в формировании особой группы специалистов по квалиметрической оценке результативности ВР в ОО, так и в независимой оценке со стороны общественных организаций и социально ориентированного бизнеса;

– накопление классифицированной информации в системе больших данных позволит сопоставлять значения оценки результативности за четверти (семестры) и определять взаимосвязь динамики изменений результативности ВР в ОО с принимаемыми управленческими решениями.

Список литературы

1. Косарецкий С.Г., Баранников К.А., Беликов А.А. и др. Российская школа: начало XXI века / под ред. С.Г. Косарецкого, И.Д. Фрумина М.: ИД ВШЭ, 2019. 432 с.
2. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии). М.: Экономика, 1982. 256 с.
3. Веретенникова В.Б., Шихова О.Ф., Валеев А.А., Мена Маркос Х.Х. Структура и оценка качества профессионально-ориентированных заданий для будущих педагогов // Образование и наука. 2023. Т. 25, № 4. С. 70-108.
4. GaakhT.V. Competence assessment of a future specialist with the help of pedegogical qualimetri // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 77-2. С. 91-94.
5. Сычева Ю.С. Образовательная квалиметрия как фактор объективности оценки результатов профессионального образования // Теория и методика профессионального образования. 2022. № 9. С. 51-56.
6. ГОСТР 51897 – 2011 / Руководство ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2019.
7. Мирзаханян Р.Э., Мастяева И.Н. Методы и модели оценки рисков в различных областях // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-2. С. 399-402.
8. Кетоева Н.Л., Киселева М.А., Драницына В.К. Классификация рисков в образовательной деятельности высших учебных заведений, участвующих в проекте «Приоритет-2030» // Вестник Сургутского государственного университета. 2022. № 3 (37). С. 6-15. DOI: 10.34822/2312-3419-2022-3-6-15.
9. Мирошниченко А.А., Александрова И.Н. Школьные программы воспитания: диагностичность и информативность // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 7. С. 172-180.
10. Огурцова Е.Ю., Фадеев Р.Н. Большие данные и цифровая аналитика в университетском образовании // Ноосферные исследования. 2021. № 4. С. 37-44.
11. Li Yi, Zhai Xiaoning. Review and Prospect of Modern Education using Big Data // Procedia Computer Science. 2018. Vol. 129. P. 341-347. DOI: 10.1016/j.procs.2018.03.085.
12. Ilyassov D.K., Raikhanova G.A. The challenges in using economic big data analytics in higher education // Bulletin of Karaganda University. Economy Series. 2022. Vol. 106, No. 2. P. 41-47.

УДК 378.172
DOI 10.17513/snt.39899

ФОРМИРОВАНИЕ ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА

Паршина Н.А., Тимошин В.В., Шуняева Е.А., Бакулин С.В.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет им. М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: natasha_marinkina@mail.ru

Пандемия коронавирусной инфекции оказала влияние на различные сферы жизни человека и благополучие населения в целом. Внедрение ограничительных мер, обусловивших формирование модели гиподинамичного поведения, коррелируется с показателями здоровья личности. Особый социально значимый характер имеет проблема здоровьесбережения студенческой молодежи, как фундаментальной основы трудового потенциала страны и незаменимой составляющей природного процесса смены поколений. Важная роль в формировании здоровьесберегающего поведения отводится высшей школе в целом и преподавателям, как социальным агентам, в частности. Выступая трансляторами культуры здорового и безопасного образа жизни, педагоги формируют структуру основных жизненных принципов и приоритетов, обеспечивают осведомленность о факторах влияния на качество и количество здоровья и технологиях его обеспечения. На основании сказанного целью исследования стало выявление средств формирования здоровьесберегающего поведения студентов в образовательном процессе педагогического вуза. Результаты исследования показали, что здоровьесберегающая направленность организации образовательного процесса студентов педагогического вуза обеспечивается внедрением современных тематически ориентированных форм и методов работы, использованием цифровых инструментов сохранения здоровья, усилением событийности физкультурно-оздоровительной работы в вузе, проектным обеспечением здоровьесберегающей деятельности.

Ключевые слова: здоровье, здоровьесберегающее поведение, студент педагогического вуза, ценностные ориентации, образовательный процесс вуза

Работа проводилась в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (ЧГПУ и МГПУ) по теме «Технологические основы формирования здоровьесберегающего поведения студентов педагогического вуза».

FORMATION OF HEALTH-SAVING BEHAVIOR OF PEDAGOGICAL UNIVERSITY STUDENTS

Parshina N.A., Timoshin V.V., Shunyaeva E.A., Bakulin S.V.

Mordovian State Pedagogical University, Saransk, e-mail: natasha_marinkina@mail.ru

The coronavirus pandemic has impacted various areas of human life and the well-being of the population as a whole. The introduction of restrictive measures that led to the formation of a model of hypodynamic behavior is correlated with indicators of individual health. Of particular social significance is the problem of protecting the health of student youth, as the fundamental basis of the country's labor potential and an irreplaceable component of the natural process of generational change. An important role in the formation of health-saving behavior is assigned to higher education in general and teachers, as social agents, in particular. Acting as transmitters of the culture of a healthy and safe lifestyle, teachers form the structure of basic life principles and priorities, ensure awareness of the factors influencing the quality and quantity of health and technologies for ensuring it. Based on the above, the purpose of the study was to identify means of developing health-saving behavior of students in the educational process of a pedagogical university. The results of the study showed that the health-saving orientation of the organization of the educational process of students of a pedagogical university is ensured by the introduction of modern thematically oriented forms and methods of work, the use of digital tools for preserving health, increasing the eventfulness of physical education and health work at the university, and design support for health-preserving activities.

Keywords: health, health-saving behavior, student of a pedagogical university, value orientations, educational process of the university

The work was carried out within the framework of a grant for research work in priority areas of scientific activity of partner universities in network interaction (Chuvash State Pedagogical University and Mordovian State Pedagogical University) on the topic "Technological foundations for the formation of health-saving behavior among students of a pedagogical university".

