



ИД «Академия Естествознания»

**СОВРЕМЕННЫЕ
НАУКОЕМКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ**

Научный журнал

№ 7 2024



**MODERN
HIGH
TECHNOLOGIES**

Scientific journal

No. 7 2024



PH Academy of Natural History

Современные наукоемкие технологии

Научный журнал

Журнал издается с 2003 года.

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

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

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

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

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

Технический редактор

Доронкина Е.Н.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

Корректор

Галенкина Е.С.,

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Дудкина Н.А.

д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.г.-м.н., проф. Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф. Алоев В.З. (Нальчик); д.т.н., доцент, Аршинский Л.В. (Иркутск); д.т.н., проф. Ахтулов А.Л. (Омск); д.т.н., проф. Баёв А.С. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Баубеков С.Д. (Тараз); д.т.н., проф. Беззубова М.М. (Санкт-Петербург); д.п.н., проф. Безрукова Н.П. (Красноярск); д.т.н., доцент, Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.т.н., доцент, Бессонова Л.П. (Воронеж); д.п.н., доцент, Бобыкина И.А. (Челябинск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.п.н., проф. Бутов А.Ю. (Москва); д.т.н., доцент, Быстров В.А. (Новокузнецк); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.т.н., проф. Герман-Галкин С.Г. (Щецин); д.т.н., проф. Германов Г.Н. (Москва); д.т.н., проф. Горбатюк С.М. (Москва); д.т.н., проф. Гоц А.Н. (Владимир); д.п.н., проф. Далингер В.А. (Омск); д.псх.н., проф. Долгова В.И. (Челябинск); д.э.н., проф. Делятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.псх.н., проф. Дубовицкая Т.Д. (Сочи); д.т.н., доцент, Дубровин А.С. (Воронеж); д.п.н., проф. Евтушенко И.В. (Москва); д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.т.н., проф. 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. Ижуктин В.С. (Москва); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.п.н., проф. Качалова Л.П. (Шадринск); д.псх.н., доцент, Кибальченко И.А. (Таганрог); д.п.н., проф. Клемантович И.П. (Москва); д.п.н., проф. Козлов О.А. (Москва); д.т.н., проф. Козлов А.М. (Липецк); д.т.н., доцент, Козловский В.Н. (Самара); д.т.н., доцент, Красновский А.Н. (Москва); д.т.н., проф. Крупенин В.Л. (Москва); д.т.н., проф. Кузьякина 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.п.н., проф. Надеждин Е.Н. (Тула); д.ф.-м.н., проф. Никонов Э.Г. (Дубна); д.т.н., проф. Носенко В.А. (Волгоград); д.т.н., проф. Осипов Г.С. (Ожно-Сахалинск); д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Петрова И.Ю. (Астрахань); д.т.н., проф. Пивень В.В. (Тюмень); д.э.н., проф. Потышняк Е.Н. (Харьков); д.т.н., проф. Пузырьков А.Ф. (Москва); д.п.н., проф. Рахимбаева И.Э. (Саратов); д.п.н., проф. Резанович И.В. (Челябинск); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.т.н., проф. Рогов В.А. (Москва); д.т.н., проф. Санинский В.А. (Волжский); д.т.н., проф. Сердобинцев Ю.П. (Волгоградский); д.э.н., проф. Сихимбаев М.Р. (Караганда); д.т.н., проф. Скрыпник О.Н. (Иркутск); д.п.н., проф. Собянин Ф.И. (Белгород); д.т.н., проф. Страбькин Д.А. (Киров); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ф.-м.н., проф. Тактаров Н.Г. (Саранск); д.п.н., доцент, Тутолмин А.В. (Глазов); д.т.н., проф. Умбетов У.У. (Кызылорда); д.м.н., проф. Фесенко Ю.А. (Санкт-Петербург); д.п.н., проф. Хола Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., проф. Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., проф. Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., проф. Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., проф. Шарафеев И.Ш. (Казань); д.т.н., проф. Шишков В.А. (Самара); д.т.н., проф. Шипицын А.Г. (Челябинск); д.т.н., проф. Яблокова М.А. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент, Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург)

ISSN 1812–7320

Электронная версия: top-technologies.ru/ru

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

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,940

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,355

Периодичность

12 номеров в год

Учредитель, издатель и редакция

ООО ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес

105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя

440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Типография

ООО «НИЦ Академия Естествознания»

410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

E-mail

edition@rae.ru

Телефон

+7 (499) 705-72-30

Подписано в печать

31.07.2024

Дата выхода номера

30.08.2024

Формат

60x90 1/8

Усл. печ. л.

23,5

Тираж

1000 экз.

Заказ

СНТ 2024/7

Распространяется по свободной цене

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

Modern high technologies

Scientific journal

The journal has been published since 2003.

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

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

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

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

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

CHIEF EDITOR

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

Technical editor

Doronkina E.N.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

Corrector

Galenkina E.S.,

EDITORIAL BOARD

Dudkina N.A.

D.Sc., Prof. A. Aidov (Almaty); D.Sc., Prof. S.V. Alekseev (Irkutsk); D.Sc., Prof. V.Z. Alov (Nalchik); D.Sc., Docent L.V. Arshinsky (Irkutsk); D.Sc., Prof. A.L. Akhtulov (Omsk); D.Sc., Prof. A.S. Bajov (St. Petersburg); D.Sc., Prof. S.D. Baubekov (Taraz); D.Sc., Prof. M.M. Bezzubtseva (St. Petersburg); D.Sc., Prof. N.P. Bezrukova (Krasnoyarsk); D.Sc., Docent V.V. Belozarov (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent Bessonova L.P. (Voronezh); D.Sc., Docent Bobykina I.A. (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. Bondarev V.I. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Butov A.Y. (Moscow); D.Sc., Docent Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Docent Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Docent Gavrilov V.I. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Gavrilov V.I. (Moscow); D.Sc., Prof. Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Prof. A.I. Gavrishin (Novocherkassk); D.Sc., Prof. S.G. Germanov-Galkin (Szczecin); D.Sc., Prof. G.N. Germanov (Moscow); D.Sc., Prof. S.M. Gorbatyuk (Moscow); D.Sc., Prof. A.N. Gotz (Vladimir); D.Sc., Prof. Dalinger V.A. (Omsk); D.Sc., Prof. Dolgova V.I., (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. Dolyatovsky V.A. (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. A.F. Dresvyannikov (Kazan); D.Sc., Prof. T.D. Dubovitskaya (Sochi); D.Sc., Docent I.V. Evtushenko (Moscow); D.Sc., Prof. N.F. Efremova (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. A.I. Zavrzhnov (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	31.07.2024	Number issue date	30.08.2024
Format	60x90 1/8	Conditionally printed sheets	23,5
Circulation	1000 copies	Order	CHT 2024/7

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ ОНЛАЙН-КУРСОВ <i>Буткина А.А., Егоров М.С.</i>	10
ИССЛЕДОВАНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ И РЕАЛИЗАЦИИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА НА ЯЗЫКЕ PYTHON <i>Вотякова Л.Р., Зотин А.В.</i>	16
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА КОРМОВОЙ ЧАСТИ ТЕЛА АХМЕДА НА ЕГО ЗАГРЯЗНЕНИЕ <i>Катаева Л.Ю.</i>	22
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИММЕРСИВНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ <i>Курзаева Л.В., Курзаев Д.О., Корнев Р., Майоров П.Е., Егоров М.И.</i>	28
СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В ПРЕДЕЛАХ ЗАДАННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ <i>Полицук В.И., Шувалова А.А.</i>	34
ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ <i>Попов С.А., Фальков Г.А.</i>	40
ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В УПРАВЛЕНИИ: ОТРАСЛЕВАЯ СПЕЦИФИКА И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ <i>Столяров А.Д., Гордеев В.В., Абрамов В.И.</i>	48
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА АПОСТЕРИОРНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ <i>Тихонов М.Р., Акуленок М.В., Шикуча О.С.</i>	55
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЕМ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ <i>Фирер А.В., Киргизова Е.В., Копейкин А.А., Шелкунов П.А.</i>	60
НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРБОНОВЫХ РЕЗИСТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ <i>Шелехов И.Ю., Шелехова А.И.</i>	67
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Щербакова Д.В., Мамедгулиев Р.И.</i>	72

Трибологические свойства графита, графена и фторографита, фторографена <i>Юров В.М., Жангозин К.Н., Гончаренко В.И., Олешко В.С.</i>	81
Автоматизация технологического процесса досвечивания растений <i>Юшков И.С., Гришин В.В., Сиркин К.К.</i>	88
Программное обеспечение установки микродугового оксидирования для сопровождения научных исследований <i>Яценко В.М., Константинов И.С., Федоров В.И., Маматов А.В.</i>	94

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

СТАТЬИ

Скрайбинг в обучении аналитической химии <i>Агафонова И.П., Безрукова Н.П., Агафонова Н.В.</i>	101
Технология организации самостоятельной работы как средство формирования универсальных компетенций аспирантов медицинского вуза <i>Алтатова А.И.</i>	107
Преимущества использования практико- ориентированных задач в образовательном процессе на примере дисциплины «Физика» <i>Аношина О.В., Шумихина К.А.</i>	112
Развитие финансовой грамотности бакалавров педагогического образования <i>Бочков Д.В.</i>	118
Специфика государственной итоговой аттестации в образовательном процессе по специальности 55.05.01 «Режиссура кино и телевидения» <i>Быкова Н.И.</i>	126
Феномен добровольческой (волонтерской) деятельности в интерпретации теоретиков и практиков современного образования <i>Веденеева Г.И., Шкурина Л.А.</i>	132
Педагогическая технология формирования проектно-исследовательской компетентности обучающихся в условиях центра образования естественно-научного и технологического профилей <i>Денисенко Е.Г., Ребро О.В., Ушаков А.А., Хашумова А.В.</i>	138
Концепция оценки подготовки преподавателей музыки на основе междисциплинарного принципа <i>И. Лянвэнь, Резер Т.М.</i>	143

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО
КОМПОНЕНТА ЧУВСТВА ПАТРИОТИЗМА У СОТРУДНИКОВ
РОССИЙСКОЙ ПОЛИЦИИ

Кипреев С.Н., Глуценко О.П., Гизатулина В.Х., Гюрджян Г.А. 151

ОБУЧЕНИЕ АНАЛИЗУ ЗАПИСИ ЧИСЕЛ И ПРОВЕРКЕ ИХ ДЕЛИМОСТИ
В ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON В ШКОЛЕ

Козлов С.В., Быков А.А. 157

ФОРМИРОВАНИЕ У СТУДЕНТОВ ВУЗА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
О ТОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ

Краснощечков В.В., Семенова Н.В., Аббас А., Шиб Х. 163

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ШКОЛОЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Максимова Н.А. 171

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК БАЗОВАЯ КАТЕГОРИЯ
ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ТЕХНИКИ
И ТЕХНОЛОГИЙ

Штагер Е.В., Зацаринная Т.А. 176

Технические науки (1.1.7)

СТАТЬЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ДВУХРЯДНОГО
ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА ВНУТРЕННЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ
С ЭЛЛИПТИЧЕСКИМИ ШЕСТЕРНЯМИ НА САТЕЛЛИТЕ

Приходько А.А., Поливода Н.А., Щетинин М.М. 181

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

DESIGN OF A KNOWLEDGE CONTROL MODULE FOR A SOFTWARE INFORMATION SYSTEM FOR CREATION OF ONLINE COURSES <i>Butkina A.A., Egorov M.S.</i>	10
STUDY OF IDENTIFICATION AND IMPLEMENTATION OF A MULTI-PARAMETER CONTROLLER IN PYTHON <i>Votyakova L.R., Zotin A.V.</i>	16
NUMERICAL MODELING OF THE INFLUENCE OF THE ANGLE OF INCLINATION OF THE AKHMED'S AFT BODY ON ITS POLLUTION <i>Kataeva L.Yu.</i>	22
ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF IMMERSIVE LEARNING TOOLS <i>Kurzaeva L.V., Kurzaev D.O., Kornev R., Mayorov P.E., Egorov M.I.</i>	28
SYNTHESIS OF THE INTELLECTUAL AUTOMATED CONTROL SYSTEM BY ELECTRIC POWER TRANSPORT ON ELECTRIC MAINS WITHIN THE SET THROUGHPUT <i>Polischuk V.I., Shuvalova A.A.</i>	34
FEATURES OF CONSTRUCTING A SIMULATION MODEL OF A STATE OBSERVER FOR VECTOR CONTROL SYSTEMS OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE <i>Popov S.A., Falkov G.A.</i>	40
DIGITAL TWINS IN MANAGEMENT: INDUSTRY SPECIFICS AND PRACTICAL ASPECTS OF CREATION <i>Stolyarov A.D., Gordeev V.V., Abramov V.I.</i>	48
DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CALCULATING THE APOSTERIOR PROBABILITY OF FAILURE-FREE OPERATION OF EQUIPMENT IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS <i>Tikhonov M.R., Akulenok M.V., Shikula O.S.</i>	55
WEB APPLICATION FOR SCHEDULE MANAGEMENT IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION <i>Firer A.V., Kirgizova E.V., Kopeikin A.A., Shelkunov P.A.</i>	60
NEW EQUIPMENT FOR STABILIZATION OF ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF CARBON RESISTIVE ELEMENTS <i>Shelekhov I.Yu., Shelekhova A.I.</i>	67
DIGITAL TRANSFORMATION OF THE MANUFACTURING PROCESS OF LIGHT INDUSTRY TEXTILE PRODUCTS <i>Shcherbakova D.V., Mamedguliev R.I.</i>	72
TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF GRAPHITE, GRAPHENE AND FLUOROGRAPHITE, FLUOROGRAPHENE <i>Yurov V.M., Zhangozin K.N., Goncharenko V.I., Oleshko V.S.</i>	81

AUTOMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS
OF ADDITIONAL ILLUMINATION OF PLANTS

Yushkov I.S., Grishin V.V., Sirkin K.K. 88

MICRO-ARC OXIDATION INSTALLATION SOFTWARE
TO SUPPORT SCIENTIFIC RESEARCH

Yatsenko V.M., Konstantinov I.S., Fedorov V.I., Mamatov A.V. 94

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

ARTICLES

SCRIBING IN TEACHING ANALYTICAL CHEMISTRY

Agafonova I.P., Bezrukova N.P., Agafonova N.V. 101

THE TECHNOLOGY OF ORGANIZING INDEPENDENT WORK
AS A MEANS OF FORMING UNIVERSAL COMPETENCIES
OF GRADUATE STUDENTS OF A MEDICAL UNIVERSITY

Alpatova A.I. 107

ADVANTAGES OF USING PRACTICE-ORIENTED TASKS
IN THE EDUCATIONAL PROCESS ON THE EXAMPLE OF PHYSICS

Anoshina O.V., Shumikhina K.A. 112

DEVELOPMENT OF FINANCIAL LITERACY OF BACHELORS
OF PEDAGOGICAL EDUCATION

Bochkov D.V. 118

SPECIFICITY OF THE STATE FINAL CERTIFICATION
IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN SPECIALTY
55.05.01 «FILM AND TELEVISION DIRECTING»

Bykova N.I. 126

THE PHENOMENON OF VOLUNTARY (VOLUNTEER)
ACTIVITY IN THE INTERPRETATION OF THEORISTS
AND PRACTITIONERS OF MODERN EDUCATION

Vedeneeva G.I., Shkurina L.A. 132

PEDAGOGICAL TECHNOLOGY FOR THE FORMATION
OF DESIGN AND RESEARCH COMPETENCE OF STUDENTS
IN THE CONDITIONS OF THE CENTER OF EDUCATION
OF NATURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY PROFILES

Denisenko E.G., Rebro O.V., Ushakov A.A., Khashumova A.V. 138

CONCEPT OF EVALUATING MUSIC TEACHER TRAINING
BASED ON AN INTERDISCIPLINARY PRINCIPLE

I Lianwen, Rezer T.M. 143

SOME FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE BEHAVIORAL
COMPONENT OF A SENSE OF PATRIOTISM AMONG RUSSIAN POLICE

Kipreev S.N., Glushchenko O.P., Gizatulina V.Kh., Gyurdzhyan G.A. 151

LEARNING TO ANALYZE NUMBER RECORDING AND CHECK THEIR
DIVISIBILITY IN THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE AT SCHOOL

Kozlov S.V., Bykov A.A. 157

FORMING THE CONCEPT OF ERROR AND RELIABILITY OF PROBABILITY ASSESSMENT FOR UNIVERSITY STUDENTS <i>Krasnoshchekov V.V., Semenova N.V., Abbas A., Shbib H.</i>	163
FEATURES OF THE DEVELOPMENT AND USE OF AUTOMATED SCHOOL MANAGEMENT SYSTEMS IN THE EDUCATIONAL PROCESS <i>Maksimova H.A.</i>	171
DIAGNOSTIC MODEL AS A BASIC CATEGORY OF TRAINING OF SPECIALISTS IN THE SPHERE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY <i>Shtager E.V., Zatcarinnaya T.A.</i>	176

Technical sciences (1.1.7)

ARTICLES

STUDY OF THE POSITION FUNCTION OF A DOUBLE-ROW PLANETARY INTERNAL GEAR MECHANISM WITH ELLIPTICAL GEARS ON A SATELLITE <i>Prikhodko A.A., Polivoda N.A., Schetin M.M.</i>	181
---	-----

СТАТЬИ

УДК 004.42:004.415.2
DOI 10.17513/snt.40078

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОЗДАНИЯ ОНЛАЙН-КУРСОВ

Буткина А.А., Егоров М.С.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва», Саранск,
e-mail: butkinaaa@gmail.com

В настоящее время во всем мире в целом и в нашей стране в частности активно протекают процессы цифровой трансформации образования, призванные обеспечить максимальное использование образовательного потенциала цифровых технологий. Одним из основных направлений данной трансформации является автоматизация процессов контроля получаемых обучающимися знаний, а также проверка приобретенных ими умений и практических навыков. В статье описываются результаты проведенного авторами исследования, целью которого является проектирование модуля контроля знаний для программно-информационной системы, предназначенной для создания онлайн-курсов в области программирования на языках высокого уровня. Данный программный модуль позволит в будущем реализовать эффективную и удобную платформу для создания тестов, проверяющих знания обучающихся по пройденному материалу курсов, включая задания на написание программного кода. Статья содержит описание основных требований, предъявляемых к современным модулям контроля знаний. В статье описаны основные типы вопросов, которые будут использоваться в модуле контроля знаний, а также способы их оценки, которые были выбраны на основании проведенного анализа. Приведен выбранный авторами стек технологий для разработки описанного модуля, позволяющий обеспечить безопасность и конфиденциальность пользовательских данных, а также высокую производительность и масштабируемость системы по результатам анализа существующих инструментов разработки в данной области. Продемонстрирована построенная структура баз данных на PostgreSQL и MongoDB. Полученные в ходе исследования результаты будут использованы авторами при дальнейшей реализации данного модуля с использованием описанного стека технологий.

Ключевые слова: образование, веб-приложение, проектирование, контроль знаний, типы вопросов, база данных

DESIGN OF A KNOWLEDGE CONTROL MODULE FOR A SOFTWARE INFORMATION SYSTEM FOR CREATION OF ONLINE COURSES

Butkina A.A., Egorov M.S.

National Research Mordovia State University, Saransk, e-mail: butkinaaa@gmail.com

Nowadays all over the world in general, and in our country in particular, processes for the digital transformation of education are actively taking place, designed to ensure maximum use of the educational potential of digital technologies. One of the main directions of this transformation is the automation of processes for monitoring the acquired knowledge, as well as the assessment the abilities and practical skills students have learned. The article describes the results of investigation carried out by the authors, the purpose of which is to design a knowledge control module for a software information system designed for creating online courses in high-level programming languages. This software module will make it possible in the future to implement an effective and convenient platform for creating tests that test students' knowledge of the course material, including tasks for writing computer code. The article contains a description of the basic requirements for modern knowledge control modules. The article describes the main types of questions that will be used in the knowledge control module, as well as ways for assessing them, which were selected based on the analysis. The tech stack chosen by the authors for the development of the described module is presented, which allows ensuring the security and confidentiality of user data, as well as high performance and scalability of the system based on the results of an analysis of existing development tools in this area. The constructed structure of databases on PostgreSQL and MongoDB is demonstrated. The results obtained during the investigation will be used by the authors in the further implementation of this module using the described tech stack.

Keywords: education, web application, design, knowledge control, question types, database

Введение

В эпоху стремительного развития информационных технологий системы дистанционного обучения и создания онлайн-курсов становятся все более популярными и важными в сфере образования. Они позволяют обеспечить широкий доступ к качественному образованию и преодолеть географические и временные барьеры. Несомненно, что ключевым компонентом таких

систем является модуль контроля знаний, который позволяет оценивать успеваемость обучающихся, предоставлять обратную связь и адаптировать образовательный контент курсов. Необходимость постоянного усовершенствования программных решений при реализации дистанционного обучения, особенно в части контроля и оценки приобретенных обучающимися знаний и практических навыков, для достижения

более высоких показателей эффективности и качества образования обуславливает актуальность проводимого авторами исследования, **целью** которого является проектирование модуля контроля знаний для программно-информационной системы, предназначенной для создания онлайн-курсов в области программирования на языках высокого уровня. Разрабатываемый авторами модуль при внедрении в онлайн-курсы позволит отслеживать усвоение материала обучающимися, оценивать приобретенные практические навыки программирования на языках высокого уровня для студентов инженерных специальностей, а также проверять эффективность учебного процесса в целом, что определяет практическую ценность выполняемой работы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать требования к современным модулям контроля знаний;
- установить основные типы используемых вопросов и способы их оценки;
- выбрать стек технологий, наиболее подходящий для реализации данного модуля;
- спроектировать базу данных рассматриваемого модуля.

Материалы и методы исследования

После выполнения постановки задачи исследования были проанализированы и выявлены следующие основные требования, предъявляемые к модулям контроля знаний:

1. Многоформатность оценки. Модуль должен поддерживать широкий спектр форматов тестовых заданий, включая выбор одного ответа, выбор нескольких, проверку кода с помощью его автоматизированного тестирования (для курсов в сфере программирования), соответствие, последовательности, короткие ответы и др. Это обеспечит более объективную оценку знаний обучающихся, а использование системы автоматизированного тестирования решений задач по программированию дополнительно позволит проверить профессиональные навыки и умения на языках высокого уровня [1].

2. Развитая аналитика. Сбор и анализ данных об успехах обучающихся в процессе обучения позволит преподавателям отслеживать прогресс студентов и своевременно вносить необходимые коррективы, а также обеспечивает формирование необходимой отчетности [2].

3. Гибкость и масштабируемость. Модуль должен быть легко интегрирован с любой другой системой.

4. Интуитивно понятный интерфейс. Особое внимание должно быть уделено раз-

работке пользовательского интерфейса, который должен быть удобным и эргономичным, что позволит повысить эффективность взаимодействия обучающихся и преподавателей с системой и не оттолкнет пользователей, на которых система ориентирована.

Далее были изучены основные типы вопросов, которые могут применяться в современных системах дистанционного обучения. В настоящее время используется множество различных типов вопросов, каждый из которых обладает своими уникальными характеристиками и достоинствами, при этом в разных программных решениях по контролю знаний обучающихся выбирают свои типы заданий [3–5]. Некоторые авторы даже разрабатывают новые типы заданий для контроля навыков по программированию [6] и предлагают собственные методики проведения контроля знаний [7].

При проектировании разрабатываемого модуля авторы выбрали следующие вопросы, которые будут использоваться в модуле контроля знаний, и способы их оценки:

1. Вопросы с одним вариантом ответа – это вопросы, требующие от обучающегося выбрать правильный ответ из нескольких вариантов. Этот тип вопросов характеризуется простотой и быстротой ответа, что позволяет быстро оценить знание конкретных фактов или концепций. Такие вопросы обычно оцениваются в 1–2 балла, в зависимости от сложности.

2. Вопросы с множественным выбором предлагают обучающимся выбрать несколько правильных ответов из нескольких предложенных вариантов. Эти вопросы дают более глубокую оценку знаний студента по определенной теме и помогают развить у студентов критическое мышление и аналитические навыки. Обычно эти вопросы оцениваются в 2–5 баллов в зависимости от количества правильных ответов и сложности вопросов.

3. Вопросы на последовательность означают, что обучающиеся должны расположить элементы в правильном порядке. Этими элементами могут быть события, этапы процесса или логические элементы. Этот тип теста оценивает понимание студентом логики и последовательности процессов и поэтому полезен как для технических, так и для гуманитарных предметов. В зависимости от сложности и количества вопросов оценки за такие задания варьируются от 3 до 6.

4. Вопросы на соответствие требуют от обучающихся сопоставить элементы из двух списков, например термины и их определения, события и даты, вопросы и ответы.

Этот тип вопросов эффективно проверяет знания по сопоставлению и ассоциациям, охватывая большой объем материала в одном вопросе. Как правило, задания оцениваются в 2–4 балла.

5. Текстовые вопросы требуют от обучающихся написать короткие или длинные ответы на вопросы. Такие вопросы оценивают глубину понимания темы и могут использоваться для проверки как теоретических знаний, так и практических навыков. Эти вопросы сложны и обычно требуют ручной проверки. В зависимости от длины и сложности вопроса текстовые ответы оцениваются от 5 до 10 баллов.

6. Тесты с написанием кода на требуемом языке программирования высокого уровня используются для контроля знаний в области программирования. Обучающимся необходимо написать или исправить код для выполнения конкретной задачи. Данный тип вопросов эффективно применяется для контроля приобретенных практических навыков и умений программирования, проверяя умение писать код, исправлять ошибки и понимать логику компьютерной программы. В зависимости от сложности формулировки задания и требований, предъявляемых к коду, задания указанного типа обычно оцениваются от 5 до 10 баллов.

Каждый из описанных выше типов вопросов играет важную роль в процессе обучения, а их правильное сочетание в разрабатываемом модуле позволит обеспечить комплексную и объективную систему оценки успеваемости.

После проведенного анализа требований к модулю знаний и выявления основных реализуемых типов вопросов был выбран стек технологий разработки модуля. Чтобы обеспечить высокую производительность, гибкость в разработке и легкость поддержки, было принято решение использовать следующие инструменты:

1. Для написания бэкенда системы был выбран Spring Framework. Данный фреймворк позволяет создавать масштабируемые и надежные приложения, помогая писать код в парадигме аспектно-ориентированного программирования.

2. Для фронтенд разработки был выбран фреймворк Flutter, позволяющий создавать кроссплатформенные приложения. Его основные принципы работы базируются на принципах компонентной архитектуры и использовании единого кода для разработки приложений под различные платформы. Также данный фреймворк предоставляет широкий выбор виджетов и инструментов для создания красивого

и функционального пользовательского интерфейса, что, несомненно, является одним из его преимуществ.

3. Для хранения информации об онлайн-курсах была выбрана документоориентированная нереляционная кроссплатформенная система управления базами данных (СУБД) MongoDB. Главными преимуществами данной СУБД являются гибкая система хранения информации, легкая масштабируемость, надежность и быстрота обработки запросов.

4. Для хранения данных пользователей была выбрана объектно-реляционная СУБД PostgreSQL. Данная СУБД предлагает пользователям реализацию различных уровней безопасности, транзакционность, поддержку многопоточности, параллелизма и репликацию.

При проектировании программно-информационной системы было решено использовать оба типа СУБД (NoSQL и SQL) в зависимости от структуры данных, целей и вариантов работы с ними для обеспечения комплексного подхода, который позволяет максимально оптимально работать с любыми данными.

Результаты исследования и их обсуждение

На заключительном этапе исследования выполнялось построение базы данных системы. Схема базы данных, созданной в PostgreSQL, для хранения информации о пользователях онлайн-курсов представлена на рис. 1.

Спроектированная база данных на PostgreSQL состоит из трех таблиц:

1) таблицы «user», которая хранит основную информацию о пользователях (уникальный идентификатор пользователя, его полное имя, тип, описание, а также логин и пароль для доступа к системе);

2) таблицы «user_tokens», которая управляет токенами доступа и обновления пользователя (содержит информацию об уникальном идентификаторе токена, идентификаторе пользователя, связанного с токеном, токены доступа и обновления, а также дату истечения срока действия токена доступа);

3) таблицы «user_courses», которая отображает связи между пользователями и курсами, которые они проходят.

Опишем приведенные на рис. 1 связи между таблицами:

– связь между таблицами "user_tokens" и "user" связывает токены с конкретными пользователями через "user_id";

– связь между таблицами "user_courses" и "user" определяет, какие курсы доступны для каждого пользователя.

Спроектированная база данных на MongoDB состоит из коллекций и вложенных классов, наглядно представленных на рис. 2 (информация об онлайн-курсах) и рис. 3 (информация о модуле контроля знаний).

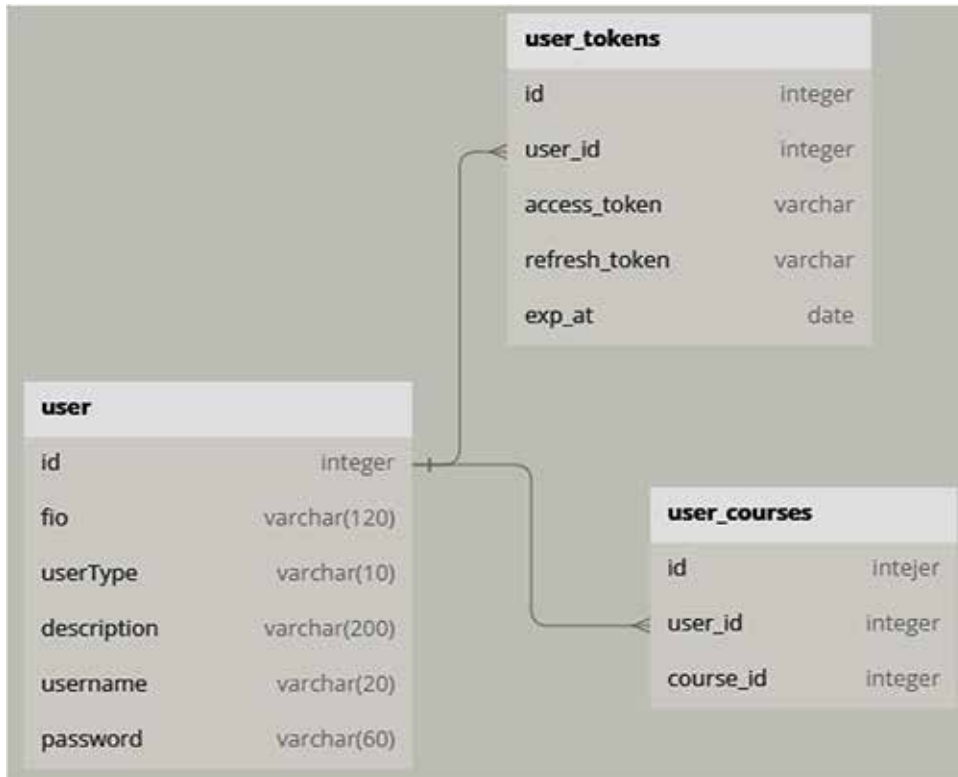


Рис. 1. Схема базы данных на PostgreSQL

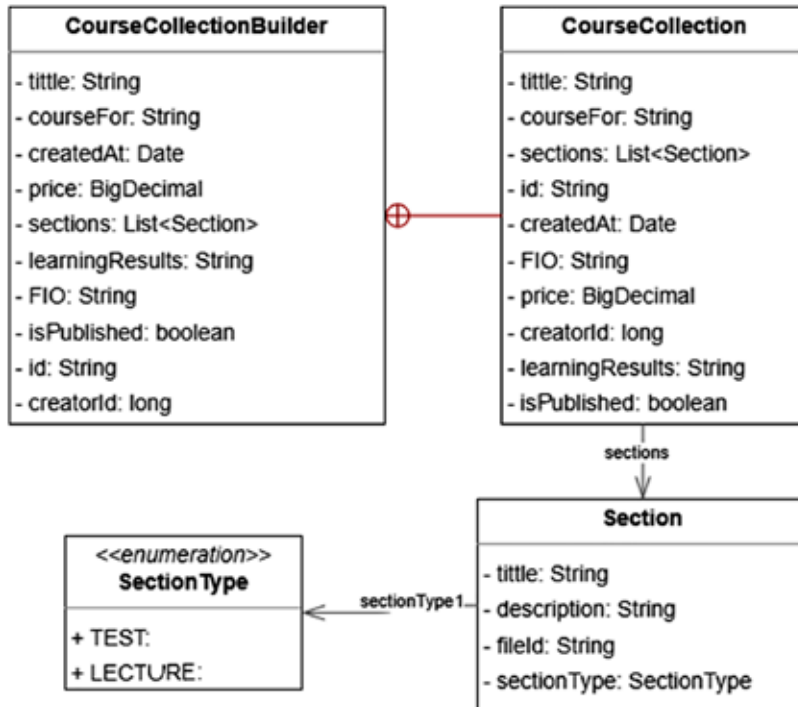


Рис. 2. Схема базы данных на MongoDB (course)

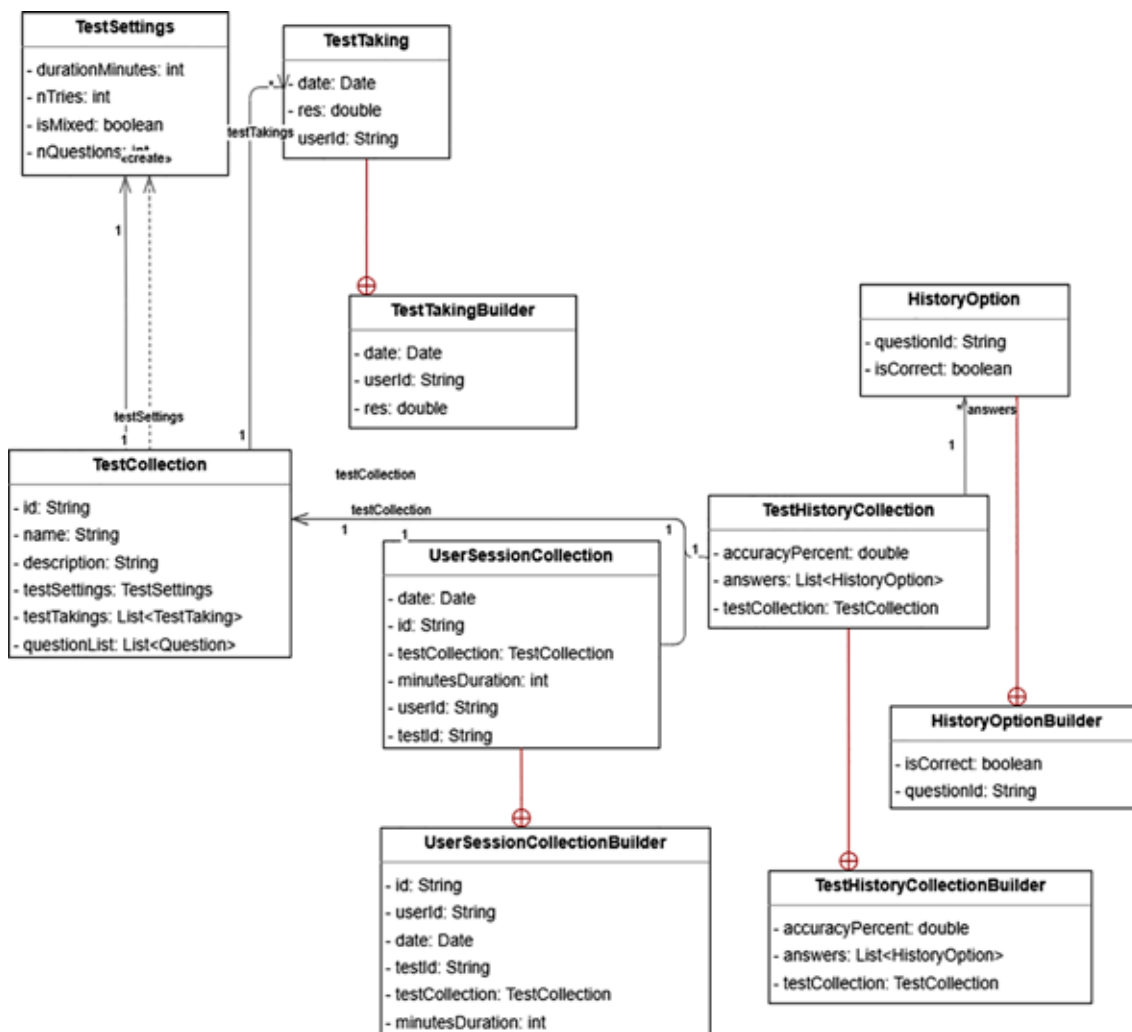


Рис. 3. Схема базы данных на MongoDB (test)

Рассмотрим более подробно основные элементы базы данных на MongoDB, необходимые для реализации модуля контроля знаний (рис. 3):

1) коллекция TestCollection хранит основную информацию о тестах (название, описание, список вопросов, список попыток прохождения теста и его настройки);

2) коллекция TestHistoryCollection хранит информацию об истории прохождения тестов, включая процент правильных ответов обучающегося, общий список его ответов, а также саму ссылку на пройденный тест;

3) коллекция UserSessionCollection хранит информацию о конкретной сессии прохождения теста пользователем (идентификаторы сессии, пользователя и теста, дата прохождения теста и общая продолжительность его прохождения в минутах, а также ссылка на пройденный тест);

4) класс TestSettings содержит информацию о настройках теста: его продолжительность, количество вопросов, которое будет извлекаться из общей базы вопросов для его прохождения пользователем, количество попыток и возможность перемешивания вопросов и ответов в тесте;

5) класс TestTaking содержит краткую информацию о результатах прохождения теста пользователем – идентификатор пользователя, дату и результат прохождения теста.

Следует отметить, что коллекции TestHistoryCollection и UserSessionCollection ссылаются на коллекцию TestCollection.

Заключение

Основным результатом проведенного исследования является проектирование модуля контроля знаний, входящего в состав программно-информационной системы, предназначенной для создания онлайн-

курсов. Полученные результаты будут использованы при дальнейшей реализации данного модуля с использованием описанного стека технологий. Следует отметить, что использование выбранного авторами для разработки стека технологий позволит разработать систему, которая не только отвечает требованиям производительности и масштабируемости, но также предоставляет возможности для создания приятного и удобного пользовательского интерфейса. При этом в системе будет гарантирована безопасность и конфиденциальность пользовательских данных благодаря продуманной архитектуре и использованию современных технологических решений.

Список литературы

1. Гладких И.Ю., Якушин А.В. Системы автоматизированного тестирования по программированию в образовательном пространстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2016. № 3. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=24719> (дата обращения: 16.05.2024).
2. Антипин А.Ф. О разработке сетевой автоматизированной системы для контроля знаний по программированию // *Современные наукоемкие технологии*. 2016. № 10–1. С. 19–23.
3. Ибрагимов Ю.Р., Кулапин А.Д., Куликов И.Б., Немешаев С.А., Петрова М.И., Резников Г.В., Рословцев В.В. Универсальная система обучения и контроля знаний как средство поддержки дистанционного обучения // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1–2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=20079> (дата обращения: 16.05.2024).
4. Полевщиков И.С., Белова Ю.Н., Романов Р.М. Тренажерно-обучающая система для контроля знаний и навыков по основам программирования на языках высокого уровня // *Инженерный вестник Дона*. 2023. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2023/8299 (дата обращения: 16.05.2024).
5. Широкова О.А. Разработка обучающей программы с тестовым контролем знаний средствами VBA программирования // *Вестник Технологического университета*. 2015. Т. 18, № 11. С. 206–209.
6. Жуков И.А., Костюк Ю.Л. Система контроля знаний и практических навыков по программированию // *Информатика и образование*. 2023. Т. 38, № 2. С. 66–74. DOI: 10.32517/0234-0453-2023-38-2-66-74.
7. Полевщиков И.С. Методика проведения контроля знаний по основам программирования с применением средств автоматизации // *Успехи современной науки*. 2016. Т. 1, № 7. С. 66–68.

УДК 004:517.977.5

DOI 10.17513/snt.40079

ИССЛЕДОВАНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ И РЕАЛИЗАЦИИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА НА ЯЗЫКЕ PYTHON

¹Вотякова Л.Р., ²Зотин А.В.

¹ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Казань, e-mail: vot5lil5rad5@gmail.com;

²Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
Нижнекамск, e-mail: artem.zotin99@gmail.com

Цель работы: исследование возможности реализации элементов систем усовершенствованного управления технологическим процессом на языке Python, а именно многопараметрического контроллера. В основе многопараметрического регулятора лежат передаточные функции, которые очень часто используются для описания линейных систем автоматического управления. В качестве возможных реализаций передаточных функций на языке Python можно выделить: реализация аналитического решения; решение дифференциального уравнения; создание объекта класса Transfer function. Исследования показали, что наилучшей реализацией передаточных функций на языке Python является аналитическое решение, ввиду простоты своей реализации. В частности, хорошо зарекомендовал себя оптимизатор CURVE FIT с методами trf и dogbox, а также оптимизатор MINIMIZE с методами L-BFGS-B и SLSQP. При желании в дальнейшем использовать функционал библиотеки языка программирования Python CONTROL, возможно использование передаточной функции в виде объекта Transfer function с оптимизатором CURVE FIT с методом dogbox. Наихудшей реализацией из представленных можно отметить реализация в виде дифференциальных уравнений с решателем SOLVE_IVP, что объясняется сложной реализацией для подбора параметров. Чуть лучше показал себя решатель ODEINT, но и он оказался не универсальным. Для идентификации математических моделей было создано приложение с графическим интерфейсом. В ходе разработки контроллера с прогнозирующим управлением был выбран контур реально функционирующей системы усовершенствованного управления технологическим процессом, а также были получены данные работы данного контура. На основе полученных данных было проведено тестирование разработанного алгоритма и сделаны выводы об успешности данного решения.

Ключевые слова: идентификация модели, многопараметрический контроллер, передаточные функции, оптимизаторы

STUDY OF IDENTIFICATION AND IMPLEMENTATION OF A MULTI-PARAMETER CONTROLLER IN PYTHON

¹Votyakova L.R., ²Zotin A.V.

¹Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: vot5lil5rad5@gmail.com;

²Nizhnekamsk Institute of Chemical Technology (branch) Kazan National Research
Technological University, Nizhnekamsk, e-mail: artem.zotin99@gmail.com

The purpose of the work: research into the possibility of implementing elements of advanced process control systems in Python. The multiparameter controller is based on transfer functions, which are very often used to describe linear automatic control systems. Possible implementations of transfer functions in Python include: implementation of an analytical solution; solving a differential equation; creating an object of the Transfer function class. Research has shown that the best implementation of transfer functions in Python is an analytical solution, due to the simplicity of its implementation. In particular, the CURVE FIT optimizer with the trf and dogbox methods, as well as the MINIMIZE optimizer with the L-BFGS-B and SLSQP methods, have proven themselves well. If you want to use the functionality of the Python CONTROL programming language library in the future, you can use the transfer function in the form of a Transfer function object with the CURVE FIT optimizer with the dogbox method. The worst implementation among those presented is the implementation in the form of differential equations with the SOLVE_IVP solver, which is explained by the complex implementation for selecting parameters. The ODEINT solver performed a little better, but it also turned out to be not universal. A GUI application was created to identify mathematical models. During the development of a predictive control controller, a loop from a real-life advanced process control system was selected and data on the operation of this loop was obtained. Based on the data obtained, the developed algorithm was tested and conclusions were drawn about the success of this solution.

Keywords: model identification, multiparameter controller, transfer functions, optimizers

Введение

В настоящее время технологический процесс невозможно представить без внедрения современных технологий. Целью внедрения данных технологий является поддержание технологических параметров

в пределах, при этом минимизировать затраты на производство и максимизировать выход целевого продукта. Одним из инструментов, которые решают данные задачи являются системы усовершенствованного управления технологическим процессом

(СУУТП), внедрение которых активно производится на многих предприятиях [1].

В основе СУУТП лежат многопараметрические регуляторы. Многопараметрические регуляторы предназначены для управления множеством технологических параметров одновременно. Эти регуляторы характеризуются тем, что имеют программную реализацию, то есть технологический процесс или его часть реализован в виде математической модели, блоков, с помощью которых просчитываются управляющие воздействия на процесс [2]. При этом в расчётах учитываются и непредсказуемые возмущения, которые так или иначе влияют на технологический процесс. Возможно соединение между созданными многопараметрическими регуляторами (субконтроллерами), что позволит полностью охватить каждый важный аспект технологического процесса [3]. Программная реализация позволяет внедрять их на все современные производства без затрат на закупку специализированного оборудования.

Целью исследования является исследование возможности реализации элементов систем усовершенствованного управления технологическим процессом на языке Python, а именно многопараметрического контроллера.

Материалы и методы исследования

В основе многопараметрического регулятора лежат передаточные функции, которые очень часто используются для описания линейных систем автоматического управления [4]. В качестве возможных реализаций передаточных функций на языке Python можно выделить:

- реализация аналитического решения;
- решение дифференциального уравнения;
- создание объекта класса Transfer function.

Реализация аналитического решения является наиболее простой и сводится к подстановке значений входного параметра в формулу [5].

Для решения дифференциальных уравнений на языке программирования Python реализованы множество методов, в данной работе будут рассмотрены следующие: Использование решателя SOLVE_IVP из библиотеки SCIPY [6]. В данном решателе реализованы следующие методы: RK45, RK23, DOP853, LSODA. Решатель ODEINT из библиотеки SCIPY использует алгоритм LSODA из библиотеки ODEPACK языка программирования Fortran.

В качестве критериев качества решения дифференциальных уравнений было решено использовать точность и скорость расчё-

та каждого метода. Для проверки каждого метода была создана выборка с различными показателями моделей первого и второго порядка, а также с различным временем симуляции.

Для реализации тестирования был создан скрипт, который случайным образом выбирает параметры модели первого порядка, замеряет время, за которое решается каждое дифференциальное уравнение.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования показали, что самым быстрым и подходящим методом для решения дифференциальных уравнений для первого порядка является метод LSODA решателя SOLVE_IVP из библиотеки SCIPY. Вторым по скорости и точности вычислений является решатель ODEINT из библиотеки SCIPY. Метод DOP853 в виду образующихся колебаний во время решений имеет самые наибольшие показатели MSE и MAE среди всех.

В результате обработки полученных результатов для модели второго порядка можно отметить, что методы решения RK45, RK23 и DOP853 при симуляции не имеют колебания в конце в отличие от симуляции модели первого порядка. Однако данные методы значительно уступают в скорости решения. Лучшим методом для решения дифференциальных уравнений для моделей второго порядка является метод LSODA решателя solve_ivp из библиотеки scipy.

Третьим способом реализации передаточных функций на языке Python, как уже было отмечено ранее, является создание объектов класса Transfer function. Для создания объектов данного класса на языке Python можно воспользоваться одной из самых популярных библиотек CONTROL [7], использование которой позволяет реализовать основные операции для анализа и проектирования систем управления с обратной связью. К минусам данной реализации передаточной функции можно отнести отсутствие возможности создания передаточных функций с задержкой. Но и данный момент возможно реализовать, предусмотрев предварительную обработку входных сигналов.

Следующим этапом исследования является определение инструментов языка Python для вычисления оптимума и подборе параметров передаточной функции, а также подборе управляющих воздействий в предиктивном управлении. Особенностью данных задач является поиск оптимума целевой функции вместе с ограничениями искомых значений.

Для решения оптимизационных задач в языке Python большой популярностью пользуется модуль OPTIMIZE библиотеки SCIPY. Данный модуль позволяет определять локальные и глобальные экстремумы целевой функции, корни уравнений, подбирать значения параметров на основе квадратического отклонения и многое другое.

В рамках данного исследования будут использоваться следующие функции модуля OPTIMIZE: функции CURVE_FIT [8], MINIMIZE [9]. Для определения параметров целевой функции в CURVE_FIT реализованы следующие методы: Левенберга-Марквардта (lm), Trust Region Reflective (trf), dogbox. Для минимизации целевой функции с ограничениями в модуле MINIMIZE реализованы следующие методы: Nelder-Mead, L-BFGS-B, Powell, TNC, SLSQP, COBYLA, trust-constr.

Для идентификации математических моделей было создано GUI приложение. В качестве языка программирования для создания приложения был выбран также Python с использованием библиотеки customtkinter [10].

В качестве функциональных требований к разработанному приложению были определены следующие:

- возможность создания, сохранения и загрузки созданного пользователем проекта;
- возможность импорта внешних данных для идентификации моделей;
- возможность работы с графиками для импортируемых для анализа данных;
- возможность анализа корреляции между импортируемыми данными;
- возможность создания рассчитываемых переменных;
- возможность разделения данных на входные, промежуточные и выходные переменные;
- возможность выбора порядка передаточной функции, её реализации, оптимизатора и метода при идентификации модели;
- возможность наглядно оценить на графике и с отображением метрик полученные результаты подгонок.

Для определения наилучшего метода и реализации для идентификации моделей многопараметрического контроллера были подготовлены данные с реальных пошаговых тестирований на установках нефтеперерабатывающего завода при внедрении СУУТП и случайные сгенерированные данные. Для более объективного анализа было принято решение о разделении результатов тестирования, полученных на модели типа MV/CV и POV/CV. Связано это в первую очередь сложностью моделирования и подбора параметров моделей POV/CV, не каж-

дое прикладное программное обеспечение, представленное на рынке способно подбирать подобного рода модели.

Исследования показали, что наилучшей реализацией передаточных функций на языке Python является аналитическое решение, ввиду простоты своей реализации. В частности, хорошо зарекомендовал себя оптимизатор CURVE_FIT с методами trf и dogbox, а также оптимизатор MINIMIZE с методами L-BFGS-B и SLSQP. При желании в дальнейшем использовать функционал библиотеки языка программирования Python CONTROL, возможно использование передаточной функции в виде объекта Transfer function с оптимизатором CURVE_FIT с методом dogbox. Наихудшей реализацией из представленных можно отметить реализация в виде дифференциальных уравнений с решателем SOLVE_IVP, что объясняется сложной реализацией для подбора параметров. Чуть лучше показал себя решатель ODEINT, но и он оказался не универсальным.

На сегодняшний день одним из самых популярных и распространённых методов регулирования параметров в промышленности является PID регулирование. Связано это с тем, что данный вид регуляторов имеет высокую надёжность работы в широком диапазоне, универсальность и прост в использовании и настройке.

Однако использование PID регулирования не позволяет учесть фактор возмущений, которые могут возникать на производстве. В связи с этим были брошены силы на исследование и разработку аналогов PID регуляторов. Так на производствах по всему миру началось внедрение так называемых контроллеров с прогнозирующим управлением (MPC – Model Predictive Control) – контроллеры с обратной связью, которые для прогнозирования и управления используют математическую модель технологического процесса. Именно при создании математической модели технологического процесса можно учесть всевозможные возмущения, которые могут оказываться на то или иной параметр. Описание технологического процесса происходит с использованием передаточных функций.

Выделяют три временных периода при проектировании MPC контроллера: период прогнозирования – время, на которое MPC контроллером строится прогноз показаний параметров; период управления – время, которое отведено MPC контроллеру для планирования управления; период дискретизации – время, отработки MPC контроллера.

Особенностью MPC контроллера является результат его работы – он рассчитывает

не одно управляющее воздействие, которое необходимо оказать на манипулируемые переменные (MV), а строит план оптимизации на весь заданный период управления. При этом в качестве заданий на манипулируемые переменные применяется только первое значение рассчитанного плана. На каждой итерации расчёта MPC контроллера, запуск которого задаётся с помощью периода дискретизации, план оптимизации строится заново.

В качестве примера MPC контроллера, который будет реализован в рамках исследования, было принято решение выбрать контур регулирования реальной СУУТП одного из нефтеперерабатывающего завода. Структура данного контура изображена на рисунке 1, все постоянные времени и задержки указаны в минутах. В качестве данных, на которых будет проводиться тестирование, будут использованы значения с реального процесса за одни сутки.

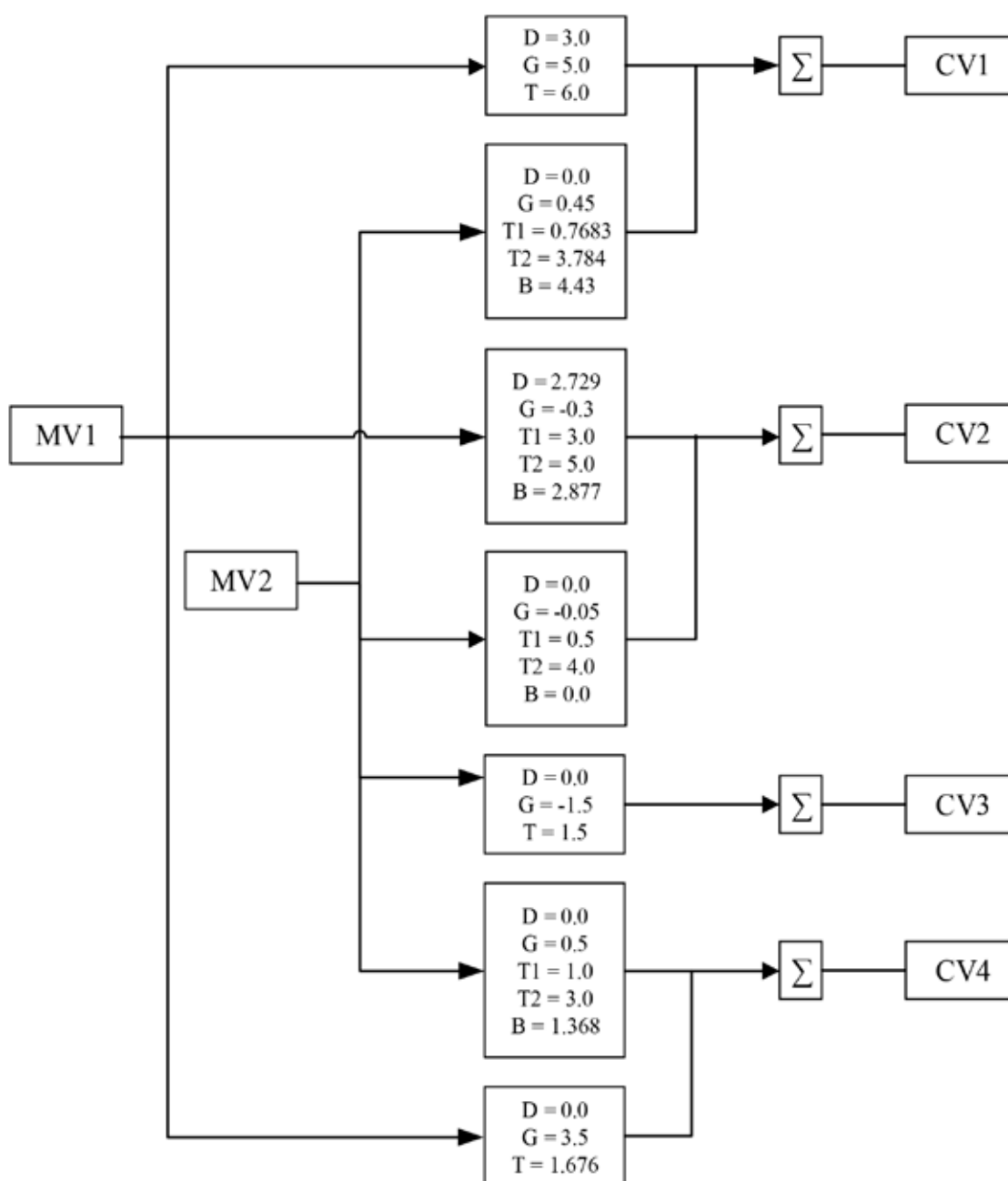


Рис. 1. Структура выбранного для исследования контура

Выбранный контур контроллера СУУТП имеет следующие свойства:

- период прогнозирования контроллера 10 минут;

- период управления контроллера 30 секунд;

- период дискретизации контроллера 30 секунд;

- MV1 – положение клапана, который в СУУТП имеет вес равный 3.315969. В суточных данных оперативным персоналом установлена верхняя граница по данному параметру равной 40, нижняя – 19;

- MV2 – положение клапана, который в СУУТП имеет вес равный 0.005068. В суточных данных оперативным персоналом установлена верхняя граница по данному параметру равной 70, нижняя – 25;

- CV1 – температура, которая в СУУТП имеет вес равный 1, а также имеет 1 приоритет. В суточных данных оперативным персоналом установлена верхняя граница по данному параметру 905, нижняя – 0;

- CV2 – содержание некоторого вещества, которое в СУУТП имеет вес равный 5, а также имеет 2 приоритет. В суточных данных оперативным персоналом установлена верхняя граница по данному параметру 5.8, нижняя – 5.5;

- CV3 – давление, которое в СУУТП имеет вес равный 1, а также имеет 2 приоритет. В суточных данных оперативным персоналом установлена верхняя граница по данному параметру 31, нижняя – 22;

- CV4 – температура, которая в СУУТП имеет вес равный 1, а также имеет 1 приоритет. В суточных данных оперативным персоналом установлена верхняя граница по данному параметру 1080, нижняя – 0.

Стоит отметить, что чем выше приоритет у контролируемой переменной по отношению к другим, тем более важной она является для контроллера СУУТП. В ситуации, когда контролируемые переменные находятся вне границ регулирования, первоочередной задачей контроллера СУУТП является определение воздействий на манипулируемые переменные, которые

позволят обеспечить нахождение в границах контролируемых переменных с наивысшим приоритетом.

Перед тем, как проводить расчёты на сконструированном контуре необходимо протестировать правильность и адекватность предсказаний по контролируемым переменным, которые делает контур, изменяя манипулируемые переменные. Для этого тестирования было принято решать обратную задачу – в качестве уставок на манипулируемые переменные будут использованы данные работы реального СУУТП, а затем сравнить предсказанные моделью значения и фактические значения технологического процесса. Для проведения данного тестирования был создан скрипт, результаты которого представлены рисунке 2.

Как видно из рисунка 2 наибольшей абсолютной ошибкой обладает контролируемая переменная CV3, связано это в первую очередь с большими колебаниями показания датчика давления. В целом, можно считать, что предсказания, которые делает модель контура, верные.

Для реализации MPC контроллера на языке Python был создан скрипт, который принимает данные с технологического процесса и рассчитывает оптимальные изменения манипулируемых переменных MV1 и MV2. В качестве оптимизатора был использован MINIMIZE, а для реализации передаточных функций библиотека CONTROL, использование которой позволит сделать более удобным конструирование выбранного контура СУУТП. В качестве входных параметров данного скрипта являются данные контролируемых переменных, их границы и другие параметры контроллера, а в качестве выходных переменных – задания на управляемые переменные.

Результаты тестирования, разработанного MPC контроллера на суточных данных следующие:

- процент совпадения направленности расчётов – 73%;

- процент успешного расчёта – 98%;

- среднее время расчёта – 23 секунды.

Средняя абсолютная ошибка CV1 составила 0.07221080713787151

Средняя абсолютная ошибка CV2 составила 0.02663787338252702

Средняя абсолютная ошибка CV3 составила 2.5676527433753953

Средняя абсолютная ошибка CV4 составила 0.42415806147096113

Рис. 2. Средние абсолютные ошибки

По результатам тестирования видно, что разработанный MPC контроллер время имеет большое время расчёта, связано это в первую очередь с созданием передаточных функций с использованием библиотеки CONTROL, которую можно заменить на аналитическое решение. Также по результатам тестирования видно, что разработанный MPC контроллер имеет высокий процент успешного расчёта – рассчитанный план управления по прогнозам обеспечит нахождение контролируемых переменных в границах регулирования.

По результатам тестирования также оценён процент совпадения направленности расчётов с существующим контроллером СУУТП. Оценка именно направленности расчётов обусловлена тем, что существующий контроллер СУУТП решает задачу нахождения минимума целевой функции всего контроллера, а не отдельного контура управления. Следовательно, достичь результатов существующего контроллера СУУТП без учёта остальных контуров контроллера невозможно. Однако стоит отметить, что разработанный MPC контроллер имеет высокий процент совпадения направленности расчётов с существующим контроллером СУУТП.

На основании анализа результатов тестирования можно сделать вывод об успешности разработанного MPC контроллера.

Заключение

В основе СУУТП лежат многопараметрические регуляторы с прогнозирующим управлением, структуры которых определяются при внедрении СУУТП. В многопараметрических регуляторах для построения прогнозов по контролируемым переменным используются передаточные функции.

На этапе проектирования создаваемых модулей на языке Python были определены 3 варианта реализации передаточных функций, а также выбраны оптимизаторы, с помощью которых производилась идентификация и многопараметрическое управление. В ходе тестирования модуля идентификации моделей были определены реализации,

а также оптимизаторы, наиболее подходящие для данной задачи.

В ходе разработки MPC контроллера был выбран контур реально функционирующей СУУТП, а также были получены данные работы данного контура. На основе полученных данных было проведено тестирование разработанного алгоритма и сделаны выводы об успешности данного решения.

Список литературы

1. Вережкин А.П., Муртазин Т.М. Онтологии и семантические технологии в проектировании систем усовершенствованного управления технологическими процессами // Автоматизация в промышленности. 2023. №12. С. 19-25. DOI 10.25728/avtprom.2023.12.03.
2. Неделюченко С.И., Гайфуллин М.С., Головина Е.С., Ергомышев Ю.А., Лаврентьев В.А., Комогоров А.В. Применение динамических моделей систем усовершенствованного управления технологическими процессами нефтепереработки в ПАО АНК «Башнефть» // Нефтяное хозяйство. 2021. № 6. С. 108-112. DOI 10.24887/0028-2448-2021-6-108-112.
3. Работников М.А. Разработка метода обновления многомерной динамической модели управляемого технологического объекта // Проблемы управления. 2021. № 3. С. 58-64. DOI 10.25728/ru.2021.3.7.
4. Лазаренко М.Л., Лазаренко Л.М., Саблин А.И. Синтез многопараметрического промышленного контроллера с рационализацией передаточной функции // Международный технико-экономический журнал. 2020. № 5. С. 31-36. DOI 10.34286/1995-4646-2020-74-5-31-36.
5. Хатимов М.Р., Герасимов Е.Л., Беспалов И.И., Рыжов Д.А. Основные преимущества обновленного программного обеспечения СУУТП Platform for Advanced Control and Estimation // Автоматизация в промышленности. 2021. № 12. С. 24-27. DOI: 10.25728/avtprom.2021.12.03.
6. Scipy документация: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/> (дата обращения: 02.06.2024).
7. Control документация: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://python-control.readthedocs.io/en/0.10.0/> (дата обращения: 01.06.2024).
8. Curve_fit документация: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.curve_fit.html#scipy.optimize.curve_fit (дата обращения: 04.06.2024).
9. Minimize документация: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.minimize.html#scipy.optimize.minimize> (дата обращения: 02.06.2024).
10. Customtkinter документация: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://customtkinter.tomschimansky.com/documentation/> (дата обращения: 02.06.2024).

УДК 004:533.682

DOI 10.17513/snt.40080

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА КОРМОВОЙ ЧАСТИ ТЕЛА АХМЕДА НА ЕГО ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Катаева Л.Ю.

*Филиал ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения»
в Нижнем Новгороде, Нижний Новгород, e-mail: kataeval2010@mail.ru*

В данной работе для численного моделирования используются уравнения Навье – Стокса с осреднением по числу Рейнольдса в сочетании с $k-\omega$ моделью турбулентности. В качестве объекта выбрано тело Ахмеда и его модификации. Моделирование загрязнения тела рассматривается только для мелкодисперсной фазы, не оказывающей существенного влияния на газовую фазу. Для моделирования динамики движения частиц и процесса их налипания на поверхность рассматриваемых тел используется модель дисперсной многофазности. Аэродинамическое взаимодействие дисперсной фазы с газовой проводилось на основе модели Schiller-Naumann, а входная граница является источником подачи частиц. Частицы рассматривались в форме шара с постоянными размерами 1, 10 и 100 мкм. В модели границы тела и земли считаются непроницаемыми для частиц, что имитирует их налипание на данные поверхности. Численное моделирование аэродинамики тела Ахмеда и его модификаций показало, что угол наклона кормовой части тела Ахмеда оказывает существенное влияние на формирование и местоположение вихревой зоны. Мелкодисперсные частицы грязи и пыли, вовлекаемые в вихревые потоки, оседают на поверхности автомобиля. При увеличении коэффициента аэродинамического сопротивления траектории шарообразных частиц приближаются к линиям тока, не пересекающимся с линиями автомобиля, и, следовательно, более крупные частицы, движущиеся под действием силы инерции и аэродинамических сил, приводят к большему налипанию частиц и его загрязнению. При удаленности крупных частиц от автомобиля они быстрее оседают на землю, не достигая его поверхности. Более мелкие частицы больше вовлекаются в вихревые потоки вблизи поверхности автомобиля, оседая на его поверхности при столкновении.

Ключевые слова: многофазность, уравнение Навье – Стокса, аэродинамика, мелкодисперсные частицы, загрязнение, тело Ахмеда, вихревые потоки, модель турбулентности

NUMERICAL MODELING OF THE INFLUENCE OF THE ANGLE OF INCLINATION OF THE AHMED'S AFT BODY ON ITS POLLUTION

Kataeva L.Yu.

*Branch of the Samara State University of Railways in the city of Nizhny Novgorod,
Nizhny Novgorod, e-mail: kataeval2010@mail.ru*

In this paper, the Reynolds number averaged Navier-Stokes equations coupled with the $k-\omega$ turbulence model are used for numerical modeling. The Ahmed body and its modifications are chosen as the object. The modeling of body contamination is considered only for the fine phase, which does not have a significant effect on the gas phase. A disperse multiphase model is used to model the dynamics of particle motion and the process of particle adhesion on the surface of the bodies under consideration. The aerodynamic interaction of the disperse phase with the gas phase was carried out on the basis of the Schiller-Naumann model, and the inlet boundary is the source of particle supply. The particles were considered in ball shape with constant sizes of 1 μm , 10 μm and 100 μm . In the model, the body and ground boundaries are considered permeable to particles, which simulate their adhesion to these surfaces. Numerical modeling of the aerodynamics of the Ahmed body and its modifications showed that the angle of inclination of the aft part of the Ahmed body has a significant influence on the formation and location of the vortex zone. Fine particles of dirt and dust involved in the vortex flows are deposited on the surface of the vehicle. When the aerodynamic drag coefficient increases, the trajectories of spherical particles approach the current lines that do not intersect with the lines of the car and consequently, larger particles moving under the action of inertia and aerodynamic forces lead to greater particle buildup and its contamination. When large particles are farther away from the vehicle, they settle to the ground faster without reaching its surface. Smaller particles are more involved in eddy currents near the surface of the car, settling on its surface on impact.