Современные социально-экономические условия развития страны, гуманизация и технологизация образования определяют выработку новой стратегии трансформации личности. Требования и вызовы XXI в. актуализируют ценностный аспект

здоровьесберегающего поведения [1; 2]. Многообразие социальных, экономических и экологических факторов, оказывающих негативное влияние на показатели здоровья, производительность труда, снижают общую удовлетворенность человека жизнью и кор-

релируются с результатами комплексной оценки состояния здоровья [3]. Указанные факты подтверждаются данными мониторинга, проведенного в 2022–2023 учебном году в Мордовском государственном педагогическом университете им. М.Е. Евсевьева (МГПУ). Так, основную медицинскую группу имеют 50,6% обучающихся, 27,5% отнесены к подготовительной, 18,1% – к специальной, и 3,8% освобождены от практических занятий физической культурой. Данные за последние 5 лет имеют незначительные отклонения в сторону увеличения числа студентов, отнесенных к основной медицинской группе (в пределах 5%), уменьшения количества будущих педагогов подготовительной группы (– 6%), с вариативностью показателя для лиц специальной группы ($\pm 3\%$), незначительным изменением доли освобожденных от практических занятий физической культурой ($\pm 1\%$).

Вместе с тем решению проблемы сохранения и укрепления здоровья населения, как фундаментальной основы формирования репродуктивного, трудового потенциала страны, и фактору национальной безопасности в нормативно-правовом поле уделяется особое внимание (послание Президента РФ Федеральному собранию Российской Федерации, указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», «Основные направления деятельности Правительства РФ на период до 2024», «Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года», Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» и др.). Анализ научных изысканий, посвященных рассматриваемой проблематике, свидетельствует о разносторонности, глубине и достоверной результативности представленных разработок. Ценными для данного исследования являются труды Р.И. Айзмана, Г.Л. Апанасенко, Л.А. Поповой, А.А. Тернера, J. Ackerman, L. Aho, A. Antonovsky, M. Vlastxer, S. Bointy, R. Lee, A. Loke, отражающие подходы к пониманию здоровья, причины и механизмы его формирования, сохранения и укрепления, диагностики и мониторинга; работы Р.А. Березовской, Г.С. Никифорова, P. Absetz, C. Currie, N. Davies, C. Ganzer, N. Hankonen, K. Hurrelmann, J. McAndrews, S. McMullen, B. Piko, W. Setfretobulte, S. Wilson, раскрывающие теории поведения человека в отношении сохранения и укрепления здоровья; разработки А.Г. Маджуги, И.А. Синициной, Т.В. Поздевой, Е.М. Ag-Ool, J. Elder, S. Geller, M. Novell, H. Kreiler, S. Kreiler, E.K. Kyrgys, J. Prochaska, R.D. Saaya, W. Velicer, указываю-

щие на значимость формирования здоровьесберегающего и здоровьесозидающего поведения.

Указанные факты позволили предположить, что построение образовательного процесса педагогического вуза сопряжено с результативностью формирования здоровьесберегающего поведения студентов.

Цель исследования – выявление средств формирования здоровьесберегающего поведения студентов в образовательном процессе педагогического вуза.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева» в 2022–2023 учебном году. В эксперименте приняли участие бакалавры 1–2 курса, обучающиеся по направлениям подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), 49.03.01 Физическая культура. Общая численность выборки составила 516 человек. Для достижения цели исследования применялись следующие методы: теоретического уровня (анализ литературы, синтез, сравнение, систематизация), эмпирического уровня (опросные методы, тестирование), количественные и качественные методы обработки результатов.

Результаты исследования и их обсуждение

Поясним, что под здоровьесберегающим поведением понимаем систему социальных и поведенческих практик, определяющих благоприятные условия жизнедеятельности человека, уровень его поведенческой культуры, гигиенические навыки, желание поддерживать оптимальное качество жизни [4].

Исследование отношения студентов к здоровью определялось на основе методики М. Рокича «Ценностные ориентации». Выявлено, что в системе терминальных ценностей приоритетность здоровья присуща лишь для трети студентов (29,3%). Большая часть опрошенных (42,8%) определила данную ценность как незначимую, 27,9% бакалавров – в группу безразличных.

С целью оценки факторов, влияющих на здоровьесберегающее поведение, использовался опросник «Профиль здорового образа жизни» [5]. Респондентам предлагалось выразить степень своего согласия, используя четырехбалльную шкалу (совсем не согласен, скорее не согласен, скорее согласен, полностью согласен). Результаты позволяют констатировать следующее. Ответственно относятся к собственному здоровью 26,7% студентов. 17,8% бакалавров в полной мере

соблюдают режим регулярных занятий физическими упражнениями. Рациональной системы питания полностью придерживаются 20,3% опрошенных. 76,2% респондентов в целом выражают стремление к развитию внутренних ресурсов, целенаправленности и самореализации. В той или иной мере способны к выстраиванию межличностных отношений 82,5% студентов. Умеют распознавать источники стресса, противодействовать его влиянию и использовать специальные техники 15,9% опрошенных.

Оценка уровня развития физических качеств и двигательных способностей проводилась на основе комплекса упражнений.

Полученные данные указали на необходимость проведения целенаправленной работы по формированию здоровьесберегающего поведения студентов педагогического вуза.

Авторами был проведен анализ содержания наполнения дисциплин «Физическая культура и спорт», «Элективные курсы по физической культуре и спорту» применительно к внедрению современных тематически ориентированных форм и методов работы. Результаты анкетирования позволили сделать вывод о целесообразности акцентированного включения в образовательную практику нетрадиционных форм двигательной активности (фитнес-аэробика (оздоровительная аэробика, степ-аэробика, футбол-аэробика, аквааэробика, памп-аэробика, йога, пилатес и др.), дартс, лапта, скиппинг). Интеграция во внеаудиторную работу предполагала вовлечение студентов в митапы, семинары-практикумы, дискуссии, тренинги, кейс-сессии, форсайты, круглые столы, коворкинги, пресс-конференции, батлы, тематически ориентированные на освоение ценностных основ здоровьесбережения, становление здоровьесберегающего самосознания, формирование установок здорового и безопасного образа жизни.

Внедрение цифрового контура образования обусловило значимость использования цифровых инструментов сохранения здоровья, как персонализированного средства здоровьесбережения. Приобщение студентов осуществлялось включением во внеаудиторную самостоятельную работу заданий, предусматривающих проведение ежедневного контроля состояния организма (питание, водный баланс, двигательная активность) с использованием цифровых инструментов, разработку индивидуальной программы оздоровления, расчет суточного рациона питания, составление рациона сбалансированного питания и др. В рамках аудиторной работы студенты познакомились с особенностями работы с компьютеризи-

рованными аппаратно-программными комплексами «Здоровье-экспресс», «ПсихоТест», программным модулем системы управления уровнем стресса, ключевыми возможностями которых является овладение современными технологиями исследования здоровья и функционального состояния организма человека.

Усиление событийности физкультурно-оздоровительной работы в вузе обеспечивалось целенаправленным вовлечением студентов в мероприятия здоровьесберегающей направленности, среди которых наиболее значимыми являются: «Легкоатлетическое пятиборье – Евсевьевец», соревнования по выполнению норм ГТО «На рекорд!», физкультурно-оздоровительное мероприятие «МГПУ на жарком льду», День Здоровья, Всероссийский день бега «Кросс наций – 2022», Всероссийский дистанционный беговой турнир «Марафон Победы», командные соревнования по видам спорта, Всероссийская массовая лыжная гонка «Лыжня России – 2023», Республиканский легкоатлетический кросс «За физическое и нравственное совершенствование нации» и др. Заметим, что университет традиционно выступает площадкой проведения мероприятий физкультурно-оздоровительного и спортивно-массового характера различного уровня.

Следующей составляющей формирования здоровьесберегающего поведения студентов педагогического вуза является проектное обеспечение здоровьесберегающей деятельности. В рамках аудиторной работы изучение дисциплин «Физическая культура и спорт», «Элективные курсы по физической культуре и спорту» дополнялось защитой социально значимого проекта. Внеаудиторная работа предполагала оформление заявок на конкурсы проектов, нацеленных на пропаганду здорового образа жизни, наиболее значимыми из которых являются: Всероссийский конкурс проектов «Моя страна – моя Россия», Всероссийский конкурс молодежных проектов, Всероссийский творческий конкурс «Твой ход».

Для создания условий, направленных на сохранение здоровья студентов педагогического вуза, в МГПУ имеется современная развитая инфраструктура, представленная следующими структурными подразделениями.

1. Научно-практический центр физической культуры и здорового образа жизни направлен на стимулирование молодежи к здоровьесберегающей деятельности; организацию превентивных мероприятий по снижению факторов риска развития заболеваний; осведомление различных категорий граждан о вреде психоактивных веществ [6].

2. Спортивный клуб МГПУ осуществляет целенаправленную работу по пропаганде здорового образа жизни и профилактике асоциального поведения студенческой молодежи; укреплению и поддержанию здоровья обучающихся, профессорско-преподавательского состава и сотрудников вуза. В данном подразделении функционирует 19 спортивных секций, а также организуется подготовка к выполнению норм ГТО.

3. Центр психологической поддержки «Доверие», деятельность которого нацелена на сохранение психологического здоровья студенческой молодежи и обеспечивает решение задач по определению личностных ресурсов и возможностей; снижению эмоционального напряжения; преодолению стрессов и эмоционального выгорания; актуализации позитивной жизненной позиции; формированию ответственности за принятие собственных решений.

Организация физкультурно-спортивной работы осуществляется на следующих спортивных сооружениях вуза: спортивно-оздоровительный комплекс «Олимпийский»; студенческий бассейн; универсальный спортивный зал; спортивные залы общей физической подготовки с современным оборудованием для занятий игровыми видами спорта; специализированные спортивные залы для занятий гимнастикой, единоборствами, тяжелой атлетикой, боксом; тренажерный зал; стрелковый тир; лыжная база.

В университете активно развивается волонтерское движение, в рамках которого студенты занимаются вопросами пропаганды здорового образа жизни, профилактики наркомании и противодействия идеологии экстремизма и терроризма.

Повторное применение диагностирующих методик показало следующие результаты. В структуре основных жизненных принципов и приоритетов (Методика М. Роккича «Ценностные ориентации») здоровье как главную ценность человека определяют 47,5% (+ 18,2%) респондентов. В группу незначимых и безразличных ценностей здоровье относят 38,7% (– 4,1%) и 13,8% (– 14,1%) студентов педагогических вузов соответственно.

Анализ влияния факторов на особенности здоровьесберегающего поведения (опросник «Профиль здорового образа жизни») отражает следующую динамику. Особое внимание к собственному здоровью демонстрируют 40,9% респондентов. Режиму физической активности полностью придерживаются 32,4% студентов. 33,1% опрошенных рационально выстраивают систему питания. Нацелены на внутренний рост в той или иной мере 73,8% бакалавров. Способны к использованию коммуникации для поддержания отношений 38,9% опрошенных. Владеют приемами управления стрессом 22,7% респондентов (рисунок).



Результаты оценки значимости факторов, влияющих на здоровьесберегающее поведение студентов до и после эксперимента

Усредненные показатели уровня физической подготовленности
студентов педагогического вуза до и после внедрения
средств формирования здоровьесберегающего поведения, %

Контрольные тесты	Уровень физической подготовленности			
	Девушки		Юноши	
	До эксперимента	После эксперимента	До эксперимента	После эксперимента
Бег 100 м (с)	17,8±0,8	16,5±0,9	14,6±0,7	13,9±0,6
Бег 2000 м/ 3000 м (мин., с)	12,3±1,9	11,4±1,7	14,9±1,5	13,8±1,6
Прыжок в длину с места толчком двумя ногами (см)	171±3,7	177±3,5	202±3,5	214±4,1
Поднимание туловища из положения лежа на спине (раз)	35±4,3	42±3,8	44±3,7	47±3,2
Наклон вперед из положения стоя на гимнастической скамье (см)	13±1,9	15±1,7	11,8±1,7	12,7±1,5

Также проводилась оценка уровня развития физических качеств и двигательных способностей на основе комплекса упражнений, результаты которых отражены в таблице.