Keywords: multiphase, Navier – Stokes, aerodynamics, fine particles, eddy currents, turbulence model, pollution, Ahmed body

Введение

С развитием технологий численное моделирование становится незаменимым инструментом для исследования сложных физических процессов. Одним из актуальных направлений является численное моделирование загрязнения задней поверхности автомобиля, которое имеет важное практическое значение [1]. В результате загрязнения

поверхностей систем освещения автомобиля и внешних камер заднего вида затрудняется получение качественной навигационной информации [2], снижается удобство эксплуатации и ухудшается эстетический вид автомобиля. Кроме того, загрязнение внешней поверхности автомобиля приводит к преждевременному нарушению лакокрасочного покрытия, износу щеток стекло-

чистителей и в некоторых случаях приводит к разрушению стекол [3, 4].

Цель исследования – численное моделирование распределения частиц на поверхности тела Ахмеда и модификаций его кормовой части в результате изменения угла наклона последней.

В данной работе рассмотрены основные принципы и методики численного моделирования влияния угла наклона кормовой части тела на его загрязнение, а также проанализированы полученные результаты с целью выявления закономерностей и перспектив дальнейших исследований в этой области.

Материалы и методы исследования

Проблема загрязнения транспортных средств своими корнями уходит в далекие 1950-е гг. На первых порах рассматривались вопросы по защите ветровых стекол от дождя, и исследования привели к созданию встроенных систем стеклоочистителей и омывателей, а затем и к использованию дефлекторов различной конфигурации для защиты от скопления тяжелых частиц. Уже к середине 1960-х гг. были разработаны механические системы, уменьшающие загрязнение задних стекол. Большое количество работ было посвящено аэродинамике автомобиля и снижению его аэродинамического сопротивления. Для решения данной задачи привлекались различные инструменты и методики от экспериментальных, аналитических до самых современных методов моделирования на основе различных подходов. Авторы [5] использовали модель взаимодействия жидкость – твердое тело, исследовали нестационарную аэродинамику автомобиля и показали хорошее согласование результатов моделирования с экспериментальными данными. По вопросам влияния реальных дорожных с непостоянной скоростью внешнего набегающего потока возникает перекоп встречного профиля, который невозможно повторить в аэродинамической трубе и при реальных испытаниях, что ограничивает точность результатов, полученных на основе стационарных моделей [6]. Одной из пионерских работ в области численного моделирования является работа [7], где изучено загрязнение боковой части и задней части внедорожника с использованием для отслеживания траекторий частиц Лагранжева подхода, а для определения концентрации грязи – Эйлера и где утверждается, что стационарное поле течения дает результат, не отличающийся от нестационарного. В дальнейшем это утверждение было опровергнуто авторами работ [8, 9]. В работе [8] утверждается, что использование

усредненного по времени поля скоростей для прогноза траектории частицы снижает ее вероятность попадания на тело в сравнении и использованием нестационарного, а в [9] автор подчеркивает сложность моделирования взаимодействия частиц с нестационарным следом за автомобилем, и даже небольшие отличия в поле скоростей могут приводить к существенным различиям в распределении частиц на поверхности этого тела. Несмотря на большое количество работ в области моделирования аэродинамики тела и расчета аэродинамического сопротивления эта тема остается открытой: во-первых, до сих пор нет теоретических методов его расчета для сложных тел, а во-вторых, известные экспериментальные данные до сих пор недостаточно систематизированы, а попытки выявить зависимость аэродинамического сопротивления в зависимости от формы не дали результата в силу большого числа параметров геометрии и их сложных взаимосвязей [10–12]. В работе [13] с помощью математического моделирования и экспериментально выявлены аспекты определения силы аэродинамического сопротивления, которая влияет на расход топлива и динамические свойства, особенно при большой скорости. Численному моделированию взаимного аэродинамического влияния тел при движении посвящена работа [14], где показана нестационарная картина поля скоростей.

Следует сказать, что с ростом скоростей вопрос о загрязняемой поверхности автомобиля вновь выходит на первый план. Это связано, прежде всего, с необходимостью обеспечить водителю хороший обзор и видимость, а использование камер не решает данный вопрос, так как частицы пыли и грязи налипают и на них.

Постановка задачи

Для численного моделирования загрязнения кормовой части рассматриваемых тел использовались уравнения Навье – Стокса с осреднением по числу Рейнольдса в сочетании с $k-\omega$ моделью турбулентности [14]. В качестве тела выбрано тело Ахмеда и его модификации. Моделирование загрязнения тела рассматривается только для мелкодисперсной фазы, не оказывающей существенного влияния на газовую фазу [15].

Для моделирования динамики движения частиц и процесса их налипания на поверхность рассматриваемых тел используется модель дисперсной многофазности. Аэродинамическое взаимодействие дисперсной фазы с газовой проводилось на основе модели Schiller-Naumann, а источником подачи частиц являлась входная граница.

Частицы рассматривались в форме шара с постоянными размерами 1, 10 и 100 мкм. В модели границы тела и земли считаются проницаемыми для частиц, что имитирует их налипание на данные поверхности.

Результаты исследования и их обсуждение

Численное моделирование осуществляется на основе модификаций тела Ахмеда – плохо обтекаемое тело со скошенной кормовой частью, поднятое над поверхностью земли на 50 мм. В каждой серии рисунков представлены результаты моделирования тела Ахмеда с кормовой частью, расположенной под различными углами: а – 10°; б – 15°; с – 20°; д – 25°; е – 30°; ф – 35°. На рис. 1 показано поле скоростей и распределение давления при обтекании тела Ахмеда и его модификаций с изменением угла наклона его кормовой части. Во всех вариантах угла наклона кормовой части тела Ахмеда хорошо видна вихревая зона, способствующая загрязнению тела. Однако наименьший вихрь сформировался у тела Ахмеда в кормовой части при угле

наклона ее 30° (рис. 1, е). По мере уменьшения угла наклона вихревая зона смещается в нижнюю часть автомобиля, а по мере увеличения угла наклона вихревая зона растет, и уже при угле наклона 25° вихревая зона распространяется и на саму наклонную плоскость, что хорошо видно из рис. 1, д. При угле в 35° наблюдается снова усиление вихревых течений в нижней части тела и, следовательно, снова начинает расти площадь, покрытая частицами.

Представляет интерес, насколько различна будет зона, покрытая частицами разного размера в зависимости от конфигурации кормовой части тела Ахмеда. На рис. 2–4 представлены серии результатов численного моделирования налипания частиц с постоянными размерами 1, 10 и 100 мкм соответственно. Линии тока показывают траектории движения частиц соответствующего размера, а их цвет – объемную долю. Цвет поверхности обтекаемого тела показывает массу частиц, налипающих на нее за единицу времени по логарифмической шкале, максимум которой соответствует значению невозмущенного потока.

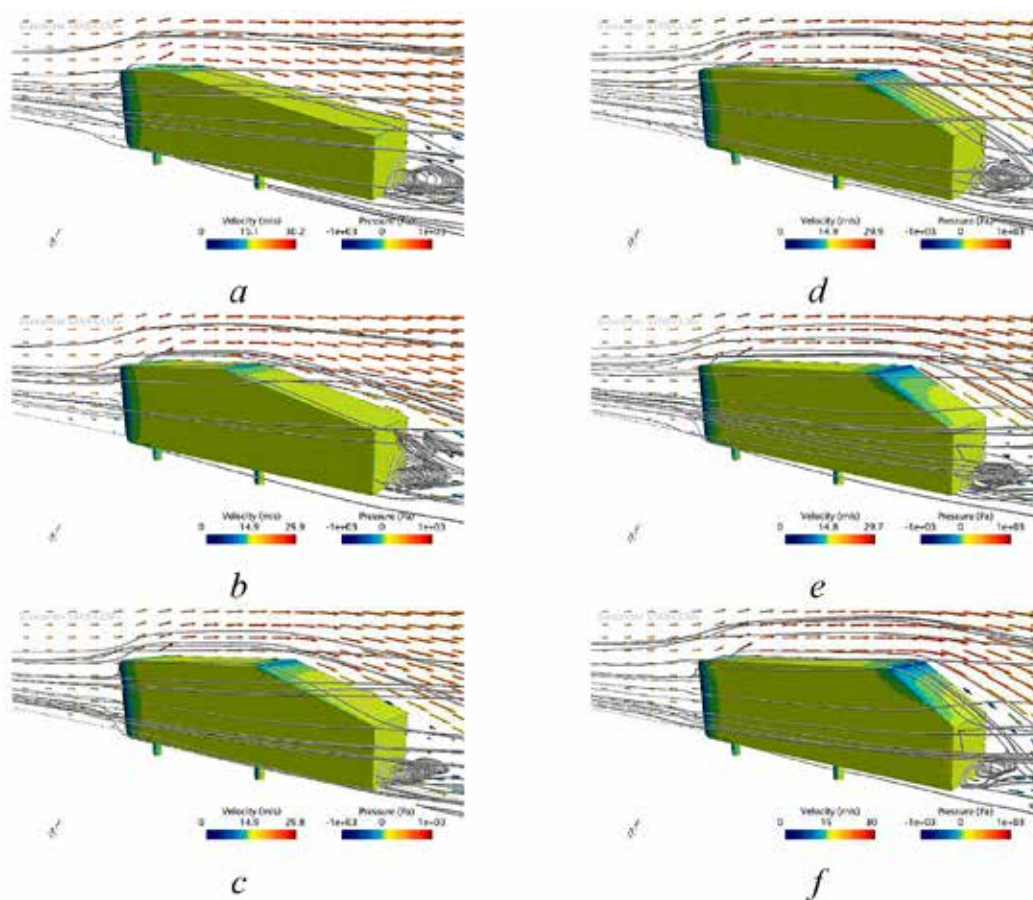


Рис. 1. Типичное поле скоростей и распределение давления, формирующееся при обтекании тела Ахмеда и его модификаций

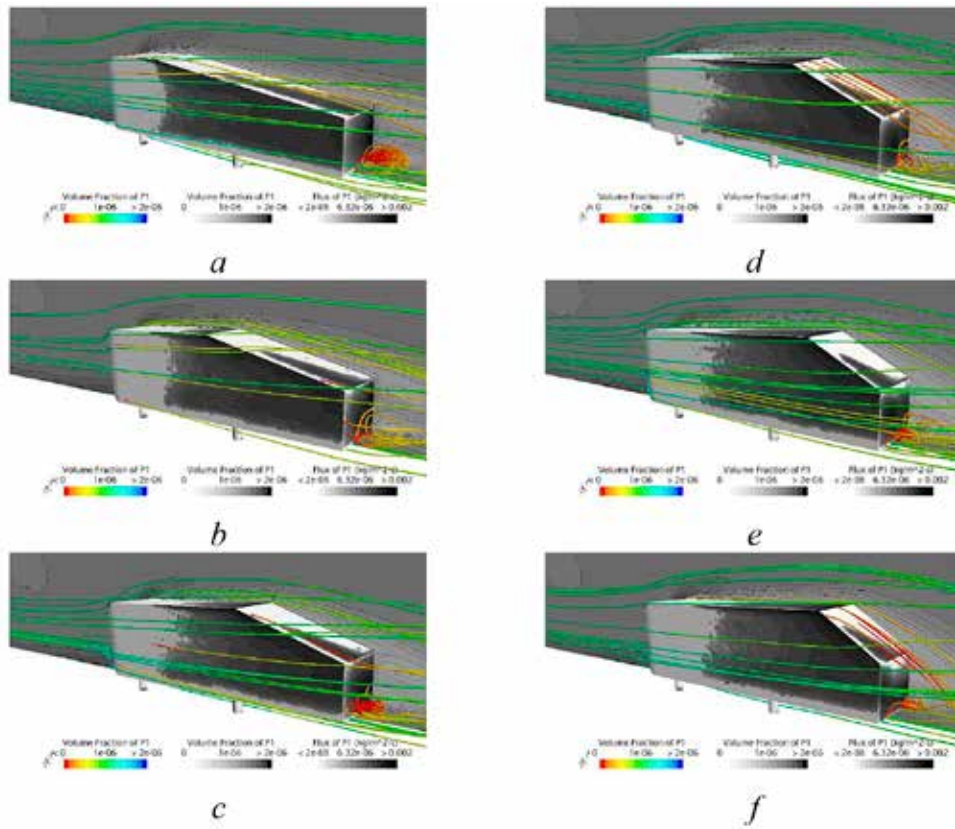


Рис. 2. Моделирование процесса загрязнения тела Ахмеда частицами 1 мкм

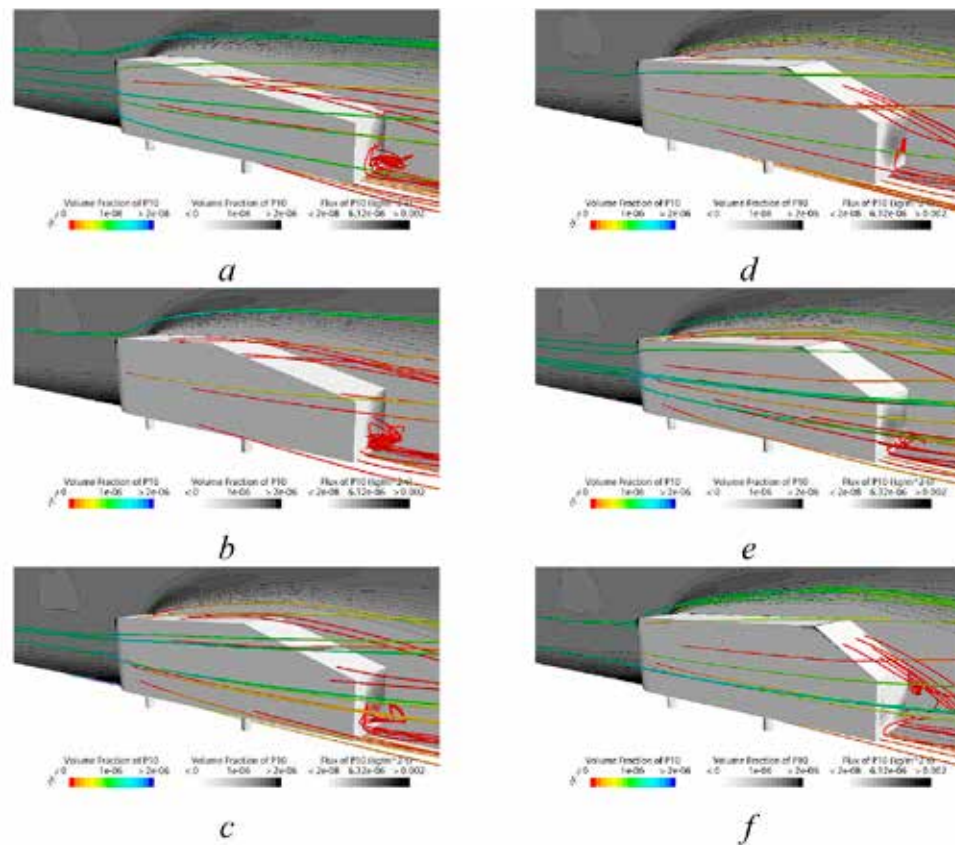


Рис. 3. Моделирование процесса загрязнения тела Ахмеда частицами 10 мкм

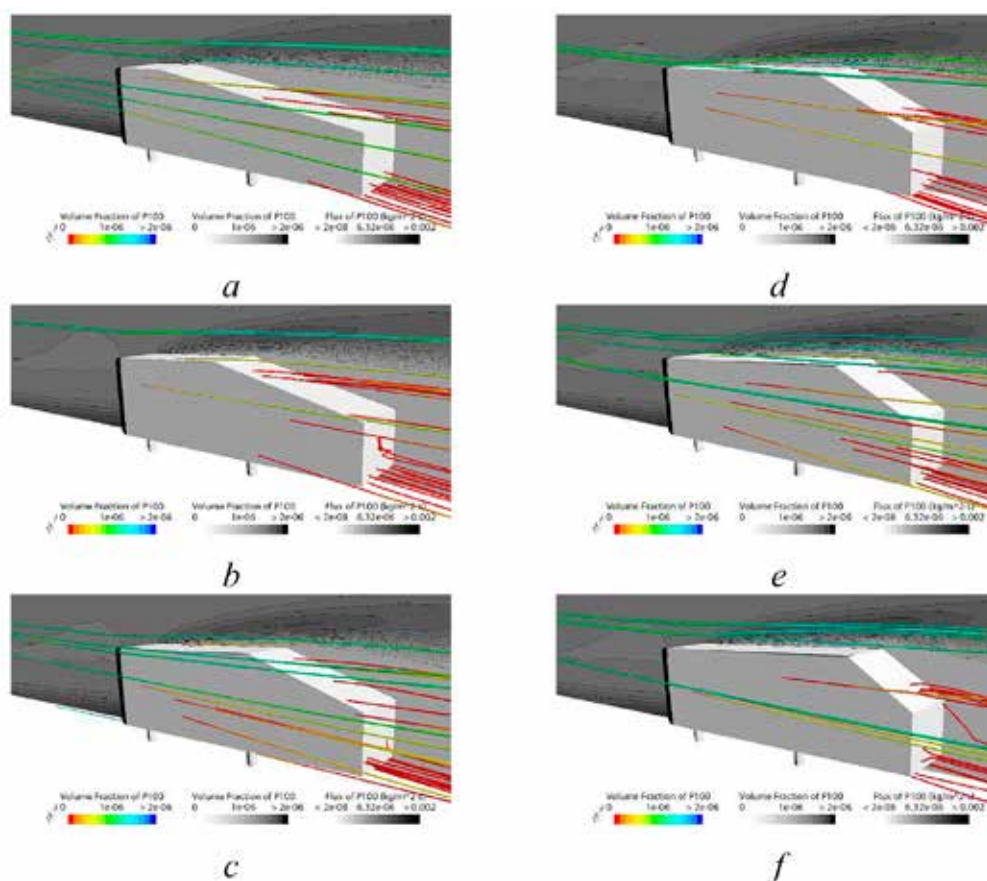


Рис. 4. Моделирование процесса загрязнения тела Ахмеда частицами 100 мкм

Цвет в плоскости симметрии показывает объемную долю частиц. Как показано на рис. 2, частицы размером 1 мкм загрязняют боковые поверхности тела Ахмеда при любом угле наклона кормовой части, но по мере увеличения угла поток загрязняющих частиц уменьшается, а кормовая часть тела Ахмеда и его модификаций загрязняется примерно одинаково. При малом угле наклона (рис. 2, а) площадь загрязнения верхней части кормы больше, что связано с увеличением ее площади.

На рис. 3 видно, что частицы размером 10 мкм почти не загрязняют верхнюю и боковую части тела Ахмеда и его модификаций, но при увеличении угла наклона кормовой части загрязняются ребра, на которых имеет место резкий перепад направления нормали поверхности. Загрязнение задней части поверхности тела Ахмеда уменьшается по мере увеличения угла, что связано с направлением потоков обтекания. При большом угле (рис. 3, f) завихренность меньше, что приводит к тому, что их поток проходит мимо поверхности тела.

На рис. 4 показано загрязнение тела Ахмеда и его модификаций частицами 100 мкм.

Видно, что загрязнения практически не происходит, за исключением ребер на верхней части корпуса, что видно на рис. 4, а–f. Это связано с большой инерцией частиц, препятствующей их попаданию в вихревые потоки.

Заключение

Численное моделирование аэродинамики тела Ахмеда и его модификаций показало, что угол наклона кормовой части тела Ахмеда оказывает существенное влияние на формирование и местоположение вихревой зоны. Мелкодисперсные частицы грязи и пыли, вовлекаемые в вихревые потоки, оседают на поверхности тела. При увеличении коэффициента аэродинамического сопротивления траектории шарообразных частиц приближаются к линиям тока, не пересекающимся с линиями автомобиля, и, следовательно, более крупные частицы, движущиеся под действием силы инерции и аэродинамических сил, приводят к большему налипанию частиц и его загрязнению. При удаленности крупных частиц от автомобиля они быстрее оседают на землю, не достигая его поверхности. Более мелкие

частицы больше вовлекаются в вихревые потоки вблизи поверхности автомобиля, оседая на его поверхности при столкновениях. Результаты численного моделирования могут послужить основой для разработки эффективных мер по снижению воздействия загрязнения кормовой части автомобиля и повышению безопасности на дорогах.

Список литературы

1. Howell J., Passmore M., Tuplin S. Aerodynamic Drag Reduction on a Simple Car-Like Shape with Rear Upper Body Taper // *SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst.* 2013, Vol. 6, Is. 1. P. 52–60. DOI: 10.4271/2013-01-0462.
2. Collings W., Pao W., Agelin-chaab M. Investigation of the Effectiveness of a Passive Device for Soiling Mitigation for Vehicle Side-Cameras // *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility.* 2020. Vol. 2. P. 3293–3300. DOI: 2020-01-0699.
3. Gaylard A., Pitman J., Jilesen J., Gagliardi A., Duncan B., Wanderer J., Konstantinov A. Insights into Rear Surface Contamination Using Simulation of Road Spray and Aerodynamics // *SAE Int. J. Passeng. Cars – Mech. Syst.* 2014. Vol. 7, Is. 2. P. 673–681. DOI: 10.4271/2014-01-0610.
4. Schilling F., Kuthada T., Gaylard A., Wiedemann J., Wagner A. Advances in experimental vehicle soiling tests // *SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility.* 2020. Vol. 2. P. 2596–2603. DOI: 2020-01-0681.
5. Zakher B.N., El-Hadary M., Elgohary M.A.E., El Fahham I.M. A Comparison Between Experimental Life Road Simulation and Computational Fluid Dynamics and Fluid Structure Interaction for Sedan // *Car. CFD Letters.* 2022. Vol. 14, Is. 2. P. 81–97.
6. Forbes D.C., Page G., Passmore M., Gaylard A. A fully coupled, 6 degree-of-freedom, aerodynamic and vehicle handling crosswind simulation using the DrivAer model // *SAE International Journal of Passenger Cars-Mechanical Systems.* 2016. T. 9. C. 710–722. DOI: 2016-01-1601.
7. Yoshida M., Yamatani A., China H. Prediction of dirt contamination on vehicle body surface // *JSAE Review.* 1998. Vol. 19, Is. 3. P. 257–262. DOI: 10.1016/S0389-4304(98)00015-0.
8. Roettger S., Schulz M., Bartelheimer W., Ertl T. Automotive Soiling Simulation Based On Massive Particle Tracing // *Proceedings of EG/IEEE TCVG Symposium on Visualization VisSym'01.* 2001. P. 309–317.
9. Gaylard A.P., Kabanovs A., Jilesen J., Kirwan K., Lockerby D.A. Simulation of rear surface contamination for a simple bluff body // *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.* 2017. Vol. 165. P. 13–22. DOI: 10.1016/j.jweia.2017.02.019.
10. Бендерский Б.Я., Чернов К.В. Аэродинамика автомобиля. Курс лекций с краткими биографиями конструкторов и дизайнеров. М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2023. 332 с.
11. Котиков Ю.Г. Оценка продольной устойчивости квантомобилиа на базе показателей аэродинамики автомобиля-аналога // *Международный научно-исследовательский журнал.* 2023. № 10 (136). [Электронный ресурс]. URL: <https://research-journal.org/archive/10-136-2023-october/10.23670/IRJ.2023.136.24> (дата обращения: 24.06.2024).
12. Катаева Л.Ю., Ермолаев А.А., Киселева Н.Н., Масленников Д.А. Численное и экспериментальное моделирование обтекания тел различной конфигурации // *Наука и техника транспорта.* 2015. № 1. С. 26–31.
13. Катаева Л.Ю., Масленников Д.А., Анучин И.Е., Тумасов А.В., Катаева Л.Ю., Котова Ю.В. Влияние числа Рейнольдса на аэродинамическое сопротивление моделей // *Современные проблемы науки и образования.* 2013. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11469> (дата обращения: 25.06.2024).
14. Maslennikov D.A., Tumasov A.V., Loshchilova N.A., Kataeva L.Y., Anuchin I.E., Kisleleva N.N. Using discontinuous transformation in numerical simulation of vehicle aerodynamic interaction // *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences.* 2016. Vol. 11, No. 1. P. 55–66.
14. Катаева Л.Ю., Киселева Н.Н., Масленников Д.А., Романова Н.А. Математическая модель загрязнения легкового автомобиля // *Автомобильная промышленность.* 2015. № 2. С. 3–5.
15. Катаева Л.Ю., Тумасов А.В., Масленников Д.С., Лощилова Н.А., Анучин И.Е., Мошков Д.С. Методология моделирования аэродинамических процессов и загрязнения автомобиля потоками воздуха, содержащими мелкодисперсные частицы грязи // *Журнал автомобильных инженеров.* 2015. № 5 (94). С. 38–45.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИММЕРСИВНЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ

Курзаева Л.В., Курзаев Д.О., Корнев Р., Майоров П.Е., Егоров М.И.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,

Магнитогорск, e-mail: lkurzaeva@mail.ru

Разработка и применение иммерсивных средств обучения открывают новые перспективы для развития систем обучения, актуализируя вопросы их эффективности. Целью представленной статьи является описание одного из вариантов методики оценки иммерсивных средств обучения с точки зрения экономической, дидактической эффективности и «иммерсивности» контента и созданной среды обучения. Предпринята попытка систематизации, обобщения метрик и способов оценки иммерсивных средств обучения на примере тренажера «Прорыв корочки слитка под кристаллизатором машины непрерывного литья заготовок», разработанного на основе технологии виртуальной реальности. Оценка эффективности по предлагаемой методике состоит из трех компонентов: экономического (стоимостная оценка), дидактического (оценка в отношении результатов обучения) и собственно иммерсивного (оценка адекватности воспроизведения среды и уровня реализации эффекта «погружения»). Отдельно выделены группы факторов, влияющих на процесс обучения и иммерсивность контента и созданной среды обучения: визуализация (реалистичность контента, анимации), звуковое сопровождение (звуковые эффекты и диалоги), здоровьесбережение и удобство, обучение (сценарий, подсистема контроля, режимы). Данная статья будет полезна не только разработчикам иммерсивных средств обучения – тренажеров и симуляторов, но и предприятиям, заинтересованным во внедрении подобных средств обучения.

Ключевые слова: виртуальная реальность, иммерсивность, VR-тренажер, цифровизация, эффективность обучения

ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF IMMERSIVE LEARNING TOOLS

Kurzaeva L.V., Kurzaev D.O., Kornev R., Mayorov P.E., Egorov M.I.

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

The development and application of immersive learning tools open up new perspectives for the development of educational systems, addressing questions of their effectiveness. The aim of this article is to describe one of the methods for evaluating immersive learning tools in terms of economic, didactic efficiency, and the «immersiveness» of content and the learning environment created. An attempt has been made to systematize and generalize metrics and evaluation methods of immersive learning tools using the example of the simulator «Breakthrough of a Shell Under a Crystallizer in a Continuous Casting Machine», developed based on virtual reality technology. Assessing the efficiency of the suggested approach involves three main aspects: economic evaluation (cost analysis), educational evaluation (assessment concerning educational achievements), and immersive evaluation (evaluation of how well the environment is replicated and the level of immersion achieved). Factors that impact the learning process and the immersive nature of content and learning environments are categorized into visualization (including content realism and animations), sound (comprising sound effects and dialogues), and considerations related to health and convenience, training (scenario, control subsystem, modes). This article will be useful not only to developers of immersive learning tools – simulators and simulators, but also to enterprises interested in implementing such learning tools.

Keywords: virtual reality, immersivable, VR simulator, digitalization, learning efficiency

Введение

Внедрение иммерсивных средств обучения в образовательный процесс актуализирует вопрос об оценке их эффективности. Различными авторами приводятся различные эффекты от их применения:

1) иммерсивные средства обучения могут улучшить усвоение материала благодаря более глубокому погружению в обучающую ситуацию, повышению уровня концентрации и внимания со стороны обучаемых [1];

2) использование иммерсивных средств может помочь улучшить запоминание информации. Из-за более яркого и запоминающегося опыта, полученного в виртуальной реальности (virtual reality, VR) или допол-

ненной реальности (augmented reality, AR), обучаемые могут легче запоминать и вспоминать информацию [2];

3) такие средства могут помочь снизить затраты на обучение. Например, вместо того, чтобы тренировать работников на реальном оборудовании, можно использовать VR-модели, что позволит снизить затраты на материалы и технику;

4) такие средства обучения позволяют воспроизвести опасные и нежелательные на производстве ситуации, «натурное» воспроизведение которых невозможно в целях обучения (например, производственные аварии) [3];

5) использование иммерсивных средств обучения может помочь улучшить безопас-

ность в рабочих условиях. Например, тренировка на опасных ситуациях в VR может помочь снизить риск травм и несчастных случаев на рабочем месте.

Отсутствие специализированной методики оценки эффективности внедрения иммерсивных средств обучения приводит к той самой неопределенности технико-экономического обоснования внедрения таких решений в целях подготовки персонала на промышленных предприятиях. Необходима методика оценки эффективности данного нововведения – конечная, измеримая единица, которая даст понимание выгоды и привлекательности с точки зрения экономики и обучения.

Целью исследования является разработка методики оценки современных средств обучения с точки зрения экономической, дидактической эффективности и «иммерсивности» контента.

Материалы и методы исследования

Ведущими методами исследования являются систематизация метрик и способов оценки иммерсивных средств обучения, представленных в научной литературе, и обобщение собственного опыта.

А.И. Азазевич рассматривает иммерсивные технологии как средство, прежде всего, визуализации сложных процессов, связывает их применение с реализацией деятельностного, контекстного и информационного подходов в обучении, определяя их вклад в эффективность обучения новыми возможностями реализации опыта познания через активизацию органов чувств человека [4]. Однако при проработке вопроса «иммерсивности» остаются нераскрытыми факторы и их влияние непосредственно на само обучение. И.В. Симонов раскрывает практику использования иммерсивных технологий в условиях промышленных предприятий [5], актуализируя вопрос оценки эффективности переноса полученного опыта из виртуальной среды в реальную, что особенно важно для обучения, связанного с безопасностью и охраной труда. При обсуждении принципа корпоративного обучения интересен вопрос и экономической эффективности.

По мнению авторов, удачная попытка способов оценки эффективности иммерсивных средств обучения на примере представлена в работе М.Д. Гаммера, С.Л. Голофаста [6]. Базой исследования являлись около 80 различных организаций, использующих тренажеры на основе технологии виртуальной реальности. Всего респондентов – примерно 4,5 тысячи человек, проходивших обучение на тренажерах в объеме 2000 ча-

сов. Сам способ впервые был представлен в 2013 году, некоторые моменты сегодня требуют уточнения и корректировки в зависимости от назначения тренажера. Раскроем содержание данной методики [6], представив ее в авторской интерпретации, дополнив и доработав на примере VR-тренажера «Прорыв корочки слитка под кристаллизатором МНЛЗ», проектные решения по которому представлены авторами в отдельной статье [7].

Результаты исследования и их обсуждение

VR-тренажер «Прорыв корочки слитка под кристаллизатором МНЛЗ» был разработан специально для отработки действий персонала промышленного предприятия по ликвидации аварии. Тренажер содержит 18 учебных заданий, отражающих правильную последовательность действий.

Разработка и внедрение иммерсивного средства обучения, связанного с раскрытием действия как при аварийных ситуациях, так и в целом при чрезвычайных происшествиях, преследуют следующие цели: с точки зрения экономики – сократить временные и финансовые затраты при локализации и ликвидации чрезвычайных происшествий; с точки зрения дидактики – способствовать более качественному усвоению результатов обучения, что может проявиться в уменьшении количества ошибок в реальности. Последнее может быть обеспечено, например, тем, что действия будут отработаны в искусственно созданной виртуальной среде, максимально полно повторяющей среду и условия конкретного предприятия.

Количественная эффективность иммерсивного средства обучения определяется по трем компонентам: *EcomomEffect* – экономическая эффективность относительно затрат на обучение; *EducateEffect* – дидактическая эффективность относительно результатов обучения; *ImmersiveEffect* – иммерсивность компьютерной реализации.

Рассмотрим вычисление компонентов данной модели.

Экономическая эффективность может быть рассчитана по-разному.

Рассмотрим первый вариант, описанный в [6]:

$$EcomomEffect = \frac{A + B \times t_1}{C + D \times t_2}, \quad (1)$$

где A – затраты на закупку иммерсивного средства обучения и оборудования для него;
 B – постоянные (амортизация) и переменные (электроэнергия, часть заработной

платы администратора и др.) затраты в процессе эксплуатации иммерсивного средства обучения и оборудования для него;

C – затраты на закупку/аренду реального оборудования для оснащения площадок обучения;

D – постоянные (амортизация) и переменные (расходные материалы и др.) затраты в процессе эксплуатации реального оборудования;

t_1 – время, необходимое для подготовки и непосредственной реализации образовательного процесса с иммерсивным средством обучения;

t_2 – время, необходимое для подготовки и непосредственной реализации образовательного процесса с реальным оборудованием [6].

Данный вариант оценки оправдан, если необходимое оборудование действительно возможно закупить и оснастить площадку обучения или же выделить время в производственном цикле предприятия, чтобы провести необходимое обучение. Если же речь идет о сложном оборудовании, закупка которого невозможна или заведомо нецелесообразна, а доступ строго ограничен или изучаемый процесс нежелателен и опасен к воспроизведению в реальности, предлагаем несколько другой способ.

Второй способ как раз может быть использован для иммерсивных средств обучения, связанных с воспроизведением аварийных ситуаций. В знаменателе в формуле выше можно учесть статистическую разницу в затратах при правильных или неправильных действиях персонала либо потери при возникновении такой ситуации в целом.

В данной статье не будем приводить расчет по данному компоненту, но отметим, что экономическая эффективность не может свидетельствовать о практическом эффекте в части основного назначения VR-тренажера – обучения.

Дидактическая эффективность – уровеньная оценка результатов обучения, полученных на иммерсивном средстве обучения.