Заключение

Современные тенденции развития высшей школы, предопределяющие существенные изменения в структурно-содержательных характеристиках образовательного процесса, оказывают непосредственное влияние на показатели здоровья студентов. Данные комплексной оценки состояния здоровья обучающихся, анализ нормативно-правовых документов, отражающих стратегические направления развития страны, результаты научных изысканий позволили сделать вывод об актуальности проблемы формирования здоровьесберегающего поведения. Определено, что внедрение современных тематически ориентированных форм и методов работы, реализация цифровых инструментов сохранения здоровья, усиление событийности физкультурно-оздоровительной работы в вузе, проектное обеспечение здоровьесберегающей деятельности обеспечивают эффективное формирование здоровьесберегающего поведения студентов педагогического вуза. Экспери-

ментальные данные, полученные на основе повторного применения диагностического инструментария, позволяют сделать вывод об эффективности предложенных средств формирования здоровьесберегающего поведения студентов педагогического вуза.

Список литературы

1. Билувус В.К. Цели-ценности и медико-социальные параметры здоровьесберегающего поведения молодежи: дис. ... канд. социол. наук. Волгоград, 2008. 157 с.
2. Яковлева Н.В. Здоровьесберегающее поведение человека: социально-психологический дискурс // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. 2013. № 3 (3). С. 70-79.
3. Власова В.П., Пожарова Г.В., Федотова Г.Г., Гераскина М.А. Обучение студентов методологии мониторинга функционального состояния и состояния здоровья обучающихся // Гуманитарные науки и образование. 2017. № 3(31). С. 14-20.
4. Шматова С.С. Социальные детерминанты здоровьесберегающего поведения (на примере студентов вузов) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Социология. Политология. 2017. Т. 17, № 1. С. 56-58.
5. Петраш М.Д. Валидизация опросника «Профиль здорового образа жизни» на российской выборке // Консультативная психология и психотерапия. 2018. Т. 26, № 3(101). С. 164-90.
6. Кокурин А.В., Шукшина Т.И., Замкин П.В., Мирошкин В.В. Роль регионального научно-практического центра физической культуры и здорового образа жизни в образовательной деятельности вуза // Теория и практика физической культуры. 2016. № 8. С. 5-7.

УДК 37.014.1:378
DOI 10.17513/snt.39900

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В РОССИЙСКИХ ВУЗАХ

Поморцева Н.В., Куновски М.Н., Коровяковский Д.Г.

*Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва,
e-mail: pomortseva-nv@rudn.ru*

В статье проводится анализ условий успешности обучения иностранных студентов в высших учебных заведениях Российской Федерации. Выявлено, что основными трудностями, с которыми сталкиваются иностранные студенты, является их адаптация к условиям обучения и культурно-социальной среде. В качестве методов исследования применялись общенаучные методы исследования ведущих учебных заведений Российской Федерации, имеющих значительное количество программ для обучения иностранных студентов. Выявлено, что получение профессионального образования иностранными студентами неотъемлемо сопряжено с формированием развитой личности, которая может реализовать потенциал на рынке труда. Показана важность социально-психологического сопровождения иностранных студентов на основе комплексного воздействия и предложения комплексной социализации в социокультурное пространство информационного общества. Проанализировано определение специфики иностранных студентов как объекта социализации в российском социокультурном пространстве и образовательно-культурной среде вузов. В работе проводится анализ признаков социализации, обусловленных трансформациями информационного общества. Раскрываются применяемые метод и структурные элементы систем адаптаций в крупнейших вузах Российской Федерации. На основании проведенного исследования сделан вывод, что в российских вузах существует достаточно эффективная система адаптации иностранных студентов. Вместе с тем, для ее совершенствования необходимо более детально проработать отдельные аспекты, связанные с погружением в социокультурную среду и образовательный процесс, а также уделить повышенное внимание психологической поддержке.

Ключевые слова: методология, сопровождение, социально-психологическое моделирование, иностранные студенты, высшее учебное заведение

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ORGANIZATION OF SOCIAL AND PEDAGOGICAL SUPPORT FOR FOREIGN STUDENTS IN RUSSIAN UNIVERSITIES

Pomortseva N.V., Kunovski M.N., Korovyakovskiy D.G.

*Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumb, Moscow,
e-mail: pomortseva-nv@rudn.ru*

The article analyzes the conditions for the success of teaching foreign students in higher educational institutions of the Russian Federation. It is revealed that the main difficulties faced by foreign students are their adaptation to learning conditions and cultural and socialization environment. General scientific research methods of the leading educational institutions of the Russian Federation, which have a significant number of programs for teaching foreign students, were used as research methods. It has been revealed that obtaining professional education by foreign students is inherently associated with the formation of a developed personality that can realize its potential in the labor market. The importance of socio-psychological support for foreign students based on the integrated impact and the offer of integrated socialization in the socio-cultural space of the information society is shown. The definition of the specifics of foreign students as an object of socialization in the Russian socio-cultural space and the educational and cultural environment of universities is analyzed. The paper analyzes the signs of socialization caused by the transformations of the information society. The applied method and structural elements of adaptation systems in the largest universities of the Russian Federation are revealed. Based on the conducted research, it is concluded that there is a fairly effective system of adaptation of foreign students in Russian universities. At the same time, in order to improve it, it is necessary to work out in more detail certain aspects related to immersion in the socio-cultural environment and the educational process, as well as pay increased attention to psychological support.

Keywords: methodology, support, socio-psychological modeling, international students, higher education institution

Важными причинами актуализации социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов в образовательно-культурной среде вузов являются глобализация и интернационализация современного высшего образования, которые предусматривают рост академической мобильности, международное сотрудничество в образовательной сфере [1].

Динамичность современного общества требует от выпускника-студента не только получения определенных знаний, приобретения профессиональных умений и навыков, но и умений принимать решения, реализовывать внутренний потенциал, то есть в образовательном процессе необходимо развивать мотивационную сферу, волевые качества, ценностные ориентации лично-

сти будущего профессионала [2]. Особенно актуализируется эта тема в отношении иностранных студентов, проблемы которых обусловлены социализационными трудностями, связанными с вхождением в новую образовательно-культурную среду и социокультурное пространство другой страны; невозможностью быстро интегрироваться в это пространство и самореализоваться в нем вследствие непонимания требований нового социума, непринятия его ценностей и норм. Эти трудности, очевидно, обусловлены невозможностью построить продуктивное межличностное взаимодействие из-за недостаточного уровня владения языком обучения и сложности преодоления коммуникативных барьеров [3].

При выполнении новой социальной функции в нетрадиционной образовательно-культурной среде студенты вынуждены адекватно реагировать на изменение социальных условий, связанное с проживанием и обучением в другой стране, что влечет возникновение существенных осложнений в процессе их социализации [4].

Пребывание иностранных студентов в образовательно-культурной среде вуза требует специального внимания к формированию в них социальных качеств, усвоению социальных ценностей и образцов социального поведения, что делает возможным их социальное развитие и профессиональное становление [5]. Это внимание реализуется в социально-педагогическом сопровождении иностранных студентов через их защиту, помощь и поддержку в учебно-профессиональной и социокультурной деятельности [6].

Основной целью исследования является определение подходов и их результативности в ходе социально-педагогического сопровождения иностранных студентов в процессе получения высшего образования.

Материалы и методы исследования

В качестве эмпирической базы исследования были использованы данные трех российских университетов – Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (МГУ), Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ) и Казанского федерального университета (КФУ). Выбор университетов был обусловлен их лидирующими позициями по количеству обучающихся иностранных граждан. Были проанализированы программы и методические материалы по адаптации иностранных студентов, а также результаты анкетирования 205 респондентов-иностранцев первого и второго курсов в 2022/2023 учебном году. Для оценки эффективности различных подходов исполь-

зовались методы качественного и количественного анализа, сравнительного изучения, статистической обработки полученных данных. Полученные результаты позволили сравнить реализуемые в вузах стратегии адаптации и сформулировать рекомендации по их совершенствованию.

Результаты исследования и их обсуждение

Социально-педагогическое сопровождение социализации иностранных студентов помогает реализовать основную цель пребывания иностранных студентов в России – получение высококачественного профессионального образования, формирование конкурентоспособного работника и высокоразвитой личности, способной реализовывать личный потенциал в соответствии с вызовами информационного общества [7]. Социально-педагогическое сопровождение в образовательном процессе подготовки иностранных студентов имеет потенциальные возможности обеспечить эффективность процесса социализации, в частности относительно ее социально контролируемой составляющей – социального воспитания, которое происходит в образовательно-культурной среде высшего учебного заведения, предусматривает формирование у педагогов и других представителей российского социума, которые вступают в педагогическое взаимодействие с иностранными студентами, целостного представления об иностранном студенте как об объекте сопровождения [8]. Моделирование в образовании исследовано в различных аспектах, в частности:

- моделирование управления образовательными ресурсами, знаниями, оценка качества образования;

- моделирование учебного процесса в вузах;

- моделирование воспитательной системы вуза, личностно-профессиональной компетентности обучающегося.

Использование метода моделирования при разработке социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов в образовательно-культурной среде вузов делает возможным основательный разноаспектный анализ этого процесса.

Социализация приобретает признаки, обусловленные трансформациями информационного общества, в частности:

- усиливается роль человека при одновременной активизации социокультурных процессов в обществе;

- меняется роль факторов социализации, возрастает значение средств массовой коммуникации, усиливается влияние соци-

альных сообществ, которые формируются в глобальной сети, и самой глобальной сети;

– происходит освоение виртуальной реальности, которая опредмечивается через деятельность человека в дальнейшем, меняет каналы передачи социального опыта, трансформирует социализационные возможности человека, способы его творческой самореализации [9];

– происходит расширение классического понимания понятия социализации как процесса усвоения личностью образцов поведения, социальных норм и ценностей, психологических наставлений благодаря усвоению информационной культуры, актуализируются процессы медиасоциализации, в частности киберсоциализации, как составляющие социализации личности [10].

Актуализируется внимание к социализации молодежи, которая находится на стадии развития личности и становления профессионала, возрастает значение высшего образования как ведущего агента реализации социально контролируемой социализации личности в современном социокультурном пространстве. Поэтому это концептуальное положение связано с изучением специфики социализации студенческой молодежи, которая основывается на общих теоретико-методологических идеях современной социальной педагогики и связана с проблемами формирования личности молодого человека в процессе обучения, помогает определить специфику социализационных процессов, характерных для этой социальной группы. Для студентов характерны:

– высокая социальная активность, оптимизм, стабилизация психических процессов, развитие умственных и творческих способностей, теоретического мышления, умение абстрагироваться;

– развитие интеллекта, творческой активности;

– эмоциональная чувствительность, эмпатия, открытость к эмоциональным воздействиям, повышенный интерес к собственному внутреннему миру, формирование личностной идентичности.

Студенты имеют новый социальный статус, разнообразие социальных ролей и соответствующих прав и обязанностей, а также представляют собой потенциальный ресурс социального развития информационного общества, реализации собственных творческих планов, потенциальных возможностей использования ценностей и традиций этого общества. Главная задача этой группы молодежи – подготовка к будущей высококвалифицированной профессиональной деятельности, следовательно, социальный статус этой группы временный. Для студенчества

характерными являются постоянный поиск смысла жизни, стремление к прогрессивным трансформациям в обществе, но эти процессы происходят на фоне недостаточного социального опыта. Именно в студенческом возрасте постепенно формируется социальная зрелость, когда личность приобретает социальные качества, усваивает социальные ценности и формирует социальное поведение; происходит становление социальной субъектности. Но кризисные явления студенческого возраста обуславливают социальную дезадаптацию, конфликтность, агрессивность. Следовательно, в студенческое время часто возникает кризис идентичности как следствие противоречия между стремлениями и возможностями молодого человека, что и требует усиленного внимания к процессу социализации молодежи в условиях социокультурного пространства информационного общества.

Трансформация социокультурного пространства информационного общества влияет на социализацию студенческой молодежи, поскольку благодаря развитию глобализации социокультурного пространства происходит значительное расширение межличностного взаимодействия, приобретает возможность не ограничиваться национальным социокультурным пространством и выстраивать коммуникацию с представителями разных культур, реализуется диалог культур в процессе социализации. Виртуализация социокультурного пространства создает многочисленные риски для студенческой молодежи, что требует усиленного внимания к организации социально контролируемой социализации в высшем учебном заведении, которая призвана компенсировать негативные влияния стихийной социализации в виртуальном социокультурном пространстве. Происходит постепенная трансформация форм и методов социальной воспитательной деятельности, направленной на повышение эффективности социализации студенчества, но с обязательным учетом тех наработок, которые имеет современная социальная педагогика в области социализации студентов. Студенческая молодежь становится ведущим социальным субъектом, поскольку имеет неограниченный доступ к информационным потокам, возможность трансформировать и транслировать полученную информацию в соответствии с усвоенными социальными ценностями, сформированными социальными качествами и социальным поведением.