Данная эффективность может быть рассчитана по формуле:

$$\text{Educate Effect} = \frac{\text{SkillLevelT} - \text{SkillLevel0}}{\text{SkillLevelR} - \text{SkillLevel0}} \quad (2)$$

где SkillLevel0 – исходный уровень результатов обучения обучаемого;

SkillLevelT – достигнутые результаты обучения обучаемого после прохождения обучения с использованием иммерсивного средства обучения;

SkillLevelR – достигнутый уровень результатов обучения после обучения в тра-

диционном режиме без иммерсивного средства обучения.

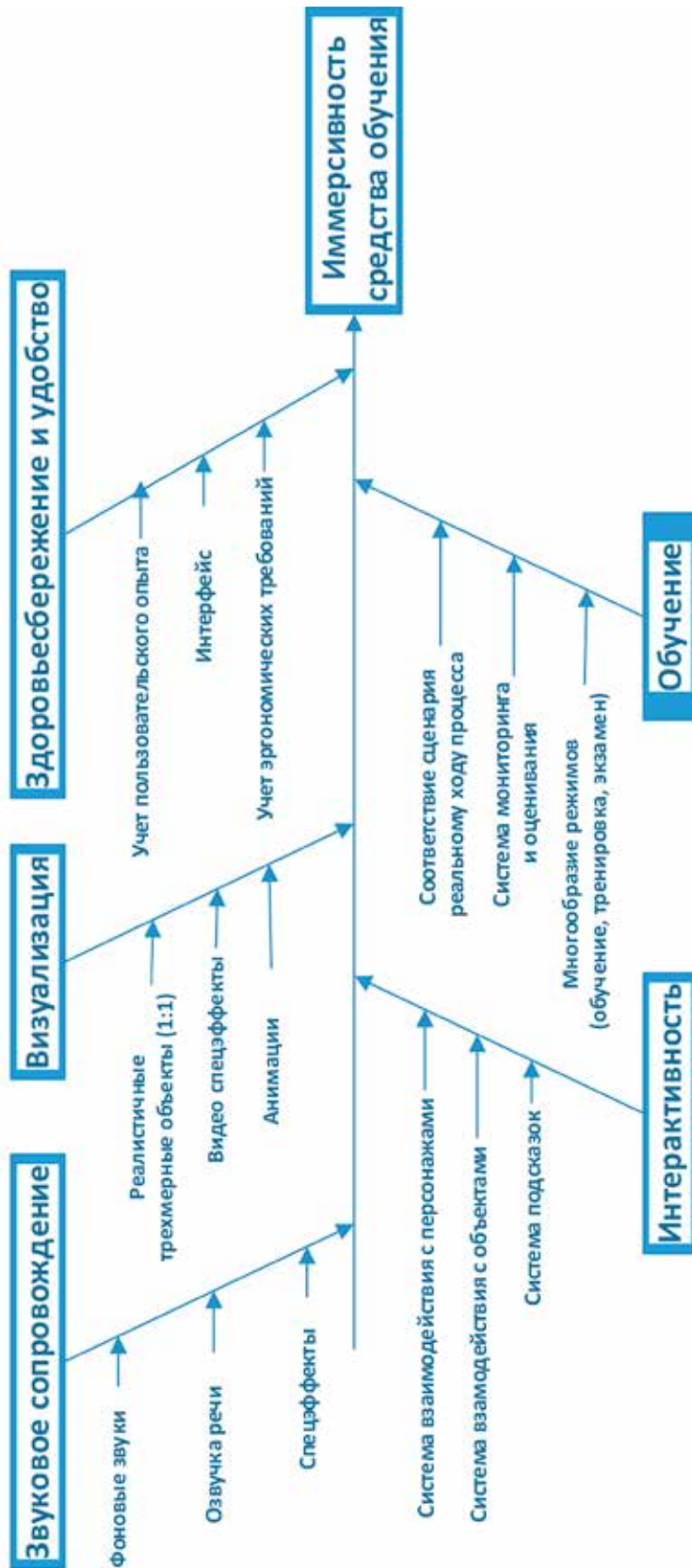
Данный компонент может получить свое развитие в сторону содержательного отличия получения результатов обучения с использованием иммерсивных средств обучения.

Данный расчет эффекта отличается учетом комплекса преимуществ иммерсивного средства обучения именно как «технического средства обучения» [6]: возможности повторов проигрывания сценариев; отслеживание прогресса и системы контроля действий; адаптация заданий под обучающегося (например, режимы подсказок и дополнительной информации); воспроизведение опасных условий, дорогого оборудования или сложных процессов; повышение мотивации к обучению за счет интерактивности.

Дидактическая эффективность – это, по сути, способ оценки, основанный на учете усвоенных действий, правил поведения, манипуляций с объектами, то есть деятельностного компонента в результатах обучения, заключающийся в категориях умений и навыков. В этом состоит несомненное отличие именно подготовки с использованием иммерсивных средств обучения, когда формирование результатов обучения в целом происходит на основе отработки действий, часто – повторной. С целью повышения достоверности дидактической оценки эффективности обучения можно ввести метрики, основанные на временных, скоростных, точностных и информационных характеристиках: это могут быть время обучения, скорость принятия решений или освоения трудовых функций, динамика снижения ошибочных действий до и после обучения, объем усвоенного материала к времени обучения.

Существуют другие факторы, относящиеся к личности обучаемого (интуиция, креативность, критическое мышление и др.), но это скорее тема отдельного исследования в отношении пребывания обучающегося в иммерсивной среде тренажера и того, как он выполняет задания, исходя из личностных качеств.

Отметим недостатки при оценке по данному компоненту. Один из недостатков отметили М.Д. Гаммер, С.Л. Голофаст [6], он заключается в том, что педагогические категории оценки результатов обучения сложно соотносить с экономическими категориями. С данным утверждением можно согласиться отчасти, так как, например, для 18 выделенных действий из рассматриваемого тренажера можно практически для всех оценить экономическую стоимость – цену ошибку, понимая последствия неправильно принятого решения.



Факторы, влияющие на иммерсивность средств обучения

Второй недостаток носит более серьезный характер – данный компонент не позволяет оценить соответствие воссозданной иммерсивной среды реальным условиям, а следовательно, «не дает судить о потенциале переноса результатов обучения в реальную практику» [7].

Данный компонент нуждается в проработке на стыке как педагогики и экономики, так и педагогики и технологий реализации иммерсивных средств обучения.

Воспользовавшись формулой, произведем расчет на основании результатов обученных 12 человек в традиционном режиме и с использованием тренажера (учитывался средний балл по группе в 100-балльной системе).

$$EducateEffect = \frac{98 - 63}{84 - 63} = 1,6$$

Следовательно, отмечается прирост знания, умений и навыков при использовании тренажера по сравнению с традиционным изучением правил ликвидации аварии.

Последний компонент модели – оценка иммерсивности или передачи ощущения погружения и присутствия в виртуальной среде как в реальной. Фокус оценки здесь смещается на то, насколько воспроизведение реального оборудования и процесса, следовательно, учитываются факторы, характеризующие именно иммерсивность: соответствие окружения, выполненного в рамках различных технологий компьютерной графики и трехмерного моделирования, реальному окружению; соответствие звукового сопровождения оригиналу; соответствие игровых механик способам манипуляции с промышленными объектами; гомоморфизм и изоморфизм математических и компьютерных моделей и др. На рисунке авторами представлены выделенные факторы, которые по-разному влияют на иммерсивность средства обучения: реализация одних может ее снижать, других, напротив – повышать.

Расчет компонента осуществляется по выделенным в диаграмме факторам по следующей формуле:

$$ImmersiveEffect = w_1 \times Math + w_2 \times Graphic + w_3 \times Control + w_4 \times Sound \quad (3)$$

где Math – агрегированный показатель проработки сценария в плане адекватности воспроизведения процессов, событий и ситуаций, в том числе с использованием математических и вероятностных моделей;

Graphic – агрегированный показатель уровня проработки факторов, связанных с визуализацией, в том числе анимации;

Control – агрегированный показатель уровня проработки факторов интерактивности и подсистем обучения, а также здоровьесбережения и удобства;

Sound – агрегированный показатель уровня проработки звукового сопровождения;

w_i – соответствующие «веса» показателей.

Оценка эффективности по данному компоненту осуществляется на основе экспертной оценки. Она учитывает финансовые затраты при заданных уровнях адекватности, но имеет не прямое отношение к эффективности. Согласимся с авторами статьи [6], что не во всех случаях наиболее точное воспроизведение реального оборудования в имитаторе обеспечивает высшее качество обучения.

Современные исследования направлены на углубление оценки иммерсивности посредством использования нейроинтерфейсов, трекеров глаз, гальванометров и прочих датчиков, дающих обратную связь по самочувствию и восприятию [8]. Вопросы поиска нужного уровня иммерсивности актуальны для понимания воздействия среды на психологию человека и его психосоматическое состояние. Пользовательский опыт может быть как полезен в плане формирования умений в приближенной к реальности среде, так и опасен в силу привыкания и возможности многократного прохождения сценария для отработки действий, неправильное выполнение которых, например, влечет вред здоровью. Иными словами, воспроизведенная симуляция опасности и отсутствие значимых последствий для обучаемого могут способствовать снижению самоконтроля личности в реальности. Здесь нужны дополнительные исследования. Однако интересно и другое направление изучения иммерсивных средств обучения по данному компоненту, а именно в отношении оценки профессиональной пригодности обучающегося, что может также являться объектом внимания со стороны психолого-педагогических исследований.

Произведем расчет по данному компоненту на основе данных проведенного анкетирования после прохождения тренажера группой из 12 человек (использованы полученные средние значения баллов по 100-балльной шкале, отметим, что компонент Math для рассматриваемого тренажера не имеет значения):

$$ImmersiveEffect = 0,4 \times 98 + 0,3 \times 92 + 0,3 \times 76 = 89,6$$

Полученное значение иммерсивности (89,6 из 100) свидетельствует о хорошей проработанности мультимедийного кон-

тента, однако несколько отстает показатель управляемости, что частично можно объяснить отсутствием опыта эксплуатации подобных систем у обучающегося.

По всем трем рассчитанным компонентам эффективности отмечается положительный эффект, что свидетельствует об общей проработанности разработанного решения.

Заключение

Иммерсивные средства обучения, безусловно, влияют на качество обучения. Погружение в цифровую модель реального процесса сказывается на восприятии и осознании материала обучения, однако степень проработки дидактического аспекта и иммерсивности может быть различной, не говоря уже об экономическом эффекте. Считаем, что предложенная методика может быть использована для расчета эффектов, а полученные по ней результаты дадут разработчикам информацию, полезную к учету для дальнейшей практической деятельности по созданию иммерсивных средств обучения.

Список литературы

1. Фивейский В.Ю. Иммерсивные технологии в корпоративном обучении: опыт университета правительства Мо-

сквы // *Авиация и космонавтика*. Московский авиационный институт (НИУ). М., 2022. С. 593-595.

2. Журихин С.А. VR-технологии в обучении и развитии персонала // *Вестник Университета Правительства Москвы*. 2022. № 2. С. 46-51.

3. Зайнуллина М.Р., Морозов Я.А. Использование виртуальной, дополненной и смешанной реальности в образовании // *Научные труды Центра перспективных экономических исследований*. 2020. № 19. С. 62-67.

4. Азевич А.И. Иммерсивные технологии как средство визуализации учебной информации // *Вестник Московского городского педагогического университета*. Серия: «Информатика и информатизация образования». 2020. № 2 (52). С. 35-43.

5. Симонов И.В. Иммерсивные технологии – инструмент снижения вероятности возникновения несчастных случаев в строительстве и промышленности // *Здания высоких технологий*. 2020. № 3. С. 22-25.

6. Гаммер М.Д., Голофаст С.Л. К вопросу оценки эффективности компьютерных имитационных тренажеров // *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. 2013. № 2. С. 119-125.

7. Курзаева Л.В., Корнев Р., Спиридонов А.К., Егоров М.И., Макеев А.А. К вопросу о разработке иммерсивных средств обучения для системы профессионального образования // *Мир науки. Педагогика и психология*. 2023. Т. 11. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/10PDMN423.pdf> (дата обращения: 28.05.2024).

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 681.537

DOI 10.17513/snt.40082

СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В ПРЕДЕЛАХ ЗАДАННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Полищук В.И., Шувалова А.А.

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Ханты-Мансийск,
e-mail: polischuk_vi@mail.ru

В статье приведены результаты работы по созданию интеллектуальной автоматизированной системы управления перетоком мощности по линии электропередач в вынужденном режиме ее работы. Работа системы базируется на использовании регулирующего эффекта нагрузки и математического аппарата нечеткой логики. Приведена структура системы управления, разработана база правил для нечеткого регулятора и проведено математическое моделирование работы системы. Цель – синтез автоматизированной системы управления перетоком мощности по линии электропередач в пределах заданной пропускной способности и имитационное моделирование ее работы. Методы исследования – теория нечетких множеств, теория автоматического управления, пакет программ MatLab и Fuzzy Logic Toolbox, методы автоматической актуализации статической характеристики нагрузки. Имитационное моделирование показало, что использование регулирующего эффекта нагрузки способно ограничить переток активной мощности на перегруженной межсистемной линии электропередач до 10%. Автоматизация процесса управления вынужденным режимом работы элемента энергосистемы значительно повышает его эффективность за счет сокращения времени работы с 40 до 2 мин и исключает коммутационные отключения потребителей. Применение базы правил в работе нечеткого регулятора обеспечивает устойчивость регулирования напряжения в нормальных режимах и мощности в вынужденном режиме работы линии электропередач.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, теория нечетких множеств, нечеткий регулятор, регулирование напряжения под нагрузкой, пропускная способность линии электропередач

SYNTHESIS OF THE INTELLECTUAL AUTOMATED CONTROL SYSTEM BY ELECTRIC POWER TRANSPORT ON ELECTRIC MAINS WITHIN THE SET THROUGHPUT

Polischuk V.I., Shuvalova A.A.

Yugra State University, Khanty-Mansiysk, e-mail: polischuk_vi@mail.ru

In article results of work on creation of the intellectual automated control system by a capacity overflow on an electric main in the compelled mode of its work are resulted. System work is based on use of regulating effect of loading and a mathematical apparatus of indistinct logic. The control system structure is resulted, the base of rules is developed for an indistinct regulator and mathematical modelling of work of system is spent. Synthesis of the automated control system by a capacity overflow on an electric main within the set throughput and to imitating modelling of its work. Fuzzy set theory, automatic control theory, software package MatLab and Fuzzy Logic Toolbox, the methods of automatic actualisation of a direct current characteristic of loading. Imitating modelling has shown, that use of regulating effect of loading is capable to limit an active power flow on the overloaded intersystem electric main to 10%. Managerial process automation by the compelled mode of operation of an element of an electric power system, considerably raises its efficiency, at the expense of reduction of an operating time with 40 to 2 minutes and excludes switching-off of consumers. Application of base of rules in work of an indistinct regulator provides a pressure control stability in normal modes and capacity in the compelled mode of operation of an electric main.

Keywords: the automated control system, fuzzy set theory, the indistinct regulator, regulation of a closed-circuit voltage, throughput of an electric main

Введение

С внедрением современных информационных технологий в российскую энергетическую систему, противоаварийная автоматика (ПА) и системы автоматизированного диспетчерского управления (АСДУ) стали одними из самых развивающихся направлений, обеспечивающих надежность работы энергосистемы в целом. Применение интеллектуальных методов обработки данных открывает новые возможности для АСДУ и ПА в части автоматизации управления пре-

даварийных и послеаварийных режимов [1]. Одним из остро нуждающихся в автоматизации режимов является вынужденный режим работы элементов энергосистемы (ЭС). Вынужденный режим – это режим, в котором нагрузка на элементе энергосистемы выше номинального значения, но ниже аварийной уставки срабатывания ПА [1, 2]. Несмотря на то, что такой режим считается допустимым, он должен быть кратковременным. Стандарт СТО 59012820.27010.005-2013 ОАО «СО ЕЭС» требует от диспетчера лик-

видировать вынужденный режим за 40 мин [2]. В настоящее время диспетчерский персонал для ликвидации этого режима вынужден быстро предпринимать действия коммутационного характера (отключает часть потребителей) или вводит ограничения на энергопотребление [2].

В работе изложены результаты исследования по синтезу автоматизированной системы управления транспортом электроэнергии по линиям электропередач в пределах заданной пропускной способности (АСУПМ). Создание АСУПМ основано на знании величины регулирующего эффекта нагрузки (РЭН). Несмотря на то, что известно довольно много исследований по применению РЭН, практического развития они не получили, поскольку для корректных действий диспетчеру необходимы точные данные о величине и знаке коэффициента РЭН (КРЭН) конкретного узла энергосети [3–5]. Но с развитием теории и информационных технологий появляются технические средства, способные автоматически актуализировать изменение КРЭН [6, 7], и появляется возможность создания АСУПМ.

Цель исследования заключается в синтезе автоматизированной системы управления перетоком мощности по линии электропередач в пределах заданной пропускной способности и имитационному моделированию ее работы.

Материалы и методы исследования

Как было сказано выше, АСУПМ возможно реализовать на основе данных о РЭН. Если КРЭН положительный, то для снижения перетока мощности надо уменьшить напряжение, если же КРЭН имеет отрицательное значение, то напряжение надо увеличить [6], при КРЭН ≈ 0 изменение напряжения не повлияет на переток мощности [1]. Самыми распространенными

способами управления уровнем напряжения в ЭС являются: изменение напряжения на выводах генераторов (АРВ); изменение числа витков у трансформаторов (РПН, ПБВ); изменение напряжения устройствами компенсации реактивной мощности (БСК или синхронными компенсаторами) [1]. На электростанции реализовать управление напряжением для реализации поставленной задачи технически невозможно, поэтому АСУПМ вырабатывает управляющие воздействия на контроллеры РПН или БСК [1]. Микропроцессорные устройства АРПН уже по своему основному предназначению выдают сигналы на регуляторы и поддерживают необходимый уровень напряжения, имеют полностью настроенные исполнительные механизмы регулирования напряжения, а самое главное, в них возможна перенастройка на различные алгоритмы работы и допустима установка пользовательской программы. На АРПН возможно возложить дополнительную функцию по управлению перетоком мощности на перегруженном элементе сети.

Учитывая наличие контроллера мониторинга КРЭН, создание автоматизированной системы управления перетоком мощности (АСУПМ) по линии электропередач в пределах заданной пропускной способности производится по структурной схеме (рис. 1).

АСУПМ включает в себя:

- источник данных напряжения и мощности (X_U , X_P). Для мониторинга КРЭН необходимо использовать запротоколированные, приведенные к единой оси времени напряжение и мощность [6], взятые с автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) или оперативно-измерительного комплекса (ОИК) или телеизмерения (ТИ) [6];
- контроллер мониторинга КРЭН [6, 7];
- регулятор;
- АРПН и/или АБСК [1].

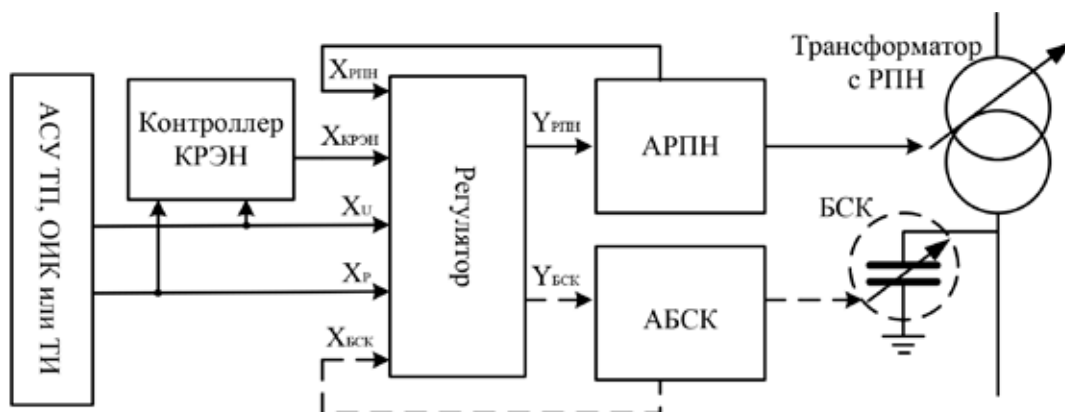


Рис. 1. Блок-схема функциональной структуры АСУПМ

Центральным элементом АСУПМ является регулятор. Проанализировав научные работы по автоматизации управления напряжением в узлах ЭС [8, 9], за основу взят нечеткий регулятор (НР).

Явными преимуществами при решении поставленной задачи являются:

- устойчивость процесса регулирования (робастность);
- быстродействие выше (НР – 4,3 с, ПИД – 9,5 с);
- у НР проще описание динамического процесса работы объекта регулирования.

Входными параметрами на входе регулятора являются: напряжение XU, активная мощность XP, коэффициент регулирующего эффекта нагрузки ХКРЭН, номер ступени РПН трансформатора ХРПН, номер ступени блока статических конденсаторов ХБСК. На выходе регулятора формируются дискретные управляющие сигналы Y_{БСК} и/или

Y_{БСК}, принимающие значения -1, 0 или +1. Контроллер КРЭН с входными параметрами напряжения XU и активной мощности XP, мониторит изменения РЭН, выдавая на выходе КРЭН.

Работа регулятора содержит три этапа: фаззификации, логического заключения и дефаззификации.

Для лингвистических функций принадлежности приняты три обозначения: S (small) – параметр меньше номинала и для крайней низкой степени регулирования; N (normally) – номинальное значение параметра и рабочее положение ступени регулирования; B (big) – параметр выше номинала и крайняя высокая степень регулирования [1].

Диапазон регулирования определяется исходя из технических ограничений по возможному изменению уровня напряжений и находится в границах +15% Uном [1].

№	X _U	X _P	X _{КРЭН}	X _{РПН}	X _{БСК}	Управление		№	X _U	X _P	X _{КРЭН}	X _{РПН}	X _{БСК}	Управление	
						БСК	РПН							БСК	РПН
1	N	S	-	S	S	0 (стойм)	0 (стойм)	42	S	N	-	N	N	0 (стойм)	0 (стойм)
2	B	S	-	S	S	0 (стойм)	U1 (вверх)	43	N	N	-	B	N	0 (стойм)	0 (стойм)
3	S	S	-	S	S	U1 (вверх)	0 (стойм)	44	B	N	-	B	N	0 (стойм)	0 (стойм)
4	N	S	-	N	S	0 (стойм)	0 (стойм)	45	S	N	-	B	N	0 (стойм)	0 (стойм)
5	B	S	-	N	S	0 (стойм)	U1 (вверх)	46	N	N	-	S	B	0 (стойм)	0 (стойм)
6	S	S	-	N	S	U1 (вверх)	0 (стойм)	47	B	N	-	S	B	0 (стойм)	0 (стойм)
7	N	S	-	B	S	0 (стойм)	0 (стойм)	48	S	N	-	S	B	0 (стойм)	0 (стойм)
8	B	S	-	B	S	0 (стойм)	0 (стойм)	49	N	N	-	N	B	0 (стойм)	0 (стойм)
9	S	S	-	B	S	U1 (вверх)	0 (стойм)	50	B	N	-	N	B	0 (стойм)	0 (стойм)
10	N	S	-	S	N	0 (стойм)	0 (стойм)	51	S	N	-	N	B	0 (стойм)	0 (стойм)
11	B	S	-	S	N	U1 (вниз)	0 (стойм)	52	N	N	-	B	B	0 (стойм)	0 (стойм)
12	S	S	-	S	N	U1 (вверх)	0 (стойм)	53	B	N	-	B	B	0 (стойм)	0 (стойм)
13	N	S	-	N	N	0 (стойм)	0 (стойм)	54	S	N	-	B	B	0 (стойм)	0 (стойм)
14	B	S	-	N	N	U1 (вниз)	0 (стойм)	55	-	B	S	S	S	U1 (вверх)	0 (стойм)
15	S	S	-	N	N	U1 (вверх)	0 (стойм)	56	-	B	S	N	S	U1 (вверх)	0 (стойм)
16	N	S	-	B	N	0 (стойм)	0 (стойм)	57	-	B	S	B	S	U1 (вверх)	0 (стойм)
17	B	S	-	B	N	U1 (вниз)	0 (стойм)	58	-	B	S	S	N	U1 (вверх)	0 (стойм)
18	S	S	-	B	N	U1 (вверх)	0 (стойм)	59	-	B	S	N	N	U1 (вверх)	0 (стойм)
19	N	S	-	S	B	0 (стойм)	0 (стойм)	60	-	B	S	B	N	U1 (вверх)	0 (стойм)
20	B	S	-	S	B	U1 (вниз)	0 (стойм)	61	-	B	S	S	B	0 (стойм)	0 (стойм)
21	S	S	-	S	B	0 (стойм)	0 (стойм)	62	-	B	S	N	B	0 (стойм)	U1 (вниз)
22	N	S	-	N	B	0 (стойм)	0 (стойм)	63	-	B	S	B	B	0 (стойм)	U1 (вниз)
23	B	S	-	N	B	U1 (вниз)	0 (стойм)	64	-	B	N	S	S	0 (стойм)	0 (стойм)
24	S	S	-	N	B	0 (стойм)	U1 (вниз)	65	-	B	N	N	S	0 (стойм)	0 (стойм)
25	N	S	-	B	B	0 (стойм)	0 (стойм)	66	-	B	N	B	S	0 (стойм)	0 (стойм)
26	B	S	-	B	B	U1 (вниз)	0 (стойм)	67	-	B	N	S	N	0 (стойм)	0 (стойм)
27	S	S	-	B	B	0 (стойм)	U1 (вниз)	68	-	B	N	N	N	0 (стойм)	0 (стойм)
28	N	N	-	S	S	0 (стойм)	0 (стойм)	69	-	B	N	B	N	0 (стойм)	0 (стойм)
29	B	N	-	S	S	0 (стойм)	0 (стойм)	70	-	B	N	S	B	0 (стойм)	0 (стойм)
30	S	N	-	S	S	0 (стойм)	0 (стойм)	71	-	B	N	N	B	0 (стойм)	0 (стойм)
31	N	N	-	N	S	0 (стойм)	0 (стойм)	72	-	B	N	B	B	0 (стойм)	0 (стойм)
32	B	N	-	N	S	0 (стойм)	0 (стойм)	73	-	B	B	S	S	0 (стойм)	U1 (вверх)
33	S	N	-	N	S	0 (стойм)	0 (стойм)	74	-	B	B	N	S	0 (стойм)	U1 (вверх)
34	N	N	-	B	S	0 (стойм)	0 (стойм)	75	-	B	B	B	S	0 (стойм)	0 (стойм)
35	B	N	-	B	S	0 (стойм)	0 (стойм)	76	-	B	B	S	N	0 (стойм)	U1 (вверх)
36	S	N	-	B	S	0 (стойм)	0 (стойм)	77	-	B	B	N	N	U1 (вниз)	0 (стойм)
37	N	N	-	S	N	0 (стойм)	0 (стойм)	78	-	B	B	B	N	U1 (вниз)	0 (стойм)
38	B	N	-	S	N	0 (стойм)	0 (стойм)	79	-	B	B	S	B	U1 (вниз)	0 (стойм)
39	S	N	-	S	N	0 (стойм)	0 (стойм)	80	-	B	B	N	B	U1 (вниз)	0 (стойм)
40	N	N	-	N	N	0 (стойм)	0 (стойм)	81	-	B	B	B	B	U1 (вниз)	0 (стойм)
41	B	N	-	N	N	0 (стойм)	0 (стойм)								

Рис. 2. База правил

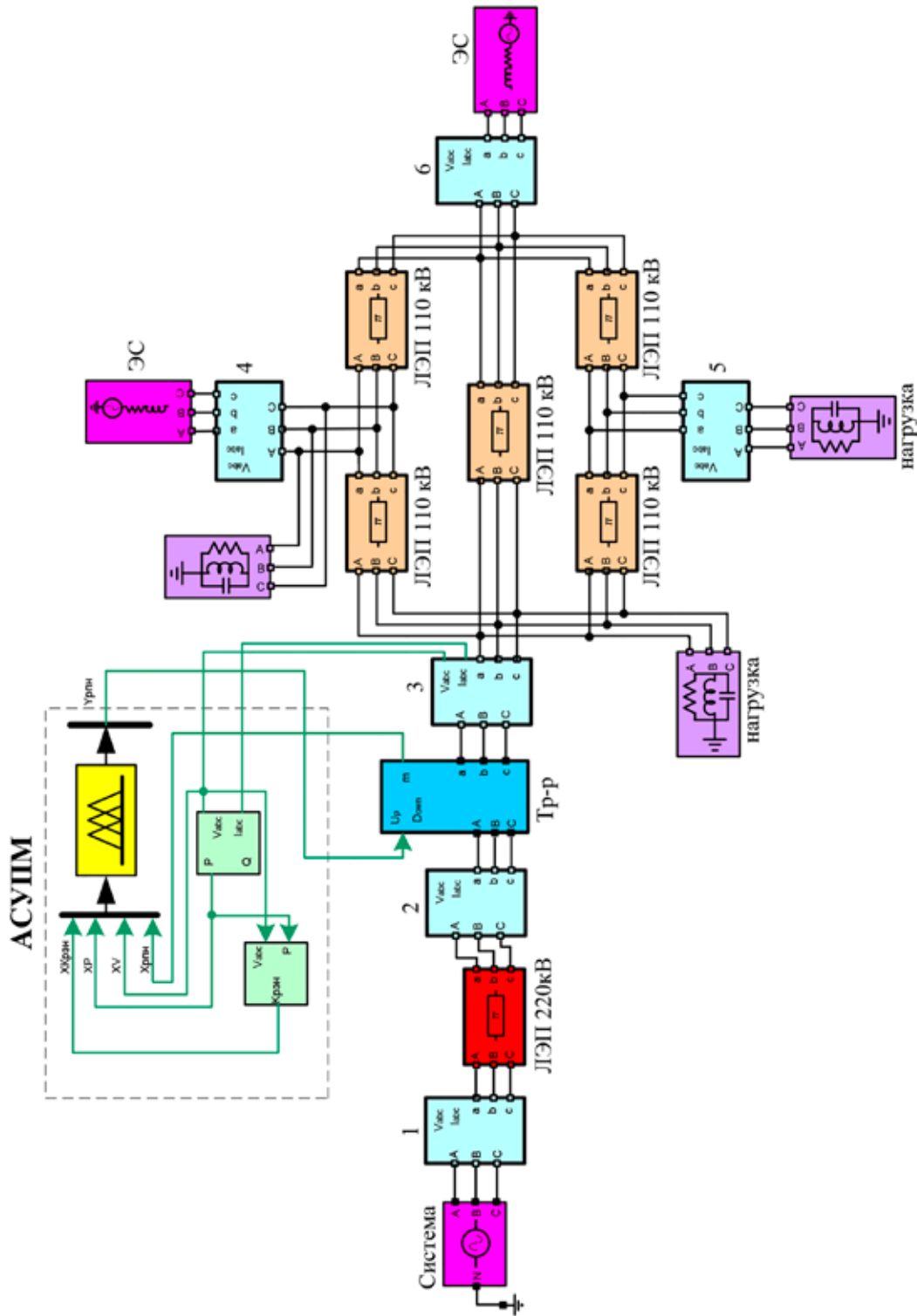


Рис. 3. Блок-схема имитационной модели рабочего процесса АСУПМ

В процессе фаззификации применялись четыре вида функций принадлежности: z -подобная (zmf); s -подобная (smf); треугольная ($trimf$) и трапециевидная ($trapmf$).

При создании базы правил использовался алгоритм Мамдани [10]. Правило на базе алгоритма Мамдани выглядит как: ЕСЛИ «ХУ = N» И «ХР = S» И «ХРЭН = N» И «ХРПН = N» И «ХБСК = N» ТО «У_{РПН} = N (0 стоим)» И «У_{БСК} = N (0 стоим)»

Применительно к решаемой задаче количество правил можно значительно уменьшить, если учесть особенности регулирования в различных режимах. При отсутствии перегрузки, то есть когда значение мощности «N» или «S», учет параметра ХРЭН можно исключить из базы правил. В этих режимах регулятор будет работать как регулятор напряжения. В режиме же перегрузки, когда значение мощности «В», можно исключить из базы правил учет параметра ХУ, поскольку при перегрузке регулирование ведется на основе данных ХРЭН. Количество правил при этом сокращается с 243 до 81, что позволяет значительно упростить базу правил и обеспечить устойчивость работы АСУПМ. Все правила приведены в таблице (рис. 2), в которой желтым цветом выделены правила, работающие в режиме перегрузки.

При создании базы правил учитывалось, что переключение РПН на ступень «вверх» уменьшает напряжение на выводах трансформатора, переключение на ступень «вверх» БСК подключает группу конденсаторов, что увеличивает напряжение на выводах.

Первоначально управляющее воздействие выдается на АБСК и только после достижения номера крайней ступени, управляющее воздействие выдается на АРПН.

Численное значение управляющих параметров Y на выходе регулятора определяется путем дефаззификации нечеткого множества по методу центра тяжести.

Результаты исследования и их обсуждение

Для апробации основных положений, положенных в работу АСУПМ, была создана имитационная модель части ЭС с межсистемной линией связи 220 кВ. На линии со стороны энергодефицитной части ЭС установлен трансформатор 220/110 кВ с АРПН регулирующей напряжением 110 кВ. В энергодефицитной части ЭС имеются три крупные нагрузки, пять линий электропередач, две электростанции, КРЭН на узле присоединения межсистемной линии электропередач имеет ненулевое значение.

Модель энергосистемы с АСУПМ реализована в MatLAB Simulink (рис. 3), с пакетом Fuzzy Logic Toolbox, позволяющим имитировать работу АСУПМ.

Энергодефицитная часть энергосистемы на 110 кВ состоит из узлов 3, 4, 5, 6 с электростанциями (ЭС) в узлах 4, 6 нагрузкой в узлах 3, 4, 5. Между энергосистемой (узел 1) и энергодефицитной частью энергосистемы (узел 3) имеется межсистемная линия (ЛЭП 220 кВ) с трансформатором (Тр-р) к АРПН которого подключена АСУПМ.

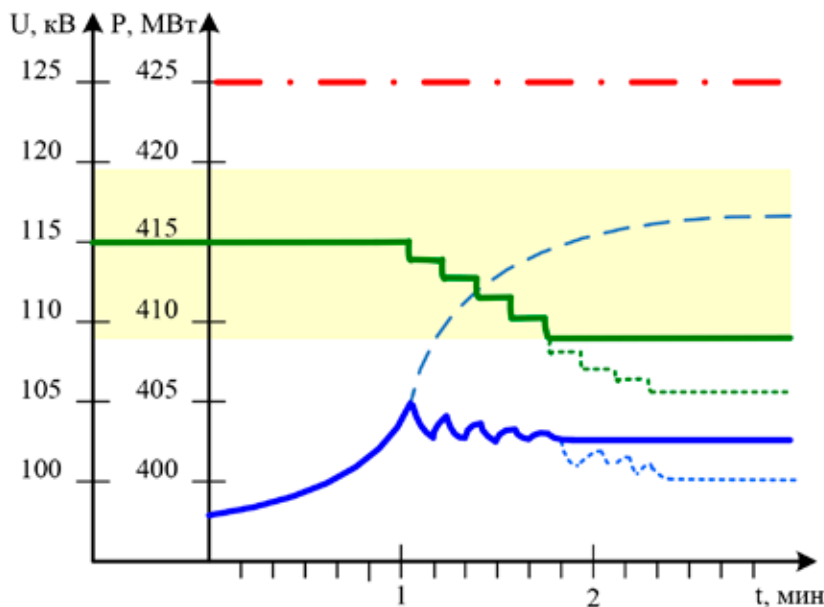


Рис. 4. Графики рабочего процесса АСУПМ

Напряжения в узлах следующие: во 2-м – 227,84 кВ, в 3-м – 113,98 кВ, в 4-м – 111,2 кВ, в 5-м – 111,03 кВ, в 6-м – 115,03 кВ. Суммарная потребляемая нагрузкой мощность – 509,59 МВт. Номинальный переток мощности по ЛЭП 220 кВ – 400 МВт, аварийно допустимый переток мощности по ЛЭП 220 кВ – 425 МВт. Имеется техническое ограничение по напряжению – не ниже 109 кВ, а также в модель введены временные параметры работы механизмов РПН с перерывом 1,5 с от одного переключения до другого для затухания коммутационных возмущений. График изменения напряжения и мощности при работе АСУПМ показан на рис. 4 [1].

Из рис. 4 видно, что, как только мощность потребления в энергодефицитной части энергосистемы достигла уровня перегрузки (405 МВт), АСУПМ на основе данных КРЭН выработал управляющее воздействие на РПН. Регулирование закончилось после пяти переключений, напряжение при этом достигло ограничения 109 кВ (узел 5), переток снизился до 402 МВт (3,7%) [1]. АСУПМ работает до технического ограничения, то есть до достижения мощности нормального значения или до ограничения по напряжению или до достижения крайних значений ступеней переключения. Например, при отсутствии ограничения по напряжению АСУПМ отработал до нормального перетока мощности (400 МВт) после восьми переключений за 1 мин 55 с (штриховые линии на рис. 4) [1].

Заключение

Имитационное моделирование показало, что использование регулирующего эффекта нагрузки способно ограничить переток активной мощности на перегруженной межсистемной линии электропередач до 10%.

Автоматизация процесса управления вынужденным режимом работы элемента энергосистемы значительно повышает его эффективность за счет сокращения времени работы с 40 до 2 мин и исключает коммутационные отключения потребителей.

Применение базы правил в работе нечеткого регулятора обеспечивает устойчивость регулирования напряжения в нормальных режимах и мощности в вынужденном режиме работы линии электропередач.

Список литературы

1. Шувалова А.А., Полищук В.И., Постоанкова К.Ю. Концепция построения автоматизированной системы управления перетоком активной мощности по линиям электропередач в режиме перегрузки // Автоматизация в промышленности. 2023. № 6. С. 23–26. DOI: 10.25728/avtprom.2023.06.04.
2. СТО 59012820.27010.005-2013 ОАО «СО ЕЭС». Правила перехода на работу в вынужденном режиме в контролируемых сечениях диспетчерского центра ОАО «СО ЕЭС»: стандарт организации: принят и введен в действие приказом ОАО «СО ЕЭС» от 19.12.2013 № 455 / разработан ОАО «СО ЕЭС». М., 2013. 27 с.
3. Буслов В.В., Чемборисова Н.Ш. Влияние статических характеристик современных видов нагрузок на режимы работы электрических сетей // Вестник Московского энергетического института. 2021. № 2. С. 20–28.
4. Babaei A., Ziomek W., Gole A.M. Transient characteristics of on-load tap changers during change-over operation // Electric Power Systems Research. 2021. Vol. 197. 107296. DOI: 10.1016/j.epsr.2021.10729.
5. Нигаматуллин Р.М., Газизова О.В., Малафеев А.В. Исследование влияния регулирующего эффекта нагрузки на уровень напряжения питающей подстанции с учетом мощности короткого замыкания энергосистемы // Электротехнические системы и комплексы. 2020. № 2 (47). С. 19–25. DOI: 10.18503/2311-8318-2020-2(47)-19-25.
6. Шувалова А.А., Полищук В.И. Методика и устройство актуализации регулирующего эффекта нагрузки узла энергосистемы // Вестник Югорского государственного университета. 2023. № 2 (69). С. 144–152. DOI: 10.18822/byusu202302144-152.
7. Полищук В.И., Панкратов А.В., Кондрашов М.А., Шувалова А.А. Автоматизированная идентификация статических характеристик нагрузки по напряжению «Идентификатор СХН» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. № 2021661878. Патентообладатель Кондрашов М.А. 2021. Бюл. № 7.
8. Рысев П.В., Пешко М.С., Шепелев А.О. Интеллектуальная система регулирования напряжения в распределительной электрической сети на основе нечеткой логики // Вестник Югорского государственного университета. 2022. № 3 (66). С. 107–117. DOI: 10.18822/byusu202203107-117.
9. Пантелеев В.И., Петухов Р.А., Сизганова Е.Ю. Анализ эффективности применения нечеткого регулирования уровня напряжения в распределительных сетях // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2018. Т. 11. № 5. С. 536–549. DOI: 10.17516/1999-494X-0052.
10. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. М.: Горячая линия – Телеком, 2023. 284 с.

УДК 004.94:621.3
DOI 10.17513/snt.40083

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Попов С.А., Фальков Г.А.

ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова»,
Белгород, e-mail: popov_seal@edu.bstu.ru

Целью данной работы является разработка имитационной модели наблюдателя состояний для систем векторного управления асинхронными электроприводами, которая по измеренным току и напряжению позволяет узнать потокосцепление ротора, скорость вращения ротора и электромагнитный момент, позволяет изучать и разрабатывать замкнутые бездатчиковые системы скалярного и векторного управления. Рассмотрены особенности построения имитационных моделей наблюдателя состояний для систем векторного управления асинхронными электроприводами. Данная задача обусловлена тем, что в процессе изучения, построения и моделирования векторных систем управления появляется необходимость отслеживать некоторые параметры электродвигателя косвенно, без применения соответствующих датчиков. В этом помогают различные наблюдатели состояний, которые по измеренным значениям косвенных величин позволяют получить необходимые значения. Чаще всего применяются наблюдатели состояний на основе упрощенных математических уравнений асинхронного электродвигателя, однако в большинстве из них скорость ротора наблюдателем не оценивается, либо для оценки применяется громоздкий математический аппарат. Поэтому был рассмотрен вариант построения наблюдателя состояний асинхронного электродвигателя, в основе которого лежат базовые уравнения асинхронного электродвигателя, а также ряд вспомогательных преобразований, позволяющих перейти от неподвижной системы координат к вращающейся. В результате работы была создана математическая и имитационная модель в программном комплексе Matlab-Simulink наблюдателя состояния асинхронного электродвигателя, которая по измеренным току и напряжению позволяет узнать потокосцепление ротора, скорость вращения ротора и электромагнитный момент, позволяет изучать и разрабатывать замкнутые бездатчиковые системы скалярного и векторного управления.

Ключевые слова: регулируемый электропривод, математическое моделирование, векторное управление, имитационное моделирование, скалярное управление, бездатчиковые системы управления, наблюдатель состояний

FEATURES OF CONSTRUCTING A SIMULATION MODEL OF A STATE OBSERVER FOR VECTOR CONTROL SYSTEMS OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE

Popov S.A., Falkov G.A.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shoukhov, Belgorod,
e-mail: popov_seal@edu.bstu.ru

The purpose of this work is to develop a simulation model of a state observer for vector control systems of asynchronous electric drives, which, based on the measured current and voltage, allows you to find out the rotor flow coupling, rotor rotation speed and electromagnetic torque, allowing you to study and develop closed sensorless scalar and vector control systems. The features of constructing simulation models of a state observer for vector control systems of asynchronous electric drives are considered. This task is due to the fact that in the process of studying, constructing and modeling vector control systems, it becomes necessary to monitor some parameters of the electric motor indirectly, without the use of appropriate sensors. Various state observers help in this, which, based on the measured values of indirect quantities, allow us to obtain the necessary values. Most often, state observers are used based on simplified mathematical equations of an asynchronous electric motor, but in most of them the rotor speed is not estimated by the observer, or a cumbersome mathematical apparatus is used for evaluation. Therefore, a variant of constructing an observer of the states of an asynchronous electric motor was considered, which is based on the basic equations of an asynchronous electric motor, as well as a number of auxiliary transformations that allow switching from a stationary coordinate system to a rotating one. As a result of the work, a mathematical and simulation model was created in the Matlab-Simulink software package for an observer of the state of an asynchronous electric motor, which, based on the measured current and voltage, allows you to find out the rotor flow coupling, rotor rotation speed and electromagnetic torque, allowing you to study and develop closed sensorless scalar and vector control systems.

Keywords: adjustable electric drive, mathematical modeling, simulation modeling, vector control, scalar control, sensorless control systems, state observer

Введение

На большинстве промышленных предприятий наблюдается значительный рост доли частотно-регулируемого электропри-

вода, внедрение которого позволяет существенно улучшить качество производственных операций и увеличить производительность. При этом большая часть управляемого

электропривода на данный момент строится на базе асинхронных электроприводов, которые обладают высокой степенью надежности, относительно невысокой ценой, и при этом их техническое обслуживание достаточно простое [1].

В зависимости от объекта управления и требуемых задач используют различные системы управления электроприводом, которые можно выделить в две группы: скалярное управление и векторное управление.

Скалярное управление основано на математическом аппарате, позволяющем управлять выходным напряжением и его частотой, поддерживая их в заданном отношении. Скалярное управление чаще всего применяют для электроприводов, работающих в условиях, где переменная нагрузка минимальна, отсутствуют жесткие требования к диапазону регулирования и не требуется высокая динамика (насосы, вентиляторы, компрессоры, при этом допускается возможность их группового подключения). Скалярные системы управления могут быть реализованы как разомкнутыми, без каких-либо дополнительных датчиков, так и замкнутыми, по скорости или по какой-либо другой выходной величине, например по величине выходного давления в магистрали, в системах стабилизации напора [2].

Векторное управление, в отличие от скалярного, позволяет контролировать не только величину и частоту выходного напряжения частотного преобразователя, но и его фазу, то есть контролируются величина и угол пространственного вектора напряжения. Векторное управление позволяет производить регулирование скорости с высокой точностью даже в условиях постоянно изменяющейся нагрузки и высокими значениями пускового момента (грузоподъемные механизмы, станки для металлообработки, лифты, экструдеры, дробилки, конвейеры). В связи с тем, что в основе алгоритма векторного управления лежит принцип преобразования координат, а именно переход от трехфазной неподвижной системы координат к двухфазной подвижной, для осуществления этого преобразования необходима информация о положении ротора. Получить эту информацию можно напрямую от двигателя, при помощи установки датчика положения, либо организацией бездатчиковой системы управления, путем введения в систему управления специализированного блока, наблюдателя [3].

Цель исследования – разработка имитационной модели наблюдателя состояний для систем векторного управления

асинхронными электроприводами, которая по измеренным току и напряжению позволяет узнать потокосцепление ротора, скорость вращения ротора и электромагнитный момент, позволяет изучать и разрабатывать замкнутые бездатчиковые системы скалярного и векторного управления

Описание блока наблюдателя

Блок наблюдателя позволяет в режиме реального времени получить информацию о положении ротора, скорости вращения двигателя и потокосцеплении, используя для расчета параметры двигателя и данные о фазных напряжениях и токах двигателя. В некоторых случаях блок наблюдателя применяют и для построения бездатчиковых замкнутых систем скалярного регулирования, ведь исключения физического датчика скорости из системы управления позволяют уменьшить итоговую стоимость электропривода, а также повысить его эксплуатационные показатели и упростить процесс наладки [4].

В общем случае наблюдатель состояния представляет собой модель, подключаемую параллельно к объекту управления и получающую информацию об изменениях регулируемой величины посредством отслеживания регулирующих величин. Можно выделить три группы наблюдателей [5]:

- 1) измеряющие (непрямые измерители положения и измерители ошибки ориентирования);
- 2) на основе математических моделей (неадаптивные и адаптивные);
- 3) наблюдатели на основе фильтра Калмана.

На практике чаще всего встречается именно вторая категория наблюдателей, построенная на базе упрощенных математических моделей двигателя. Главным преимуществом данной категории наблюдателей является относительная простота используемого математического аппарата, при достаточно высокой точности.

В первую очередь ко входным величинам тока и напряжения применяется преобразование Кларк, позволяющее перейти от трехфазной неподвижной системы координат к двухфазной неподвижной системе координат.

1. Преобразование Кларк для фазных токов имеет вид

$$\begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}. \quad (1)$$

2. Преобразование Кларк для фазных напряжений имеет вид

$$\begin{bmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix}. \quad (2)$$

3. Преобразование Кларк для линейных напряжений можно вывести из преобразования Кларк для фазных напряжений:

$$U_\alpha = \frac{2}{3}U_a - \frac{1}{3}U_b - \frac{1}{3}U_c, \quad (3)$$

$$U_\beta = \frac{\sqrt{3}}{3}(U_b - U_c). \quad (4)$$

Так как линейные напряжения описываются выражениями

$$U_{ab} = U_a - U_b, \quad (5)$$

$$U_{bc} = U_b - U_c. \quad (6)$$

Преобразование Кларк для линейных напряжений имеет вид

$$\begin{bmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & \frac{1}{3} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{ab} \\ U_{bc} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{matrix} U_\alpha = \frac{2}{3}U_{ab} + \frac{1}{3}U_{bc} \\ U_\beta = \frac{\sqrt{3}}{3}U_{bc} \end{matrix}. \quad (7)$$

Из уравнений электрического равновесия для обмотки статора двигателя в неподвижных координатах (α и β) можно выразить потокосцепление статора [6]:

$$\frac{d\overline{\Psi}_s}{dt} = \overline{U}_s - R_s \overline{I}_s, \quad (8)$$

$$\frac{d\Psi_{sa}}{dt} = U_{sa} - R_s I_{sa} \rightarrow \Psi_{sa} = \int (U_{sa} - R_s I_{sa}) dt, \quad (9)$$

$$\frac{d\Psi_{s\beta}}{dt} = U_{s\beta} - R_s I_{s\beta} \rightarrow \Psi_{s\beta} = \int (U_{s\beta} - R_s I_{s\beta}) dt. \quad (10)$$

Связь потокосцеплений статора и ротора с токами асинхронного двигателя, независимо от выбранной системы координат, можно представить в виде следующих выражений [7, с. 21]:

$$\overline{\Psi}_s = L_S \overline{I}_s + L_m \overline{I}_R, \quad (11)$$

$$\overline{\Psi}_R = L_R \overline{I}_R + L_m \overline{I}_s, \quad (12)$$

$$\overline{\Psi}_m = L_m \overline{I}_s + L_m \overline{I}_R = L_m \overline{I}_m, \quad (13)$$

$$L_S = L_m + L_{\sigma S}, \quad (14)$$

$$L_R = L_m + L_{\sigma R}, \quad (15)$$

где $L_{\sigma S}$ – индуктивность рассеяния статора;

$L_{\sigma R}$ – индуктивность рассеяния ротора;

L_m – индуктивность основного потока (взаимная индуктивность).

Из вышеперечисленных уравнений выражаем уравнение потокосцепления ротора в удобной форме:

$$\overline{\Psi}_R = L_R \left(\frac{\overline{\Psi}_s}{L_m} - \frac{L_S \overline{I}_s}{L_m} \right) + L_m \overline{I}_s = \frac{L_R}{L_m} \left(\overline{\Psi}_s - \left(L_S - \frac{L_m^2}{L_R} \right) \overline{I}_s \right), \quad (16)$$

$$\Psi_{Ra} = \frac{L_R}{L_m} \left(\Psi_{sa} - \left(L_S - \frac{L_m^2}{L_R} \right) I_{S\alpha} \right), \quad (17)$$

$$\Psi_{R\beta} = \frac{L_R}{L_m} \left(\Psi_{s\beta} - \left(L_S - \frac{L_m^2}{L_R} \right) I_{S\beta} \right). \quad (18)$$

Электромагнитный момент, выраженный через потокосцепление статора, описывается следующим выражением [8, с. 53]:

$$M_{\text{д}} = \left(\frac{3}{2} \right) p_{\text{п}} (\Psi_{sa} I_{S\beta} - \Psi_{s\beta} I_{S\alpha}). \quad (19)$$

Зная электромагнитный момент, можно рассчитать частоту роторной ЭДС по следующей формуле:

$$\omega_p = \frac{2R_R M_{\text{д}}}{3p_{\text{п}} |\Psi_R|^2} = \frac{2R_R M_{\text{д}}}{3p_{\text{п}} (\Psi_{Ra}^2 + \Psi_{R\beta}^2)}. \quad (20)$$

Частоту напряжения питания можно вычислить как производную от угла между вращающейся системой координат и неподвижной. Если принять, что ось x вращающейся системы координат сонаправлена вектору потокосцепления ротора, то указанный угол θ_c можно вычислить как арктангенс отношения проекции вектора потокосцепления ротора на неподвижную ось β к проекции вектора потокосцепления ротора на неподвижную ось α :

$$\begin{aligned} \omega_{0\text{эл}} &= \frac{d\theta_c}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\arctg \frac{\Psi_{R\beta}}{\Psi_{Ra}} \right) = \\ &= \frac{1}{1 + (\Psi_{R\beta} / \Psi_{Ra})^2} \frac{d}{dt} \left(\frac{\Psi_{R\beta}}{\Psi_{Ra}} \right). \quad (21) \end{aligned}$$

Произведя необходимые упрощения, данное выражение примет вид

$$\omega_{0\text{эл}} = \frac{\Psi_{Ra} \frac{d\Psi_{R\beta}}{dt} - \Psi_{R\beta} \frac{d\Psi_{Ra}}{dt}}{\Psi_{Ra}^2 + \Psi_{R\beta}^2}. \quad (22)$$

Скорость двигателя определяется следующим выражением:

$$\omega = \frac{(\omega_{0\text{эл}} - \omega_p)}{p_{\text{п}}}. \quad (23)$$

Обобщенная система уравнений, описывающих асинхронный электродвигатель, позволяющая вычислить все необходимые параметры для создания бездатчиковых замкнутых систем, как скалярного,

так и векторного регулирования, представлена ниже (24).

$$\left. \begin{aligned} I_{\alpha} &= \frac{2}{3} I_a - \frac{1}{3} I_b - \frac{1}{3} I_c \\ I_{\beta} &= \frac{\sqrt{3}}{3} (I_b - I_c) \\ U_{\alpha} &= \frac{2}{3} U_a - \frac{1}{3} U_b - \frac{1}{3} U_c \\ U_{\beta} &= \frac{\sqrt{3}}{3} (U_b - U_c) \\ \Psi_{sa} &= \int (U_{sa} - R_s I_{sa}) dt \\ \Psi_{s\beta} &= \int (U_{s\beta} - R_s I_{s\beta}) dt \\ \Psi_{Ra} &= \frac{L_R}{L_m} \left(\Psi_{sa} - \left(L_S - \frac{L_m^2}{L_R} \right) I_{S\alpha} \right) \\ \Psi_{R\beta} &= \frac{L_R}{L_m} \left(\Psi_{s\beta} - \left(L_S - \frac{L_m^2}{L_R} \right) I_{S\beta} \right) \\ M_{\text{д}} &= \left(\frac{3}{2} \right) p_{\text{п}} (\Psi_{sa} I_{S\beta} - \Psi_{s\beta} I_{S\alpha}) \\ \omega &= \frac{(\omega_{0\text{эл}} - \omega_p)}{p_{\text{п}}} \\ \omega_{0\text{эл}} &= \frac{dt \Psi_{Ra} \frac{d\Psi_{R\beta}}{dt} - \Psi_{R\beta} \frac{d\Psi_{Ra}}{dt}}{\Psi_{Ra}^2 + \Psi_{R\beta}^2} \\ \omega_p &= \frac{2R_R M_{\text{д}}}{3p_{\text{п}} (\Psi_{Ra}^2 + \Psi_{R\beta}^2)} \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Построение имитационной модели наблюдателя

На основании данной системы уравнений была построена модель наблюдателя в программном комплексе Matlab-Simulink, показанная на рис. 1.

На вход полученной модели поступают данные о значении потребляемого электродвигателем тока (I_{abc}) и линейного напряжения питания (U_{abc}) асинхронного электродвигателя. Ко входным величинам применяется преобразование координат, после чего происходит вычисление промежуточных величин, таких как потокосцепление статора, потокосцепление ротора и электромагнитный момент электродвигателя.

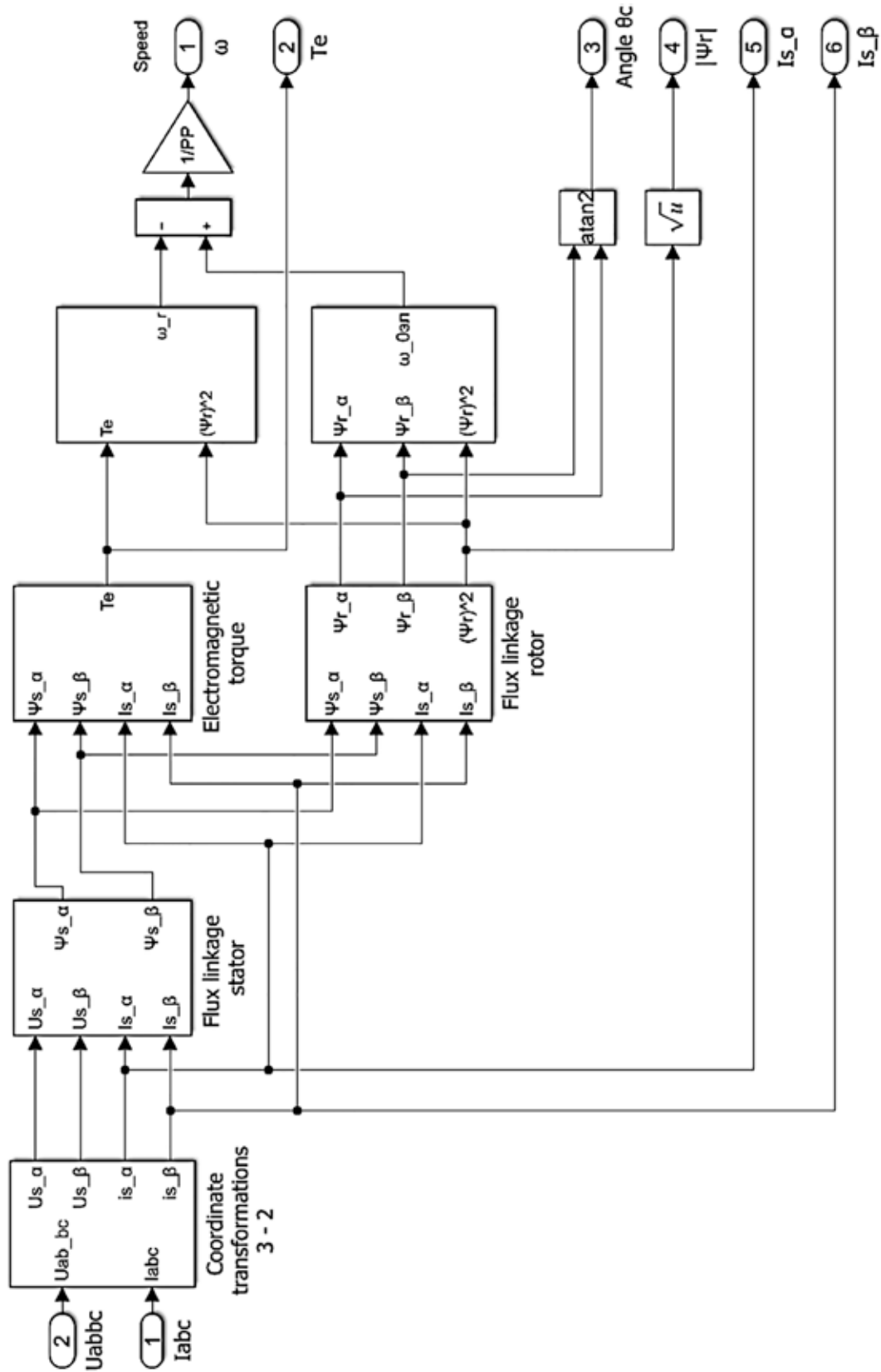


Рис. 1. Модель наблюдателя состояния для систем управления асинхронным электродвигателем

Структуры соответствующих вычислительных блоков показаны на рис. 2–4.

На основании вычисленных промежуточных значений происходит вычисление выходных данных, к которым относятся: скорость вращения электродвигателя, электромагнитный момент электродвигателя, угол поворота подвижной системы координат, значение потокосцепления ротора, а

также ток статора в неподвижной системе координат.

Показанные блоки и вся модель в целом собраны из простых базовых элементов, аналоги которых есть во многих системах структурного и имитационного моделирования, что не создает проблем при сборке структуры данной модели в других программных комплексах.

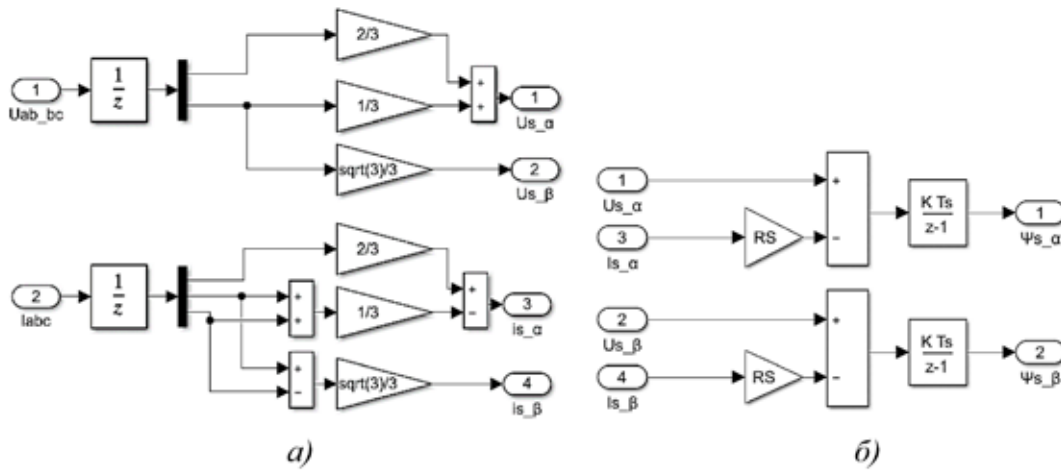


Рис. 2. Структура блока преобразования координат (а) и блока вычисления потокосцепления статора (б)

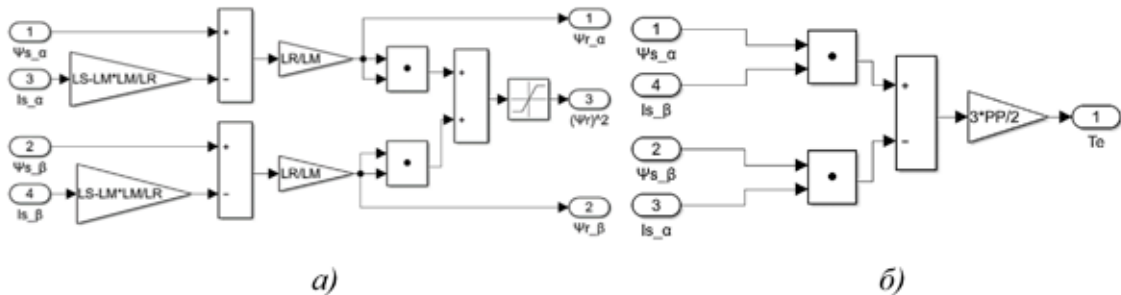


Рис. 3. Структура блока вычисления потокосцепления ротора (а) и блока вычисления электромагнитного момента (б)

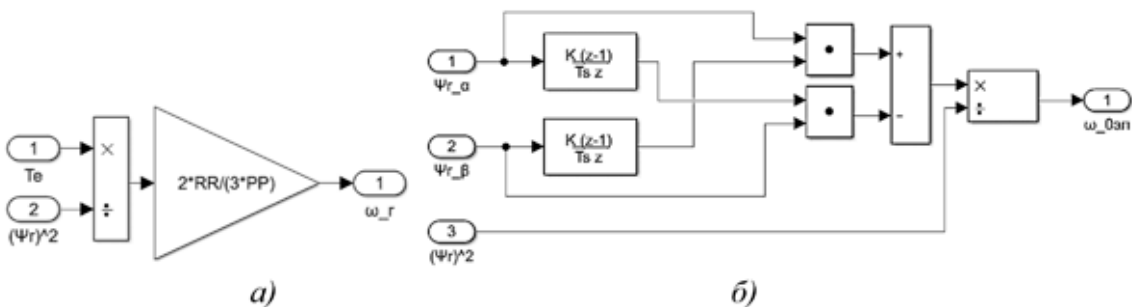


Рис. 4. Структура блока вычисления частоты роторной ЭДС (а) и блока вычисления частоты напряжения питания (б)

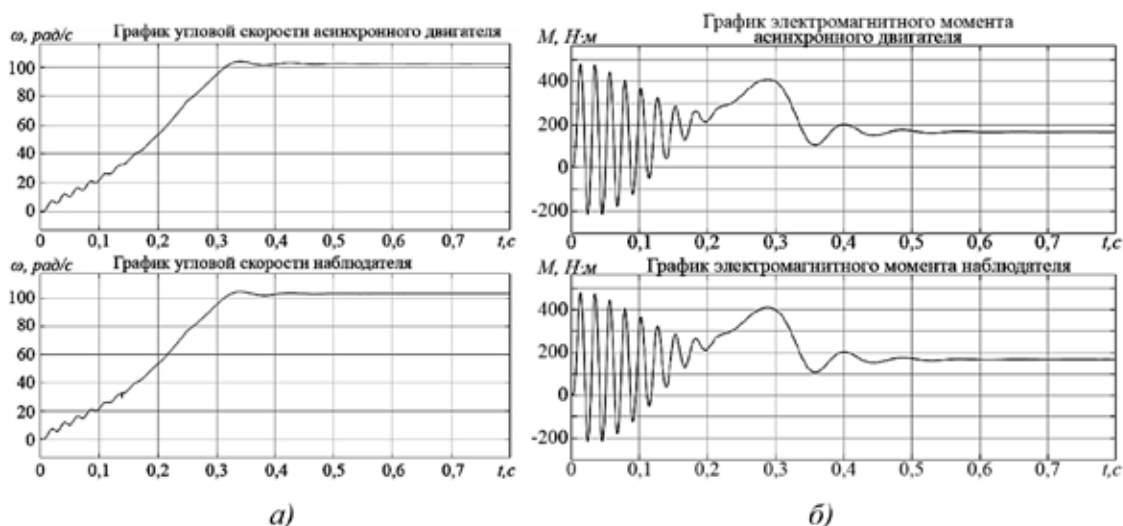


Рис. 5. Графики угловых скоростей модели асинхронного двигателя и наблюдателя (а) и электромагнитных моментов модели асинхронного двигателя и наблюдателя (б)

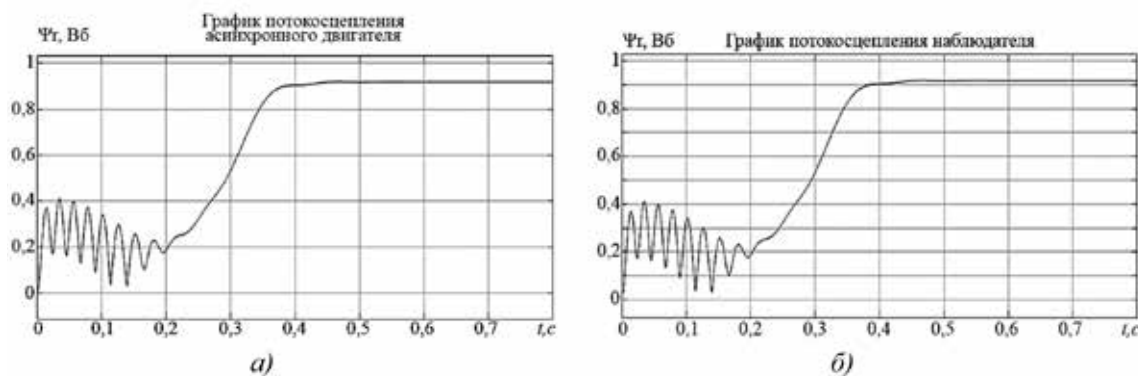


Рис. 6. Графики потокосцеплений роторов модели асинхронного двигателя (а) и наблюдателя (б)

Собранная модель позволяет применять полученный наблюдатель как для построения бездатчиковых систем скалярного регулирования, так и для построения бездатчиковых систем векторного управления.