Согласно первому концептуальному положению, одной из теоретико-методологических основ моделирования социально-педагогического сопровождения социализации

ции иностранных студентов является учет определенной специфики социализации студенческой молодежи в социокультурном пространстве информационного общества.

Вторым концептуальным положением, значимым для разработки модели социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов в образовательной культурной среде вузов Российской Федерации, является определение специфики иностранных студентов как объекта социализации в российском социокультурном пространстве и образовательно-культурной среде вузов. Российское общество заинтересовано в том, чтобы иностранные студенты успешно овладели социальной ролью студента, имели способность и желание участвовать в социокультурной жизни российского социокультурного пространства, соблюдали требования российского законодательства, усваивали ценности российской культуры для успешной жизнедеятельности в стране, для реализации цели своего пребывания – получения качественного профессионального образования. Процесс социализации иностранных студентов предусматривает создание благоприятных условий для успешной интеграции в социокультурное пространство России, принятие ими этических и правовых норм, образа жизни россиян, формирование ценностных ориентаций, социальных качеств и социального поведения, продуктивных в социокультурном пространстве России. Статистические данные по иностранным студентам в России, а также анализ изучения проблем подготовки иностранных студентов в современном педагогическом дискурсе свидетельствуют о значительном количестве указанного контингента студенческой молодежи и актуальности исследования ее социализационных процессов. Иностранные студенты, находящиеся в социокультурном пространстве России, имеют такие же психовозрастные и социальные характеристики, что и отечественные студенты, но:

- отличаются социокультурными особенностями (этническими, религиозными, языковыми), поскольку получают высшее образование в нетрадиционной для них образовательной среде в условиях социокультурного пространства чужой страны, культура которой существенно отличается от традиционной культуры их родины;

- в этом пространстве они должны решать комплекс проблем, связанных не только с обучением, но и с необходимостью организации жизнедеятельности, требующей создания комфортных социокультурных условий для их образовательной деятельности и проживания;

- в начале своего пребывания в социокультурном пространстве России иностранные студенты не могут реализовать собственную социальную субъектность в связи с теми проблемами, которые возникают перед ними, поэтому есть смысл рассматривать их как объект социализации.

Моделируя социально-педагогическое сопровождение социализации иностранных студентов, необходимо выяснить его методологическое обоснование, являющееся определением совокупности целей, способов их достижений и планируемых результатов с точки зрения доминирующих ценностных наставлений, что и является научным подходом. Концептуальное положение связано с методологическими основами моделирования социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов, прежде всего как совокупности методологических подходов и принципов социально-педагогического сопровождения их социализации. Методологическое обоснование социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов – комплекс определенных теоретических подходов к реализации педагогического исследования. Концептуальными основами моделирования социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов в образовательно-культурной среде вузов России являются системный, личностно-деятельностный, культурологический, аксиологический, акмеологический, средовой и компетентностный подходы.

Поскольку социально-педагогическое сопровождение социализации иностранных студентов в образовательно-культурной среде вуза рассматриваем как определенную систему, то нельзя обойти вниманием системный подход, предусматривающий объединение усилий всех субъектов сопровождения для достижения его цели – развитие социальности иностранных студентов, которые являются объектами сопровождения. Применение системного подхода в процессе моделирования социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов:

- способствует оптимизации социально-педагогической деятельности по социализации иностранных студентов в образовательно-культурной среде вузов;

- позволяет рассматривать социально-педагогическое сопровождение социализации иностранных студентов как целостную систему, предусматривающую, что все ее компоненты подчиняются единой цели – развитию их социальности в условиях нетрадиционной образовательно-культурной среды;

– делает возможной связь социально-педагогического сопровождения с образовательной культурной средой вуза, реализуемой через включение социально-педагогического сопровождения в эту среду.

Культурологический подход помогает реализовывать социальное воспитание иностранных студентов, которое происходит в процессе межкультурной коммуникации в контексте диалога культур. Этот подход основан на использовании в социальном воспитании иностранных студентов их собственного социокультурного опыта, приобретенного в их родной стране и культуре. Культурологический подход предполагает, что основа социально-педагогической деятельности по социализации иностранных студентов – ориентация на национальные традиции, культурные ценности социума страны обучения. Следовательно, этот подход к моделированию социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов напрямую связан с аксиологическим подходом, условиями которого являются ценностное отношение к любой личности, понимание самореализации личности как смысла человеческой деятельности.

Аксиологический подход позволяет исследовать и проектировать образовательный процесс в соответствии с закономерностями развития ценностей социума и основывается на необходимости учета общечеловеческих и профессиональных ценностей в процессе профессионального и социального становления личности. Аксиологический подход можно рассматривать как один из основных в усилении социальной роли высшего образования, особенно в отношении иностранных студентов. Он реализуется в восприятии, усвоении, принятии или неприятии иностранными студентами ценностей российской культуры. Аксиологический подход в моделировании социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов позволяет учитывать ценности, которые формируются у иностранных студентов в образовательно-культурной среде вузов России, накладываются на общекультурные и профессиональные ценности, сформированные у иностранных студентов в условиях родной культуры и страны. Следовательно, у них формируется собственная система ценностей, обусловленная спецификой межкультурной коммуникации.

Реализация акмеологического подхода в моделировании социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов предполагает обеспечение в этом процессе самореализации внутрен-

него потенциала личности иностранных студентов, самоактуализацию, направление на достижение вершин профессионального и социального развития. Реализация акмеологического подхода к моделированию социально-педагогического сопровождения социализации иностранных студентов создает условия для формирования акмеологической культуры личности, что, в свою очередь, влияет на формирование социально-профессиональной и межкультурной составляющих их социальности. Этот подход помогает определить условия оптимального профессионального и социального развития личности, потенциальные возможности такого развития для каждого человека. Следовательно, иностранным студентам необходимо обеспечить условия выяснения собственной программы саморазвития и самосовершенствования на профессиональном и социальном уровнях. Формирование акмеологического потенциала иностранных студентов в процессе социально-педагогического сопровождения их социализации делает возможной фокусировку на личностном потенциале иностранных студентов, их мотивах, потребностях, ценностных ориентациях, жизненных планах, формировании индивидуальной учебной и социализационной траектории для каждого иностранного студента, позволяет выбрать наиболее продуктивные формы, методы, средства их обучения и социального воспитания.

Авторами были проанализированы данные анкетирования 205 иностранных студентов первого и второго курсов трех вузов. Респондентам предлагалось оценить степень сложности различных аспектов адаптации по 5-балльной шкале. Полученные результаты систематизированы в таблице 1.

Таблица 1

Оценка сложности различных аспектов адаптации иностранными студентами (средний балл)

Аспект адаптации	Оценка сложности
Социокультурная адаптация	3,8
Психологическая адаптация	3,2
Академическая адаптация	2,9
Языковая адаптация	4,5

Как показано в таблице 1, наиболее проблемным моментом для иностранных студентов является овладение русским языком. Языковая адаптация получила максимальную оценку сложности в 4,5 балла. Также высокий уровень сложности (3,8 балла) де-

монстрирует социокультурная адаптация, подразумевающая освоение новой культуры. Несколько ниже оценивается психологическая адаптация – 3,2 балла. Наименее проблематичной для иностранных студентов является академическая адаптация – 2,9 балла. На основании изучения программ и методических материалов по адаптации в трех вузах были выделены следующие основные подходы в каждом из направлений.

Социокультурная адаптация. Все рассмотренные вузы включают в программы адаптации знакомство иностранных студентов с историей и культурой России через лекции и экскурсии. Кроме того, организуются различные культурные мероприятия (фестивали, концерты), позволяющие погрузиться в российскую среду.

Психологическая адаптация. Все вузы проводят тренинги по адаптации, направленные на формирование устойчивости к стрессам и чувства уверенности. Кроме того, в МГУ и СПбГУ работают психологические службы поддержки иностранных студентов.

Языковая адаптация. Все вузы предоставляют интенсивные курсы русского языка перед началом занятий. МГУ и КФУ организуют языковые партнерства для закрепления навыков в повседневном общении.

МГУ и СПбГУ реализуют программу социальных партнеров, при которой каждый иностранный студент получает помощь от российского сверстника (табл. 2).

оценки получили культурные фестивали (68%) и возможность общения со сверстниками-россиянами (65%). Что касается психологической адаптации, то значительная доля респондентов (62%) отметила эффективность тренингов, ориентированных на формирование устойчивости к стрессам. Положительные отзывы получила и работа психологических служб поддержки в МГУ и СПбГУ. Оценивая языковую адаптацию, большинство опрошенных (98%) отметили высокую полезность интенсивных курсов русского языка. Кроме того, 89% студентов, участвовавших в программах языковых партнерств, отметили эффективность данной формы обучения русскому в естественной среде. На основе проведенного анкетного опроса можно сделать вывод об общей эффективности используемых в вузах подходов к адаптации иностранных студентов, ориентированных на комплексное решение возникающих задач.

Несмотря на наличие развитой системы мероприятий по адаптации в российских вузах, по-прежнему существует ряд проблемных аспектов, требующих дальнейшего совершенствования. Во-первых, несмотря на интенсивные языковые курсы, у значительной части иностранных студентов (около 30% по результатам анкетирования) возникают трудности с восприятием лекций и сдачей зачетов на русском языке в течение первого года обучения. Для решения этой проблемы необходимо расширение практик по закреплению языковых навыков в естественной среде, например путем организации дополнительных занятий с носителями языка. Вторым немаловажным вызовом является адаптация иностранных студентов к особенностям российской образовательной системы и методам преподавания. Довольно часто это становится причиной дезадаптации у обучающихся из стран с иными подходами. Для решения данной проблемы целесообразно разработать специальные тренинги по освоению стиля российского преподавания.

Следующий важный момент – необходимость формирования толерантной и инклюзивной среды в вузах. Несмотря на наличие в университетах этнокультурных объединений, 7% опрошенных иностранных студентов сообщили об эпизодах проявления к ним нетерпимости со стороны российских сверстников. Здесь важно проводить профилактическую работу среди всех студентов. Еще одна перспектива – более широкое использование цифровых технологий в адаптации. В частности, можно рассмотреть внедрение онлайн-курсов для дообучения русскому языку на дистанционном этапе, а также раз-

Таблица 2

Участие иностранных студентов в программе социальных партнеров

ВУЗ	Кол-во иностранных участников	Кол-во российских партнеров
МГУ имени Ломоносова	97	97
СПбГУ	83	83
Казанский Федеральный университет	25	25

Для оценки эффективности используемых в вузах методик адаптации были проанализированы результаты анкетирования 205 иностранных студентов.

В частности, респондентов попросили оценить полезность различных мероприятий для социокультурной адаптации. Большинство опрошенных (78%) отметили высокую значимость экскурсионной и лекционной программ по истории и культуре России, позволяющих погрузиться в российское общество. Также положительные

витие мобильных приложений для оказания поддержки иностранным студентам.

Заключение

Образовательно-культурная среда высшего учебного заведения Российской Федерации – это сложное, многокомпонентное образование, которое постоянно меняется в зависимости от культурного контекста страны происхождения иностранного студента, а также является способом существования иностранного студента, уникальной формой бытия иностранных студентов в российском социокультурном пространстве, где создаются условия и возможности для как можно более полного самовыражения их индивидуальности. На основе учета потенциала образовательно-культурной среды применительно к его социально-воспитательным воздействиям на социальное развитие и профессиональное становление иностранных студентов, а также тех видов деятельности, которые реализуются ими в образовательном процессе (как учебном, так и воспитательном), необходимо выделять в структуре образовательно-культурной среды вуза следующие структурные элементы: кросс-культурный, организационно-технологический, учебно-профессиональный, социально-воспитательный. Образовательно-культурная среда вуза как социокультурный феномен связана с социальными ценностями и нормами, которые и формируются в образовательном процессе. Именно в образовательной культурной среде вуза происходит взаимодействие между субъектами образовательного процесса, осуществляются овладение социальным опытом, самоактуализация и самореализация личностного потенциала иностранного студента, удовлетворение личностных потребностей молодого человека; создаются условия для профессионального становления личности, а также для ее социализации.