В связи с тем, что для облегчения дальнейшей работы с моделью наблюдателя она была реализована в виде отдельной подсистемы (Simulink Subsystem), некоторые переменные полученного наблюдателя задаются через параметры (Mask parameters):

RS, RR – активное сопротивление статора и ротора соответственно;

LS – полная индуктивность цепи статора, рассчитанная по формуле (14);

LR – полная индуктивность цепи ротора, рассчитанная по формуле (15);

LM, PP – индуктивность основного потока и число пар полюсов соответственно.

Для демонстрации работы построенной модели наблюдателя состояния асинхронно-

го электродвигателя был выбран крановый электродвигатель МТКН 411-6 на 22 кВт.

На рис. 5–6 показаны результаты имитационного моделирования построенной модели наблюдателя состояния в сравнении с результатами, полученными из блока имитационной модели асинхронного электродвигателя (Asynchronous Machine) из библиотеки Simulink. Из показанных графиков следует, что данные, выдаваемые наблюдателем состояния асинхронного электродвигателя, согласуются с данными, получаемыми из блока имитационной модели асинхронного электродвигателя.

Заключение

Несмотря на то, что предложенная модель наблюдателя строится на упрощенных уравнениях асинхронного электродвигателя, не учитывающих ряд факторов, влияющих на поведение асинхронного электро-

двигателя при работе в реальных условиях (зависимость коэффициентов от температуры, степень насыщения магнитной цепи, равномерность воздушного зазора), что снижает его точность в реальных системах управления по сравнению с другими вариантами наблюдателей, данный наблюдатель хорошо подходит для разработки, моделирования и анализа бездатчиковых систем управления частотными электроприводами, а также для изучения принципов построения систем векторного управления частотными электроприводами. Это связано с достаточно простой и интуитивно понятной структурой данного наблюдателя, позволяющей интегрировать в структурную или имитационную модель векторного управления отдельный блок наблюдателя, а не использовать данные напрямую от применяемой модели электродвигателя, что, в свою очередь, не только улучшит понимание структуры и работы векторных систем управления, но и оставит возможность модернизировать данный наблюдатель в соответствии с поставленными задачами.

Список литературы

1. Рахимов О.С., Мирзоев Д.Н., Грачева Е.И. Экспериментальное исследование показателей качества и потерь электроэнергии в низковольтных сельских электрических сетях // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 3. С. 209–222.
2. Стариков А.В., Стрижакова Е.В., Беляева О.С., Карим Альтахер А.А. Наблюдатель скорости вращения асинхронного двигателя // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2020. Т. 28, № 4 (68). С. 155–166.
3. Денисов В.А., Третьякова М.Н., Бородин О.А. Математическое моделирование асинхронных электроприводов с векторным управлением // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2016. Т. 12, № 1. С. 5–12.
4. Синюков А.В., Синюкова Т.В., Грачева Е.И., Колчун М., Вальчев С. Оптимизированные бездатчиковые системы управления механизмами перемещения грузов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 87–98.
5. Ключников А.Т., Турпак А.М. Бездатчиковое векторное управление асинхронным двигателем при расчете в комплексной форме // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2020. № 33. С. 160–176.
6. Каминский А.В., Коваленко С.В., Гуляев А.В., Шухарев С.А. Моделирование векторного управления асинхронным двигателем во вращающейся системе координат // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2021. № 3 (71). С. 50–58.
7. Калачев Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика). М.: ЭФО, 2013. 63 с.
8. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 272 с.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В УПРАВЛЕНИИ: ОТРАСЛЕВАЯ СПЕЦИФИКА И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ

¹Столяров А.Д., ²Гордеев В.В., ²Абрамов В.И.

¹*Институт прикладных информационных технологий, Москва, e-mail: mr.alexst@gmail.com;*

²*Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, e-mail: v.gordeev@aerolabs.aero, viabramov@mephi.ru*

В условиях быстрых изменений цифровые двойники становятся необходимым инструментом для повышения уровня обоснования и оперативности принятия экономически выгодных решений. С их помощью производители могут глубже понять сложные физические системы и производственные операции, оптимизировать планирование производства или смоделировать сценарии «что будет, если», чтобы, например, понять последствия запуска новых продуктов. Технология цифровых двойников развивается с высокой скоростью, и поэтому целью работы является обоснование актуальности и эффективности внедрения цифровых двойников в управление предприятиями с учетом рассмотрения практических аспектов их внедрения и анализа отраслевой специфики. В ходе исследования были проанализированы и оценены мировые и отечественные подходы и методологии использования цифровых двойников для совершенствования управления бизнесом в современных условиях, а также применены общенаучные методы исследования: анализ, синтез и обобщение на основе библиометрического изучения баз данных Scopus и eLibrary с учетом сформулированных задач. Показано, что цифровые двойники выполняют ключевую функцию в повышении эффективности управления компаниями в различных областях; обсуждаются конкретные способы, применяемые для достижения более высокого качества управленческой деятельности. Представлены особенности практического использования цифровых двойников в промышленности на всех этапах жизненного цикла. Предложена концептуальная модель цифрового двойника предприятия. Далее дается обоснование того, что в среде, где способность своевременно находить и принимать качественные решения создает конкурентные преимущества, цифровые двойники становятся незаменимым инструментом обеспечения высокой результативности бизнеса.

Ключевые слова: цифровые двойники, цифровые технологии, рекомендательные сервисы, интернет вещей, сбор и обработка данных, программное обеспечение

DIGITAL TWINS IN MANAGEMENT: INDUSTRY SPECIFICS AND PRACTICAL ASPECTS OF CREATION

¹Stolyarov A.D., ²Gordeev V.V., ²Abramov V.I.

¹*Institute of Applied Information Technologies, Moscow, e-mail: mr.alexst@gmail.com;*

²*National Research Nuclear University MEPHI, Moscow, e-mail: v.gordeev@aerolabs.aero, viabramov@mephi.ru*

In fast-paced environments, digital twins are becoming a necessary tool to improve the level of justification and efficiency of making cost-effective decisions. They can help manufacturers gain a deeper understanding of complex physical systems and manufacturing operations, optimize production planning, or simulate what-if scenarios to understand the impact of new product launches, for example. The technology of digital twins is developing at a high speed, and therefore the goal of the work is to substantiate the relevance and effectiveness of the implementation of digital twins in enterprise management, taking into account the consideration of the practical aspects of their implementation and analysis of industry specifics. During the study, global and domestic approaches and methodologies for using digital twins to improve business management in modern conditions were analyzed and assessed, and general scientific research methods were applied: analysis, synthesis and generalization based on a bibliometric study of Scopus and eLibrary databases, taking into account the formulated tasks. It is shown that digital twins have a key function in improvement of the management efficiency of organizations in various fields. Specific methods used to achieve higher quality management activities are discussed. Specificity of practical use of digital twins in industry at all stages of the life cycle is presented. It further argues that in an environment where the ability to find and make quality decisions in a timely manner creates competitive advantage, digital twins become an indispensable tool for ensuring high business performance.

Keywords: digital twins, digital transformation, digital technologies, recommendation services, Internet of things, data collection and processing, software

Введение

В условиях современной турбулентной экономической среды традиционные методы управления часто не справляются со сложностью современного бизнеса, поэтому для обеспечения его устойчивости и жизнеспособности, получения дополни-

тельных конкурентных преимуществ необходимы инновационные решения [1]. Глобальная ситуация нелегкой борьбы производителей за потребителя на фоне интенсивной цифровизации превратила цифровую трансформацию из полезной технологической перспективы в жизненно важную необходимость серьезно укре-

плять и расширять свои позиции на рынке благодаря предпринимательским подходам и инновациям. Разработка, внедрение и следование стратегии по цифровизации дают компаниям мощные конкурентные преимущества, позволяя в перспективе применять лучшие практики и опережать рынок по скорости бизнес-процессов. Наличие стратегии цифровизации позволяет, кроме того, совершенствовать компетенции сотрудников и налаживать новые виды коммуникации с клиентами [2]. Следует отметить, что распространение цифровых технологий расширило возможности и скорости обмена данными и знаниями [3], и это, в свою очередь, формирует для компаний новые требования в целях обеспечения конкурентоспособности в управлении. Современные архитектуры систем способны обрабатывать большие объемы данных, что позволяет гибко масштабировать рабочую нагрузку [4]. Важным фактором при этом становится использование методик предиктивного анализа и персонализированных предложений [5]. Исследования McKinsey показывают, что руководители динамично развивающихся организаций демонстрируют в 2,1 раза большую операционную устойчивость, в 2,5 раза более высокие финансовые показатели, в 3,0 раза больший рост и в 4,8 раза больше инноваций, чем их коллеги, развивающиеся медленнее [6].

Цифровые двойники – один из важнейших инструментов цифровой трансформации бизнеса. С 2017 г. они стали одной из 10 долгосрочных технологических тенденций, по версии Gartner. Цифровой двойник для целей данной работы понимается как зеркальное отображение объекта материального мира (товара, бизнес-процесса, услуги) в цифровом пространстве. Целью конструирования данного цифрового отображения является наблюдение за состоянием объекта для современного выявления его изменений. Реализация такого отображения возможна только при постоянном сборе, обработке и постоянном изучении информации об объекте и позволяет при этом корректировать само цифровое отображение и повышать качество управления [7]. За счет точного воспроизведения своей материальной копии цифровой двойник дает возможность автоматически строить прогнозы поведения материального объекта и выявлять пути оптимизации данного объекта [8]. В соответствии с Gartner: «Цифровой двойник – это цифровая копия физических активов (физических двойников), процессов, людей, мест, систем и устройств, которые могут использоваться для различных целей... цифровые двойники объеди-

няют искусственный интеллект, машинное обучение и программный анализ с графами пространственных сетей для создания живых цифровых имитационных моделей, которые обновляются и меняются по мере изменения их физических аналогов» [7]. Использование цифровых двойников (ЦД) – это подход, отвечающий лучшим мировым практикам и требующий использования передовых технологий для должной реализации. Внедрение ЦД позволяет качественно трансформировать процесс принятия решений, переводя его из логики, основанной на прошлом, в логику «из будущего». Как на уровне научных исследований, так и на уровне управления растет понимание актуальности и ценности развития технологий ЦД в различных областях. Цифровые двойники приобретают все большее значение в управлении благодаря их способности предоставлять значимую и достоверную информацию, повышать операционную эффективность и поддерживать принятие решений на основе данных. Они позволяют организациям понимать поведение и производительность своих активов или процессов в режиме реального времени, выявлять потенциальные проблемы и принимать упреждающие меры для снижения рисков и повышения производительности.

Цель исследования – дать обоснование востребованности и целесообразности включения цифровых двойников в систему управления предприятиями и предложить схему создания цифрового двойника с использованием информационных систем, используемых в организациях.

Материал и методы исследования

В исследовании применялись общенаучные теоретические методы, такие как контекстуальный поиск и анализ, методы индукции и дедукции, синтез и построение описания, а также прикладные методы сравнительного и системно-структурного анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Возможности использования цифровых двойников и их отраслевые особенности

В обрабатывающей промышленности цифровые двойники широко используются для оптимизации производственных процессов. Создавая виртуальные копии производственных предприятий и оборудования, организации могут моделировать различные сценарии и анализировать влияние на эффективность производства, использование ресурсов и общую производитель-

ность. Это позволяет менеджерам выявлять узкие места, оптимизировать операции и рабочие процессы для достижения максимальной производительности и экономической эффективности.

На производстве ЦД находят применение в организации профилактического и текущего обслуживания и контроля за использованием технических средств. Постоянно отслеживая и анализируя данные от машин и оборудования в режиме реального времени, предприятия могут обнаруживать ранние признаки потенциальных проблем или сбоев. Такой подход гарантирует своевременное превентивное проведение технического осмотра, отсутствие или снижение количества непредвиденных отказов и расходов, связанных с выходом оборудования из строя. Цифровые двойники также облегчают управление активами, предоставляя информацию о состоянии активов, моделях использования и производительности, позволяя организациям оптимизировать графики технического обслуживания, продлевать жизненный цикл активов и повышать общую эффективность оборудования.

Цифровые двойники играют неосценимую роль в мониторинге и контроле качества на производстве в режиме реального времени. Благодаря появлению виртуальных копий продуктов или их компонентов появляется возможность постоянного наблюдения и мониторинга их характеристик в процессе производства. Подключение датчиков и IoT-устройств создает условия для сбора данных в режиме реального времени и их анализа, а также проверки соответствия установленным характеристикам качества. Поэтому компании имеют доступ к быстрому выявлению аномалий, обнаружению дефектов и принятию корректирующих мер, что обеспечивает высокое качество продукции и минимизирует повторную доработку или потери.

Цифровые двойники занимают особое место в оптимизации управления энергопотреблением и распределения ресурсов в энергетическом и коммунальном секторах. Разработка цифровых моделей энергетических систем дает больше возможностей для сбора и обработки данных об энергопотреблении. Для данной сферы крайне актуальными являются модели, позволяющие эффективно и в реальном времени балансировать потери электроэнергии, минимизировать затраты на генерацию, минимизировать отходы, прогнозировать загрузку, оптимально осуществлять превентивное обслуживание оборудования, в реальном времени просчитывать разные сценарии распределения ресурсов. Все это дает воз-

можность принимать обоснованные решения для достижения большей надежности и устойчивости функционирования систем.

Благодаря появлению цифровых двойников транспортных средств и транспортных сетей предприятия в реальном времени проводят мониторинг производительности транспортных средств, условий движения на дорогах и спроса со стороны клиентов. Таким способом достигаются оптимизация использования автопарка, улучшение планирования маршрутов, сокращение расхода топлива и времени доставки. Цифровые двойники также оказывают помощь в предиктивной аналитике для прогнозирования спроса, предоставляя возможность заранее предвидеть и учитывать потребности клиентов и соответствующим образом корректировать логистические операции.

В транспортном и логистическом секторе применение цифровых двойников обеспечивает прозрачность цепочки поставок и контроль рисков. Сети цепочек поставок, представленные в виде цифровых двойников, в режиме реального времени отслеживаются на уровне информации об уровне запасов, маршрутах транспортировки и графиках доставки. Такие данные предоставляют доступ к сведениям о товарах, проходящих через цепочку поставок, что повышает ее надежность в плане управления и безопасности, а также значительно ограничивает риски нарушения сроков и перебоев в работе. Кроме того, цифровые двойники способны указывать на наличие опасных факторов, таких как нехватка ресурсов, ограничение пропускной способности или проблемы, связанные с погодными условиями, что помогает оперативно реализовывать планы на случай непредвиденных обстоятельств и смягчать последствия.

Для оптимизации складов и управления запасами также актуальны цифровые двойники. Добиться рациональной планировки склада, умного распределения площадей и лучшей организации процессов транспортировки материалов можно путем построения виртуальных моделей складов. В результате повышается операционная эффективность, снижаются затраты на складские запасы и минимизируются сроки выполнения заказов. Кроме того, в режиме реального времени обеспечивается контроль за уровнем запасов, предупреждаются их дефицит и полное отсутствие, происходит настройка процессов пополнения запасов, что в целом улучшает всю систему управления складскими запасами.

Цифровые двойники обеспечивают целостное представление о поведении клиентов за счет интеграции данных из раз-

личных источников, таких как системы торговых точек, программы лояльности клиентов, платформы электронной коммерции и социальные сети. Анализируя эти данные, ритейлеры и компании, производящие потребительские товары, получают представление о предпочтениях покупателей, их поисковых привычках, опыте покупок и отзывах о товарах. Эта информация помогает прогнозировать будущие тенденции и модели спроса, позволяя предприятиям принимать основанные на данных решения относительно уровня запасов и предложений продуктов.

Прикладные задачи разработки цифровых двойников и систем поддержки принятия решений на основе применения цифровых двойников

Для разработки практически применимого и достаточно точного цифрового двойника компании необходима организация сбора и обработки большого количества данных из множества источников. К таким данным, в частности, относятся сигналы с датчиков и сенсоров, размещаемых на оборудовании, архивные данные из систем управления производством и диспетчерских систем, данные о техническом обслуживании и внешние источники данных, включая информацию о погодных условиях или рыночных тенденциях [9]. Следует отметить, что при управлении данными и информацией с помощью моделей цифровых двойников модель проводит измерения только для управления и хранения данных [10]. Собранные данные должны охватывать различные аспекты физической системы, чтобы обеспечить всестороннее представление в цифровом двойнике. Вместе с тем, прежде чем интегрировать данные в модель цифрового двойника, крайне важно предварительно обработать и очистить их. Это предполагает и удаление выбросов, и восполнение недостающих значений, и нормализацию данных для достижения согласованности и точности. Чтобы повысить качество данных, подходят такие методы предварительного редактирования, как сглаживание, фильтрация и агрегирование данных.

Важно понимать, что интеграция данных из разных источников – важнейший шаг в создании цифрового двойника. Для выполнения этой задачи требуется отлаживание процесса сбора данных по различным каналам, при необходимости их структурирование с помощью различных методов, и приведение данных в соответствие спроектированной системе управления данными. Данные реального времени, а также исторические данные о работе всегда долж-

ны быть доступны цифровому двойнику. Для этого нужен механизм интеграции и обработки реальных эксплуатационных данных в цифровом двойнике. Активный сбор данных означает, что операционные данные должны быть доступны для имитационных моделей цифрового двойника без задержки по времени, чтобы реальность могла быть представлена цифровым двойником.

Выбор правильных методов и инструментов моделирования очень важен для точного представления физической системы в цифровом двойнике. Для этого могут использоваться математические модели, модели на основе физики, статистические модели или алгоритмы машинного обучения. Применение того или иного подхода зависит от множества факторов, к которым, прежде всего, относятся тип и объем доступных данных, а также сложность оцифровываемой системы. Выбор оптимальной технологии для создания цифрового двойника является определяющим с точки зрения дальнейшей его практической применимости.

В основу цифровой модели двойника закладываются актуальные данные, которые были получены, обработаны, учтены и интегрированы в ходе выполнения всех предшествующих работ. Это включает в себя сопоставление компонентов, атрибутов и поведения физической системы с их цифровыми аналогами. Модель цифрового двойника должна точно воспроизводить взаимодействие и динамику физической системы, позволять проводить моделирование и анализ. Важно иметь возможность запустить моделирование для проверки точности этой модели и эффективности. Моделирование включает в себя тестирование различных сценариев, входных данных и параметров для оценки поведения и производительности цифрового двойника. Это позволяет предприятиям выявлять любые несоответствия или ограничения в модели и вносить необходимые корректировки для повышения точности и надежности. Авторы статьи [11] также утверждают, что модель должна иметь эволюционные характеристики, улучшающиеся со временем и по мере накопления данных, а также отслеживать эволюцию реальной среды. Для того чтобы созданная модель была релевантной и эффективно использовалась для принятия решений, необходимо внедрять и отлаживать процедуры по обеспечению должного качества данных, управлению данными и осуществлять регулярный мониторинг показателей. В качестве решения этой задачи предлагается модель, состоящая фактически из двух цифровых двойников объекта – один из них применяется для мониторинга

текущих процессов и состояний физической среды, а второй – для тестирования, отслеживания эффекта от внедрения изменений, моделирования результатов и, в случае положительных результатов, изменения физической среды [12].

Авторы работы [13] дают собственное определение цифрового двойника, основанное на общности определений, расширенное за счет способности цифрового представления автоматически изменять и контролировать физический актив. Авторы выделяют несколько функций цифрового двойника:

- цифровой двойник должен представлять собой цифровое представление физического актива, включая максимально реалистичные модели и все доступные данные о физическом активе;

- данные должны содержать все данные процесса, полученные в ходе эксплуатации, а также всю организационную и техническую информацию, появившуюся и собранную в ходе разработки актива;

- цифровой двойник должен всегда быть синхронизирован с физическим активом;

- должна существовать возможность запускать моделирование поведения физического актива на цифровом двойнике.

Кроме того, для реализации всего потенциала цифрового двойника, по мнению авторов, необходимы следующие аспекты:

- уникальный идентификатор для идентификации цифрового двойника;

- система управления версиями для отслеживания изменений, внесенных в цифровой двойник в течение его жизненного цикла;

- интерфейсы между цифровыми двойниками для совместного моделирования и обмена данными;

- интерфейсы к инструментам, в которых выполняются модели;

- интерфейс с другими цифровыми двойниками для совместного моделирования.

Цифровые двойники в значительной степени полагаются на данные, собираемые с сенсоров и устройств интернета вещей. Интеграция этих устройств в экосистему цифровых двойников позволяет осуществлять сбор, мониторинг и контроль данных в режиме реального времени. Для этой интеграции требуются протоколы подключения, механизмы передачи данных и инфраструктура хранения данных в целях обеспечения бесперебойной связи между физической системой и цифровым двойником.

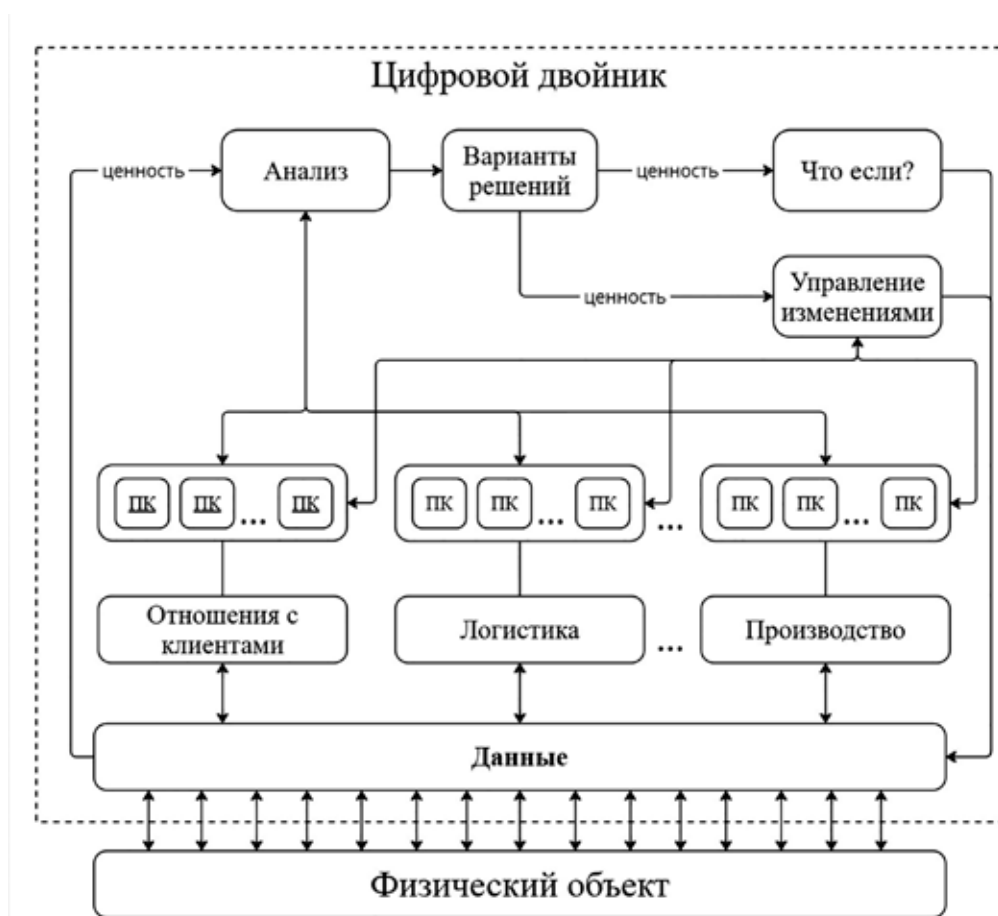
Эффективное и бесшовное взаимодействие между различными развивающимися системами и источниками данных возможно только при стандартизации этого процесса со стороны организации. Принятие стандартов управления данными и цифро-

выми двойниками, надлежащее документирование разработки гарантируют соответствие всех систем и снижают риски, связанные с человеческим фактором. Примеры таких стандартов включают OPC UA (унифицированная архитектура), MQTT (транспорт телеметрии очереди сообщений) и REST API (интерфейсы прикладного программирования передачи репрезентативного состояния).

Интеграция цифрового двойника с существующими системами и инфраструктурой необходима для достижения максимальной ценности и эффективности. Для этого нужно интегрировать цифровой двойник с системами управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), управления цепочками поставок (SCM), системами управления производством (MES) и прочими операционными системами. Такая плавная интеграция делает возможными обмен данными, координацию технологических процессов и выработку решений на основе получаемых из цифрового двойника массивов данных в режиме реального времени.

Цифровые двойники генерируют огромные объемы данных, которые можно анализировать для получения ценной информации. Для определения закономерностей, тенденций, а также аномалий, отклонений и корреляций в данных можно использовать такие методы анализа данных, как статистический анализ, алгоритмы машинного обучения и распознавания образов. Результаты анализа и полученные таким способом данные учитываются и применяются в ходе оптимизационных процессов в целях обеспечения более высокой производительности и выработки компетентных и ответственных решений. Для представления информации в четкой и лаконичной форме рекомендуется использовать такие методы визуализации, как приборные панели, диаграммы и графики. Это поможет заинтересованным сторонам легко понять основные выводы, разобраться в поведении системы и выявить области, требующие улучшения.

Цифровые двойники могут быть интегрированы с системами поддержки принятия решений для обеспечения аналитики в реальном времени и поддержки процессов принятия решений. Анализируя данные, генерируемые цифровым двойником, системы поддержки принятия решений могут предоставлять рекомендации, оповещения и прогнозы. Благодаря таким средствам руководители и сотрудники компаний участвуют в принятии обоснованных решений, обеспечивают операционную эффективность и сокращают количество опасных и затратных просчетов.



Концептуальная структурная схема цифрового двойника предприятия
 Источник: разработано авторами

Таким образом, создание цифровых двойников включает в себя сбор и интеграцию данных, моделирование и симуляцию физической системы, обеспечение возможности подключения и взаимодействия, а также использование аналитики для поддержки принятия решений. Эти практические аспекты имеют решающее значение для организаций, которые могут успешно внедрить цифровые двойники и раскрыть свой потенциал в различных отраслях.

С учетом приведенных выше особенностей на рисунке приведена структурная схема цифрового двойника. Фундаментом схемы является физический объект (в нашем случае – предприятие), который непрерывно и в двух направлениях обменивается данными с цифровым двойником. По направлению вверх загружается информация о параметрах и состояниях физического объекта, а по направлению вниз – управляющие воздействия (сигналы). Данные при этом могут храниться как на облачном, так и на локальном сервере. Цифровой двойник включает в себя все сферы (отде-

лы) деятельности предприятия. На схеме для примера отображены только «отношения с клиентами», «логистика», «производство», но фактически направления этого блока зависят от сферы деятельности конкретной организации.

«ПК» на схеме означает «Персональный компьютер», каждый из которых представляет собой лицо, принимающее решения и отвечающее за определенный участок работы компании в рамках соответствующего направления.

Процесс взаимодействия с физическим объектом протекает в режиме реального времени, при этом ведется активный сбор данных. Блок операционного управления включает все функциональные модули предприятия с рабочими местами сотрудников, для примера на рисунке представлены ключевые компоненты управления: управление отношениями с клиентами, управление цепочками поставок и управление производственными процессами. Изменения происходят на основе текущего анализа в контексте создания ценности для потре-

бителей. Часто в моделируемых системах появляются критерии принятия решений, оптимизация которых приводит к противоречиям. Когда идеальные значения каждого отдельного параметра обратно пропорциональны идеальным значениям других параметров, входящих в оптимизационную задачу, эффективным способом решения является применение парето-оптимальных решений [14]. После проведения анализа в парадигме «что, если» и выбора оптимального варианта решения осуществляется управление изменениями с учетом обратных связей.

Заключение

В условиях быстрых и постоянных изменений во внешней среде важно принимать управленческие решения в логике, ориентированной на будущее, что можно реализовать с помощью цифровых двойников. В работе предложена концептуальная структурная схема цифрового двойника предприятия с учетом операционных функциональных блоков управления, анализом результатов предприятия в контексте создания ценности для клиентов и управления изменениями на основе обратных связей. Цифровые двойники являются передовой технологией в быстро меняющемся мире, позволяющей оперативно принимать сложные решения, при этом пользуясь логикой «из будущего», и учитывающей уникальный контекст, в котором находится система, оптимизируя эти решения по множеству критериев.

Список литературы

- Ghisetti C., Montresor S. On the adoption of circular economy practices by small and medium-size enterprises (SMEs): Does “financing-as-usual” still matter? // *Journal of Evolutionary Economics*. 2019. № 30 (2). P. 559–586. DOI: 10.1007/s00191-019-00651-w.
- Абрамов В.И., Абрамов И.В., Поливанов К.В., Семенов К.Ю. Концептуальная модель цифровой системы аналитической поддержки дистанционного управления персоналом организации // *Экономика, предпринимательство и право*. 2023. Т. 13, № 7. С. 2341–2352. DOI: 10.18334/ep.13.7.118326.
- Hanelt A., Bohnsack R., Marz D., Marante A.C. A Systematic Review of the Literature on Digital Transformation: Insights and Implications for Strategy and Organizational Change // *Journal of Management Studies*. 2021. Vol. 58 (5). P. 1159–1197.
- Столяров А.Д., Гордеев В.В., Абрамов В.И. Архитектура системы кластеризации пассажиров // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2023. № 1. С. 136–148. DOI: 10.21685/2227-8486-2023-1-9.
- Абрамов В.И., Гордеев В.В., Столяров А.Д. Методика прогнозирования потребностей клиентов бизнес-экосистем на основе кластерного анализа // *Современные наукоемкие технологии*. 2023. № 6. С. 9–13. DOI: 10.17513/snt.39624.
- Smet A.D., Mygatt E., Sheikh I., Weddle B. The need for speed in the post-COVID-19 era- and how to achieve it. September. 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/people%20and%20organizational%20performance/our%20insights/the%20need%20for%20speed%20in%20the%20post%20covid%2019%20era%20and%20how%20to%20achieve%20it/the-need-for-speed-in-the-post-covid-19-and-how-to-achieve-it.pdf?shouldIndex=false> (дата обращения: 25.05.2024).
- Aronow S., Ennis K., Romano J. Login Page 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gartner.com/document/3875506?ref=solrAll&refval=212943992&qid> (дата обращения: 25.05.2024).
- Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.
- Bambura R., Solc M., Dado M., Kotek L. Implementation of digital twin for engine block manufacturing processes // *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*. 2020. Vol. 10 (18). P. 6578. DOI: 10.3390/app10186578.
- Qi Q., Tao F., Hu T., Anwer N., Liu A., Wei Y., Wang L., Nee A. Enabling technologies and tools for digital twin // *Journal of Manufacturing Systems*. 2019. Vol. 58 (B). P. 3-31. DOI: 10.1016/j.jmsy.2019.10.001.
- Tao F., Cheng J., Qi Q., Zhang M., Zhang H., Sui F. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. Vol. 94 (9-12). P. 3563-3576. DOI: 10.1007/s00170-0170233-1.
- Negri E., Berardi S., Fumagalli L., Macchi M. MES-integrated digital twin frameworks // *Journal of Manufacturing Systems*. 2020. Vol. 56. P. 58-71. DOI: 10.1016/j.jmsy.2020.05.007.
- Kritzinger W., Karner M., Traar G., Henjes J., Sihn W. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification // *IFAC-PapersOnLine*. 2018. Vol. 51. № 11. P. 1016–1022.
- Столяров А.Д., Гордеев В.В., Абрамов В.И. Методика поиска многокритериальных решений на основе цифровых двойников // *Экономика и управление*. 2023. Т. 29, № 7. С. 851-858. DOI: 10.35854/1998-1627-2023-7-851-858.

УДК 004:658.562
DOI 10.17513/snt.40085

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА АПОСТЕРИОРНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Тихонов М.Р., Акуленок М.В., Шикла О.С.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники», Москва, e-mail: kurotenshi91@yandex.ru

При формировании управленческих решений, связанных с обеспечением надежности технологического процесса, одним из важных этапов является расчет вероятности безотказной работы. В данном исследовании рассмотрен вариант расчета соответствующих параметров оборудования и процесса в целом с учетом последовательного эксплуатации единиц оборудования. Проанализированы основные термины и определения, относящиеся к технологическому процессу и его безотказной работе, априорной и апостериорной вероятностей. Сформулированы основные положения о технологическом процессе и соответствующих вероятностях. Разработан алгоритм расчета параметров апостериорной вероятности безотказной работы оборудования, связанный с набором операций процесса и учитывающий последовательное и множественное обращение к прошлым расчетам вероятности и использования единиц оборудования. Проанализированы основные этапы разработанного алгоритма с целью возможной автоматизации и/или изменений для целей конкретных технологических процессов или возможных ограничений реализации. Разработана форма фиксации результатов расчетов, получаемых с применением алгоритма расчета безотказной работы оборудования. Такая форма может быть реализована в том числе в программном обеспечении электронных таблиц. Представленные в работе положения могут быть использованы для последующей автоматизации соответствующих управленческих и контрольных процессов с целью повышения эффективности формирования и принятия управленческих решений.

Ключевые слова: отказ, безотказная работа, показатели оборудования, алгоритм расчета, технологический процесс, автоматизация управления

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CALCULATING THE APOSTERIOR PROBABILITY OF FAILURE-FREE OPERATION OF EQUIPMENT IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS

Tikhonov M.R., Akulenok M.V., Shikula O.S.

National Research University of Electronic Technology, Moscow, e-mail: kurotenshi91@yandex.ru

When forming management decisions related to ensuring the reliability of the technological process, one of the important stages is calculating the probability of failure-free operation. This study considers the option of calculating the corresponding parameters of the equipment and the process as a whole, taking into account the sequential operation of equipment instances. The main terms and definitions related to the technological process and its failure-free operation, a priori and posterior probabilities are analyzed. The basic principles about the technological process and the corresponding probabilities are formulated. An algorithm has been developed for calculating the parameters of the posterior probability of failure-free operation of equipment, associated with a set of process operations and taking into account sequential and multiple references to past calculations of the probability and use of equipment instances. The main stages of the developed algorithm are analyzed for the purpose of possible automation and/or changes for the purposes of specific technological processes or possible implementation limitations. A form has been developed for recording the calculation results obtained using an algorithm for calculating the failure-free operation of equipment. This form can also be implemented in spreadsheet software. The provisions presented in the work can be used for subsequent automation of relevant management and control processes in order to increase the efficiency of the formation and adoption of management decisions.

Keywords: failure, failure-free operation, equipment performance, calculation algorithm, technological process, control automation

Введение

Для повышения управляемости и обеспечения стабильности технологического процесса возможно применение теории надежности. Среди факторов, оказывающих критичное влияние на работоспособность процесса, находится оборудование. В отношении оборудования, используемого в рамках такого процесса, могут быть применены различные показатели, которые позволяют идентифицировать потенциально

неблагоприятные ситуации, а именно отказы. Некоторые из показателей применяются для планирования обеспечительных и вспомогательных работ по «стабилизации» выходов технологического процесса. Одним из таких показателей является вероятность безотказной работы. Однако его расчет в рамках среза на определенный момент времени дает менее точный результат, чем расчет при планировании каждого применения оборудования в рамках всего

процесса в целом, что в свою очередь связано как с базовой вероятностью безотказной работы (априорной), так и с вероятности безотказной работы (апостериорной), которая зависит от предыдущих использований оборудования. Таким образом, разработка соответствующего алгоритма расчета таких показателей является важной и практически значимой задачей для повышения управляемости технологическим процессом.

Цель исследования заключается в разработке алгоритма расчета апостериорной вероятности безотказной работы оборудования в технологическом процессе, с учетом его предыдущих использований.

Материалы и методы исследования

Технологический процесс, как последовательность технологических операций, завершающаяся формированием готовой продукции, может быть рассмотрен и как элемент системы, и как система. При этом система не может быть прочнее своего самого слабого звена. Поэтому в целях защиты системы (в данном случае технологического процесса) применяется резервирование, дублируя критичные элементы. Дублирование означает, что в случае отказа одного из критичных элементов другой аналогичный будет продолжать функционировать, позволяя системе (технологическому процессу) нормально работать. Оценка параметров безотказной работы системы учитывает конфигурацию (структуру) системы и наличие резервирования. Избыточность может рассматриваться как одновременная работа двух подсистем (активная избыточность) и как удержание одной из подсистем в резерве (резервной избыточности).

Для упрощения расчета приняты следующие допущения:

- последовательный характер технологических операций как основа дерева отказов;
- постоянная интенсивность отказов на отдельных операциях;
- отказ любого элемента системы может привести к отказу всей системы (всего технологического процесса);
- отсутствие зависимых отказов на разных операциях;
- при использовании резервирования отказы двух единиц оборудования, не работающих одновременно, считаются несовместными событиями;
- используется бинарная оценка отказов на отдельных операциях;
- применяемый подход на основе анализа дерева отказов предполагает статичность модели и не учитывает динамические изменения.

Для соответствующих расчетов и учета описанных выше положений необходимым минимумом является получение априорной и апостериорной вероятности безотказной работы оборудования.

Априорная и апостериорная вероятность связаны с теоремой Байеса, которая достаточно широко применяется при расчетах показателей надежности. Анализ Байеса [1] может быть применен для изучения причинных связей, углубления понимания проблемной области и прогнозирования последствий вмешательства в систему. Теорема Байеса является фундаментальной теоремой в байесовской статистике, так как она используется байесовскими методами для обновления вероятностей, которые являются степенью доверия, после получения новых данных.

Анализ Байеса идеально подходит для составления прогнозов в реальном времени благодаря своему быстрдействию. Также, используя этот анализ, мы можем предсказать вероятность нескольких классов целевой переменной.

Анализ Байеса применяют в различных областях: медицинской диагностике, моделировании изображений, генетике, распознавании речи, экономике, исследовании космоса и в современных поисковых системах.

Результаты исследования и их обсуждение

Априорная вероятность безотказной работы [2–4] оборудования отображает базовую вероятность, с которой оборудование может продолжать свою работу без возникновения отказов вне зависимости от повторности применения в процессе. Такая вероятность рассчитывается на основе экспериментальных данных либо математически, с применением следующих показателей:

- рассматриваемый период оценки. Временной период, значение которого применяется при расчете априорной вероятности безотказной работы оборудования, участвующего в процессе;
- время работы оборудования. Общее время эксплуатации единицы рассматриваемого оборудования;
- количество отказов. Число отказов оборудования, применяемого в процессе, за все время его эксплуатации;
- время наработки на отказ. Рассчитывается как отношение времени работы оборудования к количеству его отказов.

Апостериорная вероятность безотказной работы [5–7] оборудования учитывает количество использований оборудования

в рамках рассматриваемого процесса. Такой показатель с большей точностью учитывает наработки и частоту применения оборудования и рассчитывается математически на основе последовательного перемножения априорных вероятностей безотказной работы оборудования.

Расчет апостериорной вероятности безотказной работы оборудования применяется в рамках технологического процесса. Рассматривая универсальное представление технологического процесса, в ориентации на цель данной работы возможно формулирование следующих положений:

- процесс состоит из ряда операций i , количество которых конечно и может быть обозначено n . Количество операций зависит от рассматриваемого технологического процесса и степени его декомпозиции;

- в процессе применяется оборудование j , общее число которых не превышает m . Количество оборудования зависит от рассматриваемого технологического процесса, его сложности, инновационности и объема;

- при расчете апостериорной вероятности безотказной работы оборудования применяется его априорная вероятность x_{0j} . Такая вероятность рассчитывается для каждой единицы оборудования, применяемого в процессе;

- расчет апостериорной вероятности безотказной работы x_{ij} проводится для каждого оборудования j в рамках каждой операции i , где оно применяется. Значение апостериорной вероятности единицы оборудования зависит от частоты его использования в процессе до рассматриваемой операции;

- расчет апостериорной вероятности безотказной работы x_{ij} учитывает количество раз прошлых использований оборудования. Апостериорная вероятность безотказной работы оборудования j в операции i равна их априорной вероятности безотказной работы x_{0j} в степени количества использований до этой операции;

- в целях упрощения алгоритмизации и последующей обработки результатов апостериорная вероятность безотказной работы x_{ij} оборудования j в рамках каждой операции i , где оно не применяется, равна единице. Приравнивание к единице не влияет на расчет общей вероятности безотказной работы процесса, так как она рассчитывается путем перемножения вероятностей последовательно применяемого оборудования.

На основе описанных выше положений возможно построение алгоритма расчета параметра апостериорной вероятности безотказной работы оборудования, который представлен на рисунке.

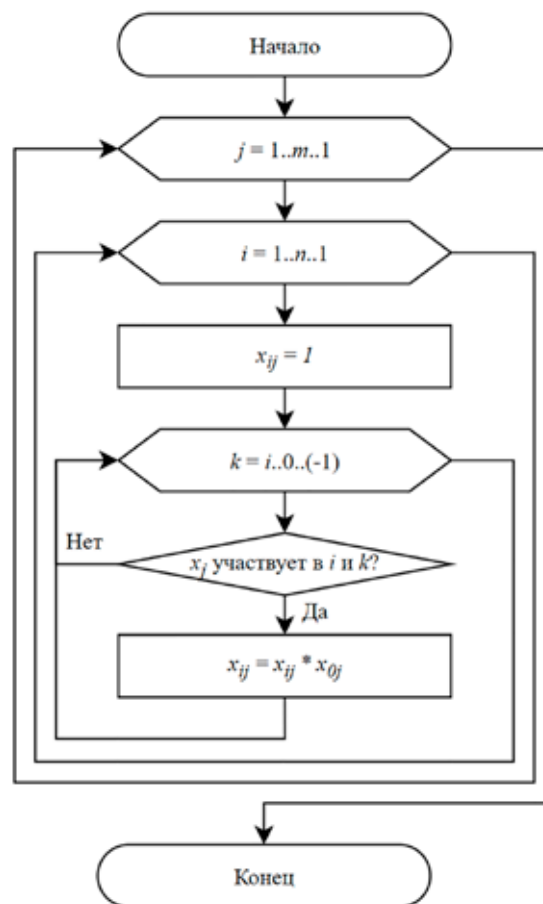


Схема алгоритма расчета параметров апостериорной вероятности безотказной работы оборудования

Данный алгоритм предполагает:

1. Последовательный выбор каждого оборудования j , участвующего в рассматриваемом процессе.

2. Последовательный выбор каждой операции i рассматриваемого процесса и рассматриваемого оборудования j .

3. Установление первичного значения апостериорной вероятности безотказной работы выбранного оборудования j в выбранной операции i (x_{ij}) равного единице.

4. Последовательный просмотр прошлых по отношению к выбранной операции i операций k .

5. Умножение апостериорной вероятности безотказной работы оборудования j в операции i (x_{ij}) на его априорную вероятность (x_{0j}), при условии участия оборудования j в операциях i и k .

6. Результат перемножения является апостериорной вероятностью безотказной работы оборудования j в операции i (x_{ij}).

В целях фиксации результатов расчетов, а также апробирования разработанного алгоритма возможно использование примера формы, представленного в таблице.

Оборудование x_j	Априорная вероятность безотказной работы x_{0j}	Апостериорная вероятность безотказной работы оборудования в операции x_{ij}									
		Операция i									
		1	2	3	4	5	6	7	8	...	n
1	x_{01}	1,00	1,00	1,00	x_{01}	1,00	1,00	1,00	$x_{01} * x_{01}$...	1,00
2	x_{02}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	x_{02}	1,00	1,00	...	1,00
3	x_{03}	x_{03}	1,00	1,00	1,00	$x_{03} * x_{03}$	1,00	1,00	$x_{03} * x_{03} * x_{03}$...	1,00
...
m	x_{0m}	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	x_{0m}	1,00	...	$x_{0m} * x_{0m}$

Как видно из таблицы, частое применение одной единицы оборудования приводит к степенному уменьшению ее апостериорной вероятности. Следовательно, для сохранения достаточного уровня вероятности безотказной работы оборудования необходимым является резервирование или перераспределение нагрузки в соответствии с полученными данными алгоритмического расчета.

Выводы

В ходе исследования были решены следующие задачи:

1. Проанализированы априорная и апостериорная вероятности безотказной работы оборудования. Априорная вероятность рассчитывается на основе: времени работы оборудования, количестве отказов и времени наработки на отказ. Апостериорная вероятность безотказной работы оборудования зависит от количества использований единицы оборудования до рассматриваемой операции.

2. Сформулированы положения о технологическом процессе и апостериорной вероятности используемого в нем оборудования. Положения описывают вопросы количества операций и их обозначений, количества используемого оборудования и их обозначений, взаимосвязи апостериорной и априорной вероятностей безотказной работы оборудования, расчета апостериорной вероятности безотказной работы в операциях, где применяется данное оборудование и где его нет, учета количества раз использования единиц оборудования.

3. Разработан алгоритм расчета параметров апостериорной вероятности безотказной работы оборудования. Алгоритм представляет собой несколько вложенных циклов, обеспечивающих возможность расчета вероятности безотказной работы каждой единицы рассматриваемого оборудования в каждой операции технологического процесса. В алгоритме присутствуют множественные обращения к прошлым расчетам

с целью получения информации о количестве использований оборудования.

4. Проанализированы основные этапы разработанного алгоритма расчета параметров апостериорной вероятности безотказной работы оборудования. Этапы алгоритма связаны со значениями количества операций технологического процесса и оборудования, применяемого в нем. Некоторые операции могут быть заменены с применением промежуточных переменных. В частности, возможно хранение информации о количестве использований каждой единицы оборудования в отдельном массиве данных, упорядоченным таким образом внутренний обр-ратный цикл.

5. Разработана форма фиксации результатов расчетов апостериорной вероятности безотказной работы оборудования в операциях рассматриваемого процесса. Представленная в работе форма представления данных работы алгоритма позволяет создавать отчетную документацию по процессу анализа безотказной работы операций и оборудования в них. Она представляет собой табличный фрагмент документа, содержащий информацию об апостериорной вероятности безотказной работы оборудования, сгруппированную по операциям процесса.

Рассмотренные в исследовании положения являются основой для построения системы расчета показателя безотказной работы технологического процесса. Также они могут быть заложены в соответствующие подсистемы автоматизированных систем управления с целью повышения точности оценки параметров технологического процесса. Сформулированные положения позволяют реализовать автоматизацию процесса сбора и обработки показателей процесса и оборудования в нем. Разработанный алгоритм может быть использован для последующей автоматизации соответствующих управленческих и контрольных процессов с целью повышения эффективности формирования и принятия управленческих решений. При необходимости учета

дополнительной информации о процессе возможно дополнение и изменение данного алгоритма. Представленная в исследовании форма фиксации результатов расчетов может быть реализована как с применением отдельных программных продуктов, так и в рамках общепринятых, в том числе программ работы с электронными таблицами.

Список литературы

1. Петрова М.Э., Галямутдинова А.Л., Агейкин Т.М., Пантелева О.Б. Принятие решений в условиях неопределенности – комплексных подходов МАИ и Байесовский анализ // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 12–3 (80). С. 101–104.

2. Бочков А.В. Определение априорного распределения наработки на отказ уникальных высокоответственных элементов экспертным методом // Надежность. 2023. Т. 23, № 1. С. 13–23.

3. Буряк Ю.И., Скрынников А.А. Управление испытаниями сложных технических систем на основе последова-

тельной оценки надежности и с учетом априорных данных по их элементам // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2021. Т. 18, № 2 (200). С. 13–23.

4. Агишев С.В., Лебедев Е.Л. Модель процесса метрологического обслуживания средств измерений на основе априорной вероятности функционирования средств измерений без метрологических отказов за заданное время // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 2. С. 547–552.

5. Исаева А.Э. Использование метода апостериорных вероятностей для прогнозирования условий безопасности // Аллея науки. 2024. Т. 1, № 1 (88). С. 212–217.

6. Близнюк А.А., Жиронкин С.Б., Слободянюк А.В. Алгоритм частично децентрализованной обработки апостериорной информации в комплексной системе обнаружения // Успехи современной радиоэлектроники. 2021. Т. 75, № 2. С. 48–56.

7. Жиронкин С.Б., Близнюк А.А., Котенко И.Ю. Характеристики обнаружения комплексной системы, объединяющей обнаружители с использованием апостериорных вероятностей правильного обнаружения и ложной тревоги // Вестник Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны. 2020. № 1 (8). С. 4–10.

УДК 004.9
DOI 10.17513/snt.40086

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЕМ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Фирер А.В., Киргизова Е.В., Копейкин А.А., Шелкунов П.А.

*Лесосибирский педагогический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Лесосибирск, e-mail: fivr@yandex.ru*

Целью исследования является разработка веб-приложения «Расписание» для Лесосибирского технологического техникума. В статье обсуждаются текущие исследования и решения в этой области, указывается на отсутствие универсального программного средства. Для повышения эффективности учебного процесса в техникумах и колледжах предлагается разработка автоматизированной информационной системы «Расписание», благодаря которой решается проблема управления расписанием занятий в техникуме, сопровождающегося значительными трудовыми и временными затратами, а также ошибками при ручном создании расписания. На этапе проектирования проведен анализ предметной области, выявлены проблемы и ограничения текущих методов управления расписанием, для четкого представления последовательности действий и обмена данными между различными участниками и компонентами системы были разработаны диаграммы взаимодействия пользователей с системой. Разработка системы включает использование клиент-серверной архитектуры с библиотекой React JS для клиентской части и Flask для серверной части. База данных реализована на MySQL. Для управления исходным кодом применяется Git. В статье представлены ключевые элементы интерфейса, разработанные для удобного доступа к информации о расписании пользователям. Разработанное приложение было внедрено в образовательный процесс и прошло успешное fuzzing-тестирование. Результаты исследования показывают, что внедрение данной системы способствует более эффективному управлению учебным процессом, оперативному внесению изменений в расписание учебных занятий и улучшению взаимодействия между участниками образовательного процесса.

Ключевые слова: информационная система, расписание, веб-приложение, информационные технологии, веб-разработка

WEB APPLICATION FOR SCHEDULE MANAGEMENT IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION

Firer A.V., Kirgizova E.V., Kopeikin A.A., Shelkunov P.A.

*Lesosibirsk Pedagogical Institute – branch of the Siberian Federal University,
Lesosibirsk, e-mail: fivr@yandex.ru*

The purpose of this article is to develop a Schedule web application for the Lesosibirsk Technological College. The article discusses current research and solutions in this area, and points out the lack of a universal software tool. To improve the efficiency of the educational process in technical schools and colleges, it is proposed to develop an automated information system «Schedule», which solves the problem of managing the schedule of classes at the college, accompanied by significant labor and time costs, as well as errors in manually creating a schedule. At the design stage, an analysis of the subject area was carried out, problems and limitations of current schedule management methods were identified, diagrams of user interaction with the system were developed to clearly represent the sequence of actions and data exchange between various participants and components of the system. The development of the system includes the use of a client-server architecture with the React JS library for the client side and Flask for the server side. The database is implemented in MySQL. Git is used to manage the source code. The article presents the key interface elements designed for easy access to schedule information for users. The developed application was introduced into the educational process and passed a successful fuzzing test. The results of the study show that the implementation of this system contributes to more effective management of the educational process, prompt changes to the schedule of training sessions and improved interaction between participants in the educational process.

Keywords: information system, schedule, web application, information technology, web development

Введение

С развитием информационных технологий в современном мире во многих сферах жизни возникает необходимость использования современных IT-решений, включая образование. Например они применяются для управления расписанием занятий в образовательных учреждениях. Ручное создание и поддержка расписания требуют значительных трудовых и временных затрат, что часто приводит к ошибкам. Чтобы обеспечить максимальную эффективность

обучения в современных техникумах и колледжах с большим количеством студентов и преподавателей, необходимо эффективно организовать учебный процесс. Разработка автоматизированной информационной системы «Расписание» является одной из ключевых задач в этом контексте, так как она позволит автоматизировать процесс составления расписания занятий для учебных групп, а также обеспечит быстрый и удобный доступ к информации о расписании как для студентов, так и для преподавателей.

Рассматриваемая проблема до сих пор остается актуальной, ее решением занимаются многие исследователи: И.В. Артамонов и А.Д. Дмитриева [1] описывают основные проблемы использования и создания «плавающего» расписания; С.Н. Широкова и О.Н. Сериков [2] предлагают вариант формализованной модели задачи составления расписания учебных занятий в условиях применения ограничительных мер (в частности, сдвига потоков по времени); Д.И. Биков и М.Р. Хамидуллин [3] разработали систему мониторинга расписания в образовательных учреждениях; А.Н. Шелестова [4] раскрывает преимущества применения электронной учебной документации в образовательном процессе вуза, рассматривая веб-сайт вуза как ключевой компонент веб-ориентированного информационно-образовательного пространства.

В настоящее время существует ряд готовых решений для управления расписанием в образовательных учреждениях. Но, как отмечают в своих исследованиях ряд авторов [5, 6], универсального программного средства нет, в каждой автоматизированной системе есть свои достоинства и недостатки. Но самым перспективным является решение, представленное в виде веб-сайта.

Цель исследования – разработать веб-приложение «Расписание» для управления расписанием занятий в КГБПОУ «Лесосибирский технологический техникум».

Материал и методы исследования

Анализ предметной области является важным этапом в проектировании веб-приложения «Расписание». Этот этап включает в себя изучение особенностей образовательного процесса, структуры учебного заведения, текущих методов управления расписанием, а также выявление требований и ожиданий пользователей системы. Потенциальными пользователями системы являются обучающиеся и преподаватели (неавторизованные пользователи), диспетчер и администратор системы (авторизованные пользователи).

Анализ текущих методов управления расписанием выявил ряд проблем и ограничений, которые могут быть решены с помощью автоматизации:

- а) высокая трудоемкость:
 - ручное составление и обновление расписания требует значительных временных затрат со стороны администраторов;
 - процесс подвержен ошибкам из-за человеческого фактора;
- б) низкая оперативность:
 - внесение изменений в расписание занимает много времени, что затрудняет

оперативное реагирование на изменения и потребности;

в) отсутствие прозрачности:

- обучающиеся и преподаватели могут испытывать трудности с доступом к актуальной информации о расписании;

- расписание может быть недоступно вне учебного заведения или в нерабочее время;

г) ограниченная гибкость:

- ручное планирование ограничивает возможности оптимизации и автоматической проверки расписания на наличие конфликтов.

Для визуализации и анализа потоков данных, а также для понимания логики взаимодействия между различными элементами системы используются диаграммы взаимодействия, которые Л.А. Мацяшек описал следующим образом: «Диаграммы взаимодействия разделяются на два вида – диаграммы последовательностей и диаграммы коммуникации (до появления версии UML 2.0 они назывались диаграммами кооперации). Диаграмма последовательностей представляет собой двумерный граф. Роли (объекты) располагаются по горизонтали» [7, с. 223]. На рисунке 1 представлены диаграммы взаимодействия пользователей системы (обучающихся и диспетчера расписания) с системой.

Созданные диаграммы позволяют четко представить последовательность действий и обмена данными между различными участниками и компонентами системы, что способствует более эффективной разработке веб-приложения.

Основой для системы «Расписание» является клиент-серверная архитектура, которая обеспечивает эффективное взаимодействие между компонентами через сеть.

Для разработки клиентской части системы была выбрана библиотека React JS, так как она обладает высокой производительностью, компонентным подходом, также существует большая поддержка сообщества разработчиков и имеется множество готовых библиотек. React JS позволяет создавать интерактивные пользовательские интерфейсы и управлять состоянием приложения с использованием Redux или Context API.

Серверная часть системы использует язык программирования Python. Его основные преимущества включают простоту и удобочитаемость, обширную стандартную библиотеку и поддержку множества фреймворков и инструментов. В качестве веб-фреймворка был выбран Flask, который отличается легковесностью, гибкостью и возможностью быстрого старта разработки. Flask легко интегрируется с различными библиотеками и инструментами.

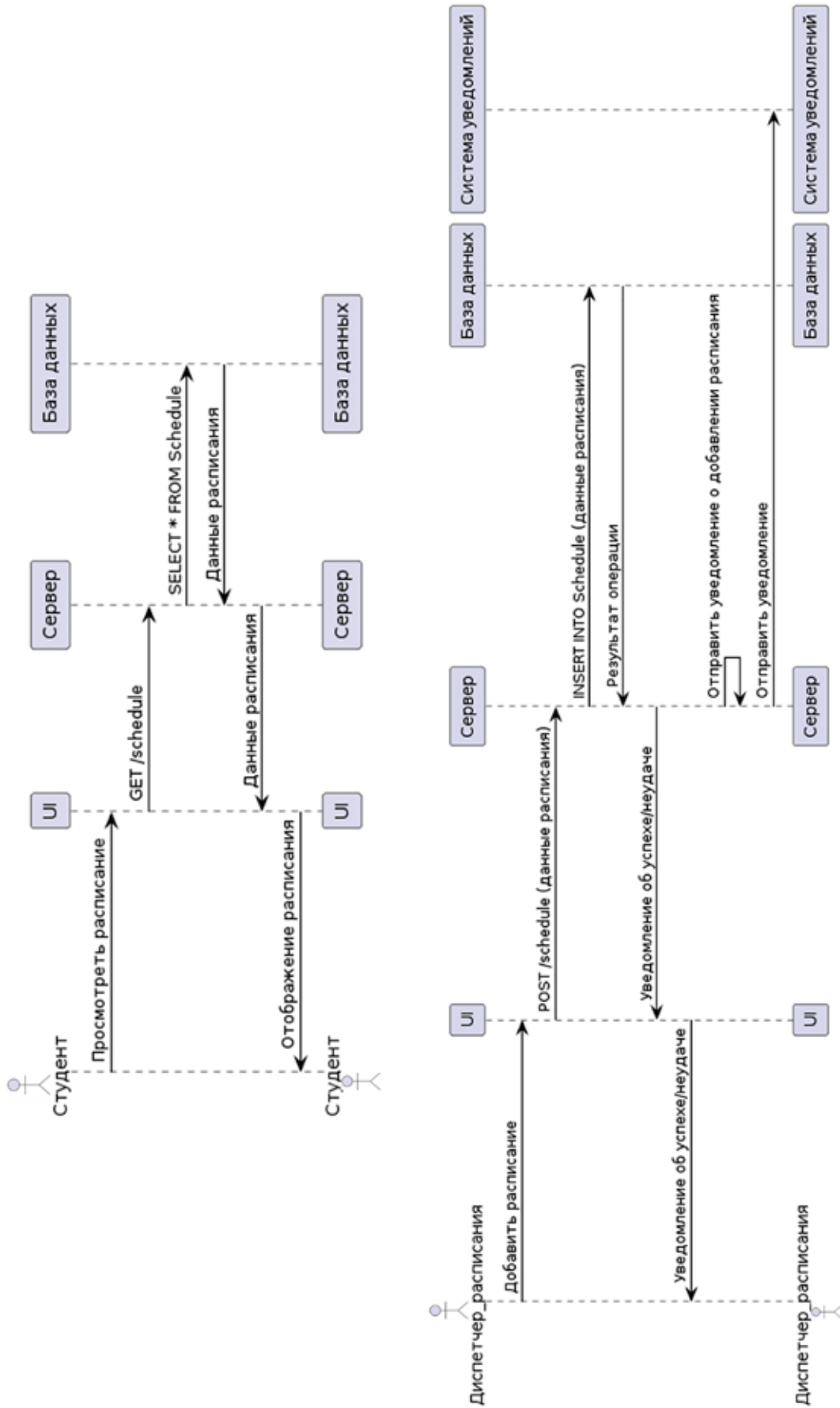


Рис. 1. Диаграммы взаимодействия пользователей с системой

В качестве хранения данных используется реляционная система управления базами данных MySQL, обеспечивающая высокую производительность и надежность. MySQL применяется для хранения информации о расписании, пользователей, учебных группах и аудиториях.

Для управления исходным кодом и совместной работы используется система контроля версий Git. Инструментарий Gitflow помогает управлять версиями и координировать работу в команде, обеспечивая удобное введение новых функций, исправление ошибок и релизов, что способствует структурированному и упорядоченному процессу разработки.

Использование данных технологий и инструментов обеспечивает создание эффективной, надежной и легко поддерживаемой системы, соответствующей современным тенденциям и подходам к разработке программного обеспечения.

Результаты исследования и их обсуждение

Интеграция с базой данных в веб-приложении «Расписание» включает создание и использование нескольких таблиц для хранения данных. Каждая таблица представляет собой структурированное хранилище информации, необходимой для функционирования системы. Основные таблицы, используемые в разработанном приложении:

- 1) Buildings: хранит информацию о зданиях, включая их название и адрес;
- 2) ChangeNotifications: связывает уведомления об изменениях с соответствующими изменениями в системе;
- 3) Classrooms: содержит данные об аудиториях, включая номера аудиторий и связи с соответствующими зданиями;
- 4) days_of_week: представляет дни недели для использования в расписании;
- 5) FieldMappings: используется для сопоставления полей на разных языках, что может быть полезно для интернационализации системы;
- 6) Group_Subjects: связывает учебные группы с учебными предметами, которые они изучают;
- 7) Groups table: хранит информацию об учебных группах, включая их название, курс и связь с соответствующим зданием;
- 8) lesson_type: содержит различные типы занятий, такие как лекции, семинары и т. д.;
- 9) Notifications: сохраняет уведомления для пользователей, например об изменениях в расписании;
- 10) role и roles_users: используются для управления ролями пользователей в системе;

11) Schedule и ScheduleChanges: хранят информацию о расписании занятий и его изменениях;

12) SubGroup: содержит информацию о подгруппах учебных групп;

13) Subjects: содержит данные об учебных предметах;

14) Teachers и Teachers Subjects: связывают преподавателей с учебными предметами, которые они ведут;

15) time_intervals: хранит интервалы времени, используемые в расписании занятий.

Для каждой из таблиц были созданы классы на языке программирования Python с соответствующими полями. Данные классы позволяют работать с данными непосредственно в приложении и призваны структурировать работу с информацией и СУБД MySQL.

Разберем класс Schedule на основе языка программирования Python с использованием SQLAlchemy для взаимодействия с созданной базой данных. Рассмотрим основные аспекты этого класса.

Класс Schedule является моделью данных, которая отражает структуру таблицы Schedule в базе данных и содержит следующие поля, которые соответствуют полям в базе данных:

- id, который является первичным ключом и уникальным идентификатором каждой записи расписания;
- date представляющее собой дату;
- start_time и end_time, определяющие время начала и окончания занятия;
- lesson_type_id, teachers_subjects_id, classroom_id, group_id, subgroup_id, которые являются внешними ключами, связывающими запись в таблице Schedule с соответствующими данными в других таблицах, такими как тип занятия, преподаватели и предметы, аудитории, группы и подгруппы.

В конструкторе __init__ класса Schedule проводится инициализация этих полей для создания новой записи в расписании или обновления существующей. Также был определен метод serialize, который преобразует объект Schedule в словарь Python, чтобы упростить передачу этих данных через API и их последующую обработку.

Такой подход позволяет управлять данными расписания в учебном заведении, обеспечивая быстрый доступ к актуальной информации и минимизацию ошибок при составлении расписания. А также он дает возможность работать с информацией в удобном для пользователей виде.

Графический пользовательский интерфейс веб-приложения «Расписание» представлен общедоступными страницами

для неавторизованных пользователей (обучающихся и преподавателей) и административной панелью для авторизованных пользователей (диспетчера расписания).

В процессе разработки пользовательского интерфейса общедоступных страниц были созданы несколько ключевых элементов, обеспечивающих удобный и быстрый доступ к информации о расписании. Были разработаны три основные страницы:

- страница выбора группы, которая позволяет пользователю последовательно выбрать корпус, курс и группу;

- страница расписания для группы, представленная в виде карточек. Этот формат облегчает визуальное восприятие и навигацию по расписанию. Карточки являются интерактивными и позволяют быстро переходить к расписанию преподавателя;

- страница расписания преподавателя, где представлено расписание на текущую неделю с подробной информацией о каждом занятии. Это позволяет преподавателям эффективно планировать свое время и готовиться к занятиям.

На каждую страницу был интегрирован модуль поиска, позволяющий быстро находить нужные группы и преподавателей.

Такой функционал помогает пользователям быстро получать доступ к необходимой информации. Внедрение такого пользовательского интерфейса обеспечивает эффективную навигацию в веб-приложении для обучающихся и преподавателей.

Для работы с расписанием авторизованного пользователя основной страницей является «Расписание занятий», которая представлена на рисунке 2.

На данной странице расположены параметры, которые нужно учитывать, чтобы начать заполнять расписание:

- выбор корпуса;
- выбор группы;
- выбор даты, на которую заполняется расписание.

На страницу «Расписание занятий» была добавлена сводная таблица расписания, представленная на рисунке 3. Эта таблица служит для контроля и проверки заполненного диспетчером расписания. Благодаря этому инструменту диспетчер может легко отслеживать актуальность и корректность введенных данных, своевременно вносить необходимые изменения и избегать возможных конфликтов в расписании.

Рис. 2. Страница «Расписание занятий» административной панели

Выберите день:

2024-06-10

обновить

Мг-23.9

id	Выбор	Время	Предмет	Преподаватель	Аудитория
5017	<input type="checkbox"/>	09:55 - 10:40	Математика	Преподаватель 1	17
5018	<input type="checkbox"/>	10:50 - 11:35	Математика	Преподаватель 1	17
5019	<input type="checkbox"/>	12:05 - 12:50	Физика	Преподаватель 2	12
5020	<input type="checkbox"/>	13:00 - 13:45	Физика	Преподаватель 2	12
5021	<input type="checkbox"/>	13:55 - 14:40	Индивидуальный проект	Преподаватель 3	15
5022	<input type="checkbox"/>	14:50 - 15:35	Индивидуальный проект	Преподаватель 3	15

Сводная таблица

id	Группа	Время	Предмет	Преподаватель	Аудитория
5017	Мг-23.9	09:55 - 10:40	Математика	Преподаватель 1	17
5018	Мг-23.9	10:50 - 11:35	Математика	Преподаватель 1	17
5019	Мг-23.9	12:05 - 12:50	Физика	Преподаватель 2	12
5020	Мг-23.9	13:00 - 13:45	Физика	Преподаватель 2	12
5021	Мг-23.9	13:55 - 14:40	Индивидуальный проект	Преподаватель 3	15
5022	Мг-23.9	14:50 - 15:35	Индивидуальный проект	Преподаватель 3	15

Рис. 3. Сводная таблица расписания на один день

Для функционирования системы должны быть заполнены и актуализированы все справочники, заполнение каждого справочника и связей между ними осуществляется с помощью следующих форм:

- добавить предмет;
- добавить преподавателя;
- добавить группу;
- добавить предмет преподавателю.

Для взаимодействия клиентской части веб-приложения с серверной частью были определены конечные точки (endpoints). Каждая конечная точка определяет соответствующий URL и HTTP-метод, используемый для доступа к функционалу API.

Заключение

В ходе исследования с помощью современных технологий и инструментов, таких как Python, Flask, React и JavaScript, было спроектировано и разработано веб-приложение для управления расписанием в КГБПОУ «Лесосибирский технологический техникум». Архитектура веб-приложения разработана с учетом принципов чистой архитектуры, обеспечивающей масштабируемость и отказоустойчивость; опре-

делены методы взаимодействия компонентов и меры обеспечения безопасности. Создана серверная часть (на основе Flask) и клиентская часть (с помощью React разработан пользовательский интерфейс как для панели администратора, так и для общедоступных страниц), реализована обработка HTTP запросов для взаимодействия клиентской и серверной частей веб-приложения, обеспечена интеграция с базой данных MySQL с использованием SQLAlchemy для управления данными расписания.

Данное приложение успешно прошло fuzzing-тестирование и внедрено в образовательный процесс КГБПОУ «Лесосибирский технологический техникум». Разработанное решение способствует более эффективному управлению учебным процессом, оперативному внесению изменений и улучшению взаимодействия между всеми участниками образовательного процесса.

Список литературы

1. Артамонов И.В., Дмитриева А.Д. Особенности разработки программного обеспечения для составления «плавающего» расписания образовательного учреждения // Информатизация образования и науки. 2021. № 1 (49). С. 11–24.

2. Широбокова С.Н., Сериков О.Н. О варианте формализации условий применения ограничительных мер в задаче составления расписания учебных занятий // *Перспективы науки*. 2021. № 6 (41). С. 16–20.
3. Биков Д.И., Хамидуллин М.Р. Разработка и внедрение системы мониторинга расписания в высших образовательных учреждениях для удобного взаимодействия с образовательным процессом // *International journal of advanced studies*. 2021. № 3 (11). С. 57–67.
4. Шелестова А. Н. Электронная учебная документация в веб-ориентированном информационно-образовательном пространстве вуза // *Научно-техническая информация. Серия 1: организация и методика информационной работы*. 2016. № 11. С. 15–21.
5. Антропов А.Ю., Варламова С.А. Проблемы автоматизированного составления расписания занятий средней образовательной школы // *Juvenis scientia*. 2016. № 2. С. 10–13.
6. Самсонова Н.В., Симонов А.Б. Составление расписания в высшем учебном заведении: математические методы и программные продукты // *E-Management*. 2018. № 1. С. 60–69.
7. Мацяшек Л.А. Анализ и проектирование информационных систем с помощью UML 2.0. 3-е изд. М.: Вильямс, 2008. 816 с.

УДК 62-93
DOI 10.17513/snt.40087

НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРБОНОВЫХ РЕЗИСТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Шелехов И.Ю., Шелехова А.И.

*ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»,
Иркутск, e-mail: promteplo@yandex.ru*

Карбоновые резистивные материалы находят все большее применение в электронике и электротехнике, постепенно вытесняя резистивные материалы, созданные на основе благородных металлов. Это происходит благодаря появлению новых технологий и нового оборудования, с помощью которого расширяется их диапазон сопротивлений и улучшаются электрофизические характеристики. В данной статье представлена технология по производству резистивной карбоновой пасты, где с помощью установки гомогенизации полидисперсных систем осуществляется равномерное пространственное распределение ультрадисперсных частиц в основной функциональной фазе, что существенно повышает параметры надежности и стабильности. В статье представлены результаты исследования электрофизических параметров карбоновой пасты отечественного и импортного производства, а также произведенной по разработанной технологии. Результаты исследования показали, что благодаря представленной технологии удалось существенно расширить спектр удельных сопротивлений карбоновых паст, увеличить величину токовой нагрузки. В статье также представлены результаты лабораторных исследований по изменению коэффициента термического сопротивления карбоновых паст, было показано, что возможно изменять уровень термического сопротивления в широком диапазоне. Разработанная технология не только улучшает электрофизические характеристики производимой карбоновой пасты, но и сокращает время технологического цикла, что существенно снижает себестоимость производства. Российскими учеными накоплен большой теоретический и практический опыт по изготовлению и использованию карбоновых резистивных материалов, что позволит в ближайшее время отечественным производителям снять зависимость от поставок из-за рубежа.

Ключевые слова: карбоновые резистивные материалы, гомогенизатор, карбоновая паста, термический коэффициент сопротивления, удельное сопротивление, плотность тока

NEW EQUIPMENT FOR STABILIZATION OF ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF CARBON RESISTIVE ELEMENTS

Shelekhov I.Yu., Shelekhova A.I.

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: promteplo@yandex.ru

Carbon resistive materials are increasingly used in electronics and electrical engineering, gradually replacing resistive materials based on noble metals. This is due to the emergence of new technologies and new equipment, with the help of which their resistance range is expanded and the electrical characteristics are improved. This article presents a technology for the production of resistive carbon paste, where, using a homogenization unit for polydisperse systems, a uniform spatial distribution of ultrafine particles is carried out in the main functional phase, which significantly increases the parameters of reliability and stability. The article presents the results of a study of the electrophysical parameters of carbon paste of domestic and imported production, as well as those produced using the developed technology. The results of the study showed that thanks to the presented technology, it was possible to significantly expand the range of resistivities of carbon pastes and increase the current load. The article also presents the results of laboratory studies on changing the coefficient of thermal resistance of carbon pastes; it was shown that it is possible to change the level of thermal resistance in a wide range. The developed technology not only improves the electrophysical characteristics of the produced carbon paste, but also reduces the technological cycle time, which significantly reduces production costs. Russian scientists have accumulated extensive theoretical and practical experience in the production and use of carbon resistive materials, which will allow domestic manufacturers to eliminate their dependence on supplies from abroad in the near future.

Keywords: carbon resistive materials, homogenizer, carbon paste, thermal coefficient of resistance, resistivity, current density

Введение

В электронике и электротехнике сложно обойтись без резистивных токопроводящих материалов, без них не сможет работать ни один электронный прибор, начиная от светодиодного светильника и заканчивая персональным компьютером. Широкое применение резистивные токопроводящие материалы нашли в электротехнике, осо-

бенно при производстве электронагревательных приборов. Ассортимент электронных и электротехнических приборов растет с каждым годом, увеличиваются их область применения и функциональные возможности, это, в свою очередь, требует от токопроводящих материалов новых свойств, таких как пластичность и гибкость. По экспертным оценкам, востребо-

ванность таких материалов увеличивается ежегодно на 16,3% и уже превысила отметку в несколько триллионов долларов США [1]. Особой популярностью пользуются материалы на основе карбона, которые успешно конкурируют на рынке с другими резистивными материалами и занимают в общей доле рынка около 5%, что оценивается в 50,23 млрд долларов [2].

Свойство карбона образовывать токопроводящие структуры широко используется в электронной промышленности для преобразования различных сигналов, в том числе малых величин, и в электротехнике для изготовления нагревательных элементов, при работе с промышленным напряжением с удельными мощностями до 500 Вт/м². Одним из самых распространенных способов изготовления резистивных элементов является нанесение его на диэлектрическую подложку в виде специализированной карбоновой пасты. Чтобы обеспечить необходимое сопротивление, пасту наносят в виде топологического рисунка с определенной толщиной, длиной и шириной. Паста изготавливается путем введения в полимерное связующее порошков карбона разной дисперсности, при этом размер частиц и технология их перемешивания с полимером во многом определяют ее электрофизические свойства. Свои исследования авторы осуществляют в области «толсто пленочной технологии», где резистивные элементы изготавливаются с помощью станков трафаретной печати, путем продавливания карбоновой пасты через трафарет, нанесенный на сетку с заданной толщиной, на подложку. После нанесения пасты на подложку она помещается в печь, где под температурным воздействием происходит процесс полимеризации. Качество резистивных элементов, в основном, определяется характеристиками пасты, ее реологическими свойствами и равномерностью распределения токопроводящих частиц в объеме полимерного связующего. Обычно пасту изготавливают из смеси мелкодисперсных и ультрадисперсных порошков, для этого используют бисерные мельницы, смесители и трехвалковые пастотерки, при этом в зависимости от качества помола, эффективности смешивания, гомогенизации и других сложных технологических процессов у паст меняются не только физические характеристики, такие как пластичность, адгезия, величина термического расширения, но и электротехнические характеристики, величина удельного сопротивления, характер проводимости, значение коэффициента термического сопротивления [3].

Российские ученые имеют большой опыт по управлению электрофизическими характеристиками у композиционных материалов, особенно в области введения в основную композицию наноматериалов, но данные исследования не получили широкого внедрения в связи с отсутствием отечественного специализированного оборудования. Импортное оборудование попадает на российский рынок в незначительном количестве, поэтому полученные в лабораторных условиях результаты невозможно реализовать на промышленном уровне. Данный факт серьезно сдерживает внедрение новых технологий в отечественную промышленность [4], несмотря на то, что данное научное направление развивается в нашей стране с середины 1980-х годов, уже в этот период времени в головном институте резисторостроения создавались углеродные полимерные композиции, которые могли конкурировать с лучшими зарубежными аналогами [5]. Имеются научные публикации, в которых описывается, как наши ученые без дорогостоящего оборудования создают сложные проводниковые структуры путем варьирования соотношением нескольких паст с различной вязкостью и проникающей способностью в межслойную функциональную фазу [6]; также для получения новых свойств у материалов для толсто пленочной технологии используется метод диффузирования ультрадисперсных частиц [7] и метод образования межслойных переходов в полимерных пастах [8]. Результаты российских и зарубежных ученых сопоставимы, но наши ученые производят данные композиции в единичных экземплярах, а зарубежные специалисты внедряют результаты своей деятельности в серийное производство.

Целью исследования было создание надежного и высокопроизводительного оборудования для решения проблем в области образования электропроводности в сложных композиционных структурах, созданных на основе карбона, путем равномерного пространственного распределения ультрадисперсных металлических порошков между функциональными фазами, что обеспечит стабильность электрофизических характеристик и увеличит величину удельной мощности.

Материал и методы исследования

Электрофизические характеристики карбоновых резистивных элементов, в первую очередь, зависят от исходных компонентов карбоновой пасты и технологических режимов ее изготовления. Для электронных и электротехнических приборов основными показателями качества являются едино-

бразии параметров и стабильность этих параметров при длительной эксплуатации. Условно карбоновую пасту можно разделить на две основные фазы: функциональную и термоактивную. Функциональная фаза состоит из токопроводящих элементов, которые распределены в диэлектрическом связующем (термоактивной фазе). Протекание тока осуществляется с помощью механического контакта токопроводящих элементов и с помощью преодоления потенциального барьера, созданного термоактивной фазой (туннельный эффект). Протекание электрического тока, термическое сжатие и расширение, механические воздействия влияют на контакт между токопроводящими частицами, что приводит к изменению электрофизических свойств резистивного элемента, меняются величина электрического сопротивления и температурный коэффициент сопротивления. Для увеличения стабилизации параметров необходимо обеспечить два основных фактора при изготовлении карбоновой пасты:

– равномерное распределение функциональной фазы в термоактивной позволяет стабилизировать зависимость электрического сопротивления от температуры;

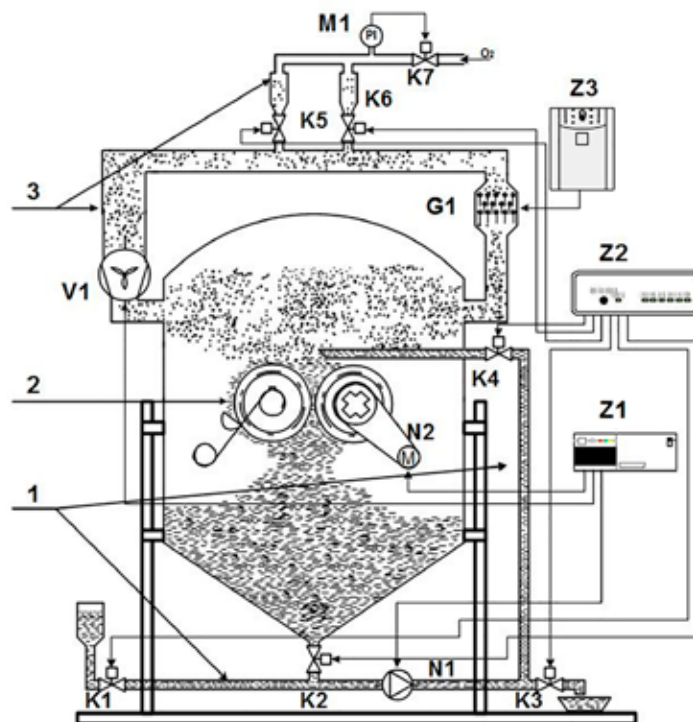
– введение ультрадисперсных металлических порошков между функциональными фазами дает возможность стабилизировать

электрическое сопротивление при механических и электрических воздействиях [9].

Измерив величину отклонения электрического сопротивления и величину коэффициента термического сопротивления, можно охарактеризовать качество производимой карбоновой пасты и определить спектр ее применения, а также охарактеризовать качество технологического оборудования, которое применяется для ее производства.

Для изготовления карбоновой пасты использовалось запатентованное устройство гомогенизации полидисперсных систем [10], конструкция которого представлена на рисунке.

Перечень элементов управления: K1 – K4 – клапаны управления вводом, выводом и перемешиванием основного состава карбоновой пасты; N1 – насос-гомогенизатор; N2 – двигатель управления блоком измельчения и диспергизации; V1 – вентилятор для управления воздушно-порошковой смесью; Z1 – щит управления скоростью насосов и вентилятора; K5 – K7 – клапаны управления количеством ультрадисперсных металлических частиц, M1 – устройство контроля за давлением в блоке подачи ультрадисперсных частиц; Z2 – логическое устройство управления технологическим процессом; G1 – высоковольтный блок; Z3 – источник высоковольтного напряжения.



Конструкция гомогенизатора полидисперсных систем:

1 – смесительный блок; 2 – блок измельчения и диспергирования;
3 – блок подачи ультрадисперсных частиц в термоактивную фазу

Краткое писание работы установки гомогенизации полидисперсных систем. В смесительный блок с помощью насоса-гомогенизатора подается базовый состав карбоновой пасты, состав зависит от величины удельного сопротивления, которое необходимо получить. В блоке измельчения и диспергирования происходит дополнительное дробление частиц функциональной фазы и их перемешивание. В блоке подачи ультрадисперсных частиц в термоактивную фазу создается воздушно-порошковая смесь, которая движется по замкнутому кругу; проходя через высоковольтный блок, частицы заряжаются и притягиваются к базовому составу пасты; количество внедренных в основной состав ультрадисперсных частиц определяется величиной заряда. Меняя величину подаваемого напряжения, можно не только регулировать величину удельного сопротивления, но и управлять коэффициентом термического сопротивления.

Результаты исследования и их обсуждение

Для сравнительного исследования были изготовлены образцы резистивных элементов с разным номиналом: из карбоновой пасты, приготовленной на установке гомогенизации полидисперсных систем (**образец И1**), из пасты российских производителей (образцы Р1 и Р2), из пасты китайских производителей (образец К1), из пасты японских производителей (образец Я1). Испытывались образцы номиналом до 30 Ом/квadrat, до 1 кОм/квadrat и до 100 кОм/квadrat. Каждого номинала было изготовлено по 100 образцов, результаты исследований были статистически обработаны и систематизированы. Авторами исследовалось отклонение сопротивления от номинального значения, это характеризует равномерность распространения основных компонентов в пасте. Результаты исследования представлены в таблице, где под цифрой 1 приводится среднестатисти-

ческое отклонение от номинального сопротивления при изготовлении.

Под цифрой 2 представлено среднестатистическое отклонение от номинального сопротивления после воздействия температуры в 40°C в течение 24 часов, под цифрой 3 – после воздействия температуры в 60°C в течение 24 часов (60°C – максимальная температура использования карбоновых паст российских и зарубежных производителей), под цифрой 4 – после воздействия температуры в 100°C в течение 1,5 часов.

Под цифрой 5 представлено начальное значение ТКС образца (значение представлено в $10^{-4} 1/K^{\circ}$), под цифрой 6 – после воздействия постоянным и переменным напряжением величиной 220 В.

Под цифрой 7 представлено среднестатистическое отклонение от номинального сопротивления после воздействия атмосферы в течение 48 часов с высокой относительной влажностью ($93 \pm 0,2\%$), под цифрой 8 – после выдержки на открытом воздухе при воздействии прямых солнечных лучей в течение 48 часов, под цифрой 9 – после механического воздействия в виде изгиба (радиус изгиба до 20 мм).

Под цифрой 10 показано среднестатистическое отклонение от номинального сопротивления после циклов термоциклирования: нагрев до 60°C, охлаждение до 20°C.

Под цифрой 11 показан результат сохранения топологического рисунка после нахождения пасты более 4 часов в емкости на открытом воздухе и под цифрой 12 – после нахождения пасты 0,5 ч на трафаретной сетке.

При термическом воздействии в резистивных элементах возникают деградиационные процессы, микродефекты, образуются или прерываются связи между функциональными элементами. При воздействии постоянным и переменным током происходят разрушение и образование токоведущих мостиков, это оказывает негативное влияние на электрофизические характеристики резистивных элементов [11].

Результаты исследования резистивных карбоновых элементов разных производителей

Наименование	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Образец Р1	6,7	0,8	8,7	30	2,4	2,8	0	1,2	5	-28,1	нет	нет
Образец Р2	8,2	0,8	8,0	28	2,4	3,1	0	1,6	6	-22,3	нет	нет
Образец К1	5,4	0,4	5,5	16	3,2	3,5	0	2,2	0	-16,7	нет	нет
Образец Я1	3,7	0,6	6,1	14,5	3,5	4,1	0	3,4	0	-7,1	нет	нет
Образец И1	2,7	0,2	4,9	11,4	2,9	2,9	0	0	0	+2,4	да	да

При одинаковых электрических сопротивлениях при длительной эксплуатации количество микродефектов зависит от технологических режимов производства резистивных паст: чем выше технологический уровень производства, тем шире область их применения [12]. Проведенные исследования показали, что разработанное оборудование позволяет производить карбоновую пасту с лучшими техническими и электрофизическими характеристиками по сравнению с отечественными и зарубежными производителями. При этом у производимой пасты появляются новые эксплуатационные характеристики, которые дают неоспоримое преимущество при организации серийного производства. При производстве резистивных элементов необходимо обновлять пасту на трафаретной сетке через каждые 30 минут, если не выполнить данной операции, то будет производиться брак. Аналогичная ситуация происходит при использовании пасты из емкости, где она хранится. Если пасту не использовать за 4 часа, то остатки пасты также уходят в брак. После обработки пасты в представленной установке из нее полностью удаляется кислород, и жизнеспособность пасты увеличивается в несколько раз.

Заключение

Отсутствие технологического оборудования, которое обеспечивало бы достаточную степень однородности распределения химических элементов и фаз по объему гетерофазной системы, приводит к образованию локальных дефектов в толсто пленочных электронных компонентах и к неравномерному нагреву поверхности толсто пленочных резисторов при протекании через них электрического тока. Для устранения данного недостатка толсто пленочные пассивные электронные компоненты и толсто пленочные резистивные нагревательные элементы изготавливаются за несколько операций, состоящих из поочередного нанесения слоев и их термообработки, что существенно усложняет технологический процесс производства и увеличивает себестоимость продукции. С появлением нового технологического процесса и запатентованного технологического оборудования перед российскими производителями электронной и электротехнической продукции открываются возможности по вне-

дрению новых устройств, которые смогут конкурировать с зарубежными аналогами. Проведенные исследования показали, что оборудование позволяет производить карбоновую пасту с лучшими электрофизическими и реологическими характеристиками. Данное оборудование может производить продукцию серийно и с высоким качеством, что позволяет внедрять его в серийный производственный процесс.

Список литературы

1. Chemicals And Materials Market Research Report [Электронный ресурс]. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/categories/chemicals-market-report?page=3> (дата обращения: 22.05.2024).
2. Semiconductor Materials Market [Электронный ресурс]. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/semiconductor-materials-market-8605> (дата обращения: 22.05.2024).
3. Рупосов В.Л., Шелехов И.Ю. Подходы к экономической оценке новых нагревательных приборов. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2015. 174 с.
4. Чижик С.А. Нанотехнологии и аддитивные технологии как технологии «снизу-вверх» В книге: Методологические аспекты сканирующей зондовой микроскопии: Сборник докладов XII Международной конференции / Под редакцией С.А. Чижика. 2016. С. 18-20.
5. Иванников В.П., Кабакова А.В. «Нанотехнологии» в сфере микроэлектроники и наноэлектроники. Возможности и ограничения // Управление техносферой. 2023. Т. 6, № 1. С. 66-92.
6. Zhuo Cao E., Koukharenko M.J., Tudor R.N. Flexible screen printed thermoelectric generator with enhanced processes and materials // Sensors and Actuators A. 2016. P. 196–206.
7. Schubert M., Munch C., Schuurman S. Novel Method for NTC Thermistor Production by Aerosol Co-Deposition and Combined Sintering // Sensors (Basel). 2019. Vol. 19 (7). P. 1632. DOI: 10.3390/s19071632.
8. Кошкин С.С., Кузьменко А.П., Бельских Г.Н., Мин Тан М. Структура и свойства толсто пленочных многослойных терморезистивных покрытий из многофункциональных дисперсных наполнителей // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2019. Т. 9, № 2 (31). С. 108–121.
9. Мисуркин И.А. Механизм электропроводности в молекулярных системах и полимерных нанокompозитах // Журнал физической химии. 2011. Т. 85, № 12. С. 23-37.
10. Шелехов И.Ю. Устройство гомогенизации полидисперсных систем // Евразийский Патент на изобретение № 046266. Патентообладатель ООО «Промышленные Технологические Инновации». 2024. Бюл. Евразийского патентного ведомства № 2/2024.
11. Степанов С.В., Гуськов Ю.В. Прогнозирование надежности постоянных резисторов // Современные и информационные технологии в социальной сфере: сборник научных трудов III Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары, 2023. С. 240-242.
12. Кузанын М.С., Леухин В.Н., Шабдаров Е.В. Разработка средств измерения ТКС резисторов экспресс-методом // Наука и инновации – 2016. ISS SI – 2016: материалы Одиннадцатой международной научной школы. Йошкар-Ола, 2016. С. 109–113.

УДК 681.5:677.05-52
DOI 10.17513/snt.40088

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

¹Щербакова Д.В., ²Мамедгулиев Р.И.

¹*Северо-Западный институт управления – филиал ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», Санкт-Петербург, e-mail: shcherbakova-dv@yandex.ru;*

²*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», Санкт-Петербург, e-mail: mamedguliev-ruslan2000@yandex.ru*

В статье рассматриваются вопрос применения цифровых технологий при изготовлении продукции легкой промышленности и теоретическое обоснование возможностей цифровых технологий на предприятиях отрасли. Рассмотрен вопрос применения автоматизированных систем управления производством на предприятии легкой промышленности при создании электрического одеяла с подогревом. На основании полевого аналитического исследования, анализа положений технической документации и проведенного кейс-интервью было составлено описание технологических процессов по производству компонентов общей продукции. Актуализирован перечень цифровых технологий, применяемых при решении задач автоматизации производства швейной промышленности. Подготовлена графическая модель технологических процессов швейного предприятия в нотации EPC (диаграмма «Производство электроодеяла со стежкой и сенсором»). Описана очередность выполнения технологических операций в рамках бизнес-процессов в текстовом формате. Предложены направления развития легкой промышленности с точки зрения цифровой трансформации. Внедрение современных технологий автоматизации производства, таких как роботизированные системы, системы управления производственными процессами, интеллектуальные датчики, способствует оптимизации деятельности предприятия легкой промышленности и повышает его производительность. В перспективе развитие автоматизированных технологий на текстильном производстве требует инвестиций в научные исследования и разработки новых технологий; кроме того, особую ценность может представлять сотрудничество предприятий, научных организаций и органов государственной власти. Это позволит расширить перечень интеллектуальных систем, разработанных на территории Российской Федерации, что обеспечит устойчивое развитие отрасли в будущем.

Ключевые слова: автоматизация, индустрия 4.0, интеллектуальное предприятие, моделирование бизнес-процессов, промышленный интернет вещей, роботизация

DIGITAL TRANSFORMATION OF THE MANUFACTURING PROCESS OF LIGHT INDUSTRY TEXTILE PRODUCTS

¹Shcherbakova D.V., ²Mamedguliev R.I.

¹*The Northwestern Institute of Management is a branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, St. Petersburg, e-mail: shcherbakova-dv@yandex.ru;*

²*ITMO University, St. Petersburg, e-mail: mamedguliev-ruslan2000@yandex.ru*

The article discusses the issue of using digital technologies in the manufacture of light industry products and the theoretical justification of the capabilities of digital technologies at industry enterprises. The issue of using automated production control systems at a light industry enterprise when creating an electric heated blanket is considered. Based on a field analytical study, an analysis of the provisions of technical documentation and a case interview, a description of the technological processes for the production of components of general products was compiled. The list of digital technologies used in solving automation problems in the clothing industry has been updated. A graphical model of the technological processes of a sewing enterprise in EPC notation has been prepared (diagram of «Production of electric blankets with a stitch and a sensor»). The order of execution of technological operations within the framework of business processes is described in text format. Directions for the development of light industry from the point of view of digital transformation are proposed. The introduction of modern production automation technologies, such as robotic systems, production process control systems, and smart sensors, helps optimize the activities of a light industry enterprise and increases its productivity. In the future, the development of automated technologies in textile production requires investment in research and development of new technologies; in addition, cooperation between enterprises, scientific organizations and government authorities can be of particular value. This will expand the list of intelligent systems developed on the territory of the Russian Federation, which will ensure sustainable development of the industry in the future.

Keywords: automation, industry 4.0, intelligent enterprise, business process modeling, industrial Internet of things, robotization

Введение

Проблемы устойчивого функционирования и конкурентоспособности российской швейной промышленности приобретают

особую актуальность в свете направленности отечественной экономики на снижение зависимости от импорта. Освободившийся за счет ухода иностранных производителей рынок готовой одежды и не виданная ранее

господдержка малого бизнеса, производящего товары народного потребления, помогли удовлетворить покупательский спрос и создать сотни мелких швейных предприятий, перспективы которых, впрочем, оценить сложно.

Несмотря на рост своего производства, российская легкая промышленность сохранила высокую импортозависимость. Так, объем импорта изделий текстильной и легкой промышленности по итогам 2023 г. составил 18 млрд долларов, что на 20,4% выше показателей предыдущего года. Объем продаж от экспорта изделий текстильной и легкой промышленности по итогам 2023 г. составил 608 млн долларов, что на 52,5% ниже показателей предыдущего года.

По итогам прошлого года произошло снижение емкости российского рынка текстильных изделий, он оценивается в 733 млрд рублей, что на 4,9% меньше, чем в предыдущем году. В то же время рынок готовой одежды составил 1033 млрд рублей, показав годовой прирост в 25,1%.

Однако наряду с успехами есть и вызовы. В отрасли не хватает квалифицированных работников и собственного оборудования. Сейчас импортируется примерно 80% станков для легпрома, многие – из недружественных стран, которые уже не могут поставлять запчасти из-за санкций, что подталкивает производителей к поиску новых поставщиков и новых технологий, которые позволили бы автоматизировать ряд производственных процессов, снизить количество брака и сократить серьезную зависимость отрасли от ручного труда.

Цель исследования состояла в практическом исследовании применения цифровых технологий при изготовлении продукции легкой промышленности и теоретическом обосновании возможностей цифровых технологий на предприятиях отрасли.

Материалы и методы исследования

Тема цифровой трансформации производств легкой промышленности не нашла большого отклика у отечественных и зарубежных исследователей. В научных базах представлены точечные работы по узконаправленным темам, а имеющиеся обзорные отраслевые статьи носят довольно поверхностный характер без конкретного описания технологий.

Исследователь Л.В. Щербачёва рассмотрела цифровую трансформацию производств легкой промышленности на основе тенденций развивающегося научно-технологического уклада, выделив общие направления автоматизации предприятий [1]. И.В. Асланова и А.И. Куличкина провели

оценку цифровой зрелости предприятия сферы легкой промышленности с помощью анализа использования им лицензионного программного обеспечения, определения количества бизнес-процессов, в которых используются цифровые технологии, также во внимание принимались уровень производительности и доходы от цифровых инвестиций [2]. А.Д. Килимова в своей работе рассмотрела методы использования технологий искусственного интеллекта для автоматизации производства в легкой промышленности [3].

Ряд научных работ посвящены цифровой трансформации и отдельных направлений легкой промышленности. Проблемы применения цифровых технологий в производстве обуви рассмотрены в работах А.Г. Куренковой и С.В. Тарасова [4], работы Т.В. Ворониной посвящены существующим цифровым технологиям по производству спортивной формы.

Для развития темы следует рассмотреть труды зарубежных исследователей по цифровой трансформации легкой промышленности. Вопросы автоматизации бизнес-процессов управления затратами и персоналом на предприятиях швейной промышленности Бангладеш представлены в работах А.Р. Мохаммада, И. Аминула и Ци Сюй [5], использование искусственного интеллекта в дизайне одежды представлено в исследовании А. Эмрана [6]. В работе М. Роксы, А.-Д. Ватры, М. Аваданэя рассмотрено программное обеспечение для разработки одежды [7].

При написании работы использовались методы сбора информации (опрос, полевое исследование, анализ положений в технической документации), методы графического, научного моделирования, элементы прогнозирования. Авторы применили стратегический и структурно-функциональный анализ, бизнес-анализ и логическое описание.

Результаты исследования и их обсуждение

Переход предприятий легкой промышленности в статус инновационных возможен при внедрении и применении информационных технологий. Однако этот переход сопровождается факторами, препятствующими развитию предприятий легкой промышленности по модели металлургического или нефтеперерабатывающего кластера.

Например, он сложен тем, что в связи с постоянной неопределенностью процессов, происходящих на конкурентном рынке и имеющих отношение к достижениям общественно-технологического прогресса, предприятиям важно реагировать на новые вызовы и подстраиваться под по-

требности меняющихся трендов и образа жизни людей, что влияет на ассортимент, масштабы производства и сбыта продукции. К тому же в последнее время наблюдается потребность в индивидуализации продуктов, что приводит к необходимости в конкурентном соперничестве крупных производителей легкой промышленности с небольшими швейными цехами. Подбор материалов, процессы по управлению жизненным циклом создания и сбыта продукции становятся наиболее сложными, особенно в крупных организациях, где работают распределенные команды, головной офис и производства у которых находятся в разных странах и даже частях планеты.

Стремительное развитие технологий и средств машинного обучения на основе предиктивной аналитики позволяет строить прогнозные модели изменения трендов индустрии, а также составлять ориентировочные предположения о том, какими будут продажи, включая их периоды пика и спада. Программное обеспечение по дизайну дает весомые преимущества в оптимизации творческого процесса моделирования дизайна продукции и его масштабирования на весь выпуск. К тому же машинное обучение, составляющее искусственный интеллект, позволяет самостоятельно генерировать дизайн возможных изделий (одежды, обуви, в том числе повседневных и специальных, текстильных комплектующих для ведения быта и т.д.) на основе анализа трендов.

Автоматизированный процесс создания электроодеяла с помощью станка с ультразвуковой сваркой и сенсором. В процессе написания статьи было выявлено, что в научной литературе по теме автоматизации легкой промышленности отсутствуют источники, в которых документально на графических диаграммах были бы зафиксированы процессы производства продукции швейного предприятия до и после их автоматизации. «Полевое» исследование предприятия, интервью с его руководителем, изучение технической документации позволили составить визуализацию процесса создания электроодеяла и отобразить его в статье посредством диаграммы в одной из нотаций моделирования.

На рисунках 1 и 2 представлен процесс производства электроодеяла со стежкой и сенсором. Для графического моделирования этого процесса была использована нотация EPC. Благодаря этой нотации есть возможность создавать разветвления процессов, если они могут быть многовариантными. На диаграмме зеленым цветом обозначены блоки с происходящими действиями, розовым – результаты этих действий.

При этом на рисунке 1 уже в начале показано параллельное протекание двух процессов: создание тена и подготовка текстильного полотна. Отмечены исполнители процессов и дана отсылка на техническую документацию по станциям выполнения процессов.

Процесс изготовления одеяла представляет собой несколько подпроцессов, развивающихся как поэтапно, так и параллельно: подготовка текстильной части, создание тена, подготовка пульта, промежуточная и итоговая проверки качества и упаковка изделия. До автоматизации производственного цикла с применением технологий поколения 4.0 на производстве уже активно применялось оборудование третьего поколения, например многоигольная стегальная машина, которая осуществляет стежку ткани с утеплителем. Простеганный материал соединяется с изготовленным параллельно теном. Тен прикрепляется на нетканое полотно с помощью нити. Прошив провода осуществляется вручную опытной швеей. Любое неверное движение – и провод мог быть поврежден иглой швейной машины. Из-за ручного выполнения данного процесса предприятие сталкивалось с большим количеством брака.

Тен и простеганный материал проходят контроль качества. Специалисты отдела контроля должны определить качество заготовок по нескольким параметрам: качество проложенных швов, правильность прикрепления провода