Результатом социального воспитания как социально контролируемой социализации иностранных студентов в образовательно-культурной среде вуза предлагаем рассматривать социальность, которая реализуется в межкультурной и социально-профессиональной составляющих. Становление социальности иностранных студентов происходит в контексте межкультурной коммуникации, в которой на эффективность формирования готовности иностранных студентов влияют такие факторы, как уровень владения языком обучения и культурологические и страноведческие знания, личный опыт общения в новых условиях, уровень коммуникативных умений, усвоение моделей поведения в другой культурной среде.

В соответствии с особенностями иностранных студентов как субъектов и объектов образовательного процесса и процесса социализации, необходимо создавать условия для их более быстрой социальной адаптации и эффективной социальной интеграции в российский социум и образовательную культурную среду высшего учебного заведения с учетом их интересов, потребностей, а также особенностей процесса аккультурации и стадий протекания «культурного шока» в контексте межкультурной коммуникации как формы взаимодействия иностранных студентов и представителей российского социума.

Проведенное исследование позволило достаточно полно проанализировать систему адаптации иностранных студентов в российских вузах. Однако ряд вопросов требует более детального обсуждения. Необходимо рассмотреть в большей степени такой важный аспект, как социокультурная адаптация. Как показал анализ, это одно из наиболее сложных направлений для иностранных студентов. В российских вузах данному аспекту уделяется системное внимание, однако мероприятия в основном носят информативный характер (лекции, экскурсии). При этом социокультурная адаптация в значительной степени зависит от уровня погружения в естественную среду. В связи с этим целесообразно рассмотреть возможность расширения практики языковых партнерств и стажировок, позволяющих иностранным студентам приобщиться к подлинной русской культуре в повседневном взаимодействии.

Важно также уделить больше внимания психологической поддержке иностранных обучающихся. В настоящее время во многих вузах эта работа сводится к однократным информативным тренингам. При этом, как показывает практика, дезадаптация может носить скрытый характер и проявляться не сразу. В связи с этим целесообразно предусмотреть регулярные индивидуальные и групповые консультации со стороны психологов.

Языковая адаптация также требует более тонкой проработки. Интенсивные курсы позволяют овладеть базовыми навыками общения, однако для успешного обучения по программе необходим более высокий уровень владения языком. В связи с этим целесообразно разработать программу последипломного обучения русскому языку, включающую дистанционное самообучение с промежуточной аттестацией.

Отдельного внимания заслуживает проблема адаптации к российской образовательной системе. Методы преподавания

и оценивания знаний в различных странах имеют свои особенности. В связи с этим рекомендуется включить в программы адаптации специальные тренинги и практические занятия, знакомящие иностранных студентов с особенностями российского образовательного процесса. Еще один важный момент – создание благоприятной социальной среды. В российских вузах действуют этнокультурные объединения, однако этого недостаточно для формирования полноценной инклюзивной среды. Важно обеспечить проведение профилактических мероприятий, направленных на развитие толерантного мышления у всей студенческой общности.

Некоторые методы, используемые университетами для помощи в адаптации, доказали свою эффективность, в частности проведение историко-культурных лекций и экскурсий, тренингов по стрессоустойчивости, комплексные курсы русского языка и программы социального партнерства. Тем не менее, в существующих методологиях обнаружены определенные недостатки. К таким недостаткам относятся недостаточное владение русским языком, несмотря на интенсивные курсы, проблемы с погружением в методику и особенности преподавания вуза, а также потребность в более комплексной, утверждающей университетской среде. Таким образом, необходимы дополнительные усилия и новые подходы, направленные на решение этих насущных проблем.

В целях усиления интеграции иностранных студентов в российские академические учреждения следует подчеркнуть увеличение языкового партнерства. Кроме того, необходимо внедрить дополнительные курсы с носителями языка и целевую подготовку по адаптации к обучению на русском языке, а также усилить программы психологической поддержки студентов. Важным фактором облегчения процесса

адаптации является применение цифровых технологий, в частности внедрение онлайн-курсов для дальнейшего повышения уровня владения русским языком и мобильных приложений для помощи иностранным обучающимся.

Список литературы

1. Ханафеева А.М. Особенности социокультурной адаптации иностранных студентов к образовательному пространству регионального вуза // *Современные проблемы науки и образования*. 2023. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32774> (дата обращения: 22.11.2023).
2. Береговая О.А., Лопатина С.С., Отургашева Н.В. Тьюторское сопровождение как инструмент социокультурной адаптации иностранных студентов в российском вузе // *Высшее образование в России*. 2020. № 1. С. 156-165.
3. Стаценко А.Н., Самохина О.В. Проблемы адаптации иностранных студентов при обучении в России // *Евразийское научное объединение*. 2019. № 12-6. С. 464-465.
4. Григорьева Н.Г., Дрюцкая С.М. Современная проблема адаптации иностранных студентов в российском вузе // *Тверской медицинский журнал*. 2023. № 2. С. 36-38.
5. Белоглазов А.А., Белоглазова Л.Б., Антонова Н.А., Исаева М.Д. Проблема социокультурной адаптации иностранных студентов в условиях цифровизации образования // *Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования*. 2023. № 2. С. 73-82.
6. Бусурина Е.В., Куралева И.Р. Ранний этап адаптации иностранных студентов: задачи и их решение // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Гуманитарные и общественные науки*. 2018. № 3. С. 107-115.
7. Пряехо А.А., Степченко Т.А., Тонких А.П. Современные факторы эффективности процесса обучения // *Управление образованием: теория и практика*. 2023. № 9. С. 166-171.
8. Бортникова Л.В., Наговицын Р.С. Роль студента-тьютора в адаптации иностранных студентов // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. 2023. № 7. С. 49-51.
9. Кошелева Е.Ю., Алхади Ахмед М.А. Иностраннный студент и ВУЗ: практики социокультурной адаптации // *Вестник по педагогике и психологии Южной Сибири*. 2020. № 3. С. 133-143.
10. Березовский А.В., Улюкин И.М., Болахан В.Н., Орлова Е.С. Адаптация иностранных студентов к подготовке в многонациональном вузе // *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2019. № 3. С. 221-225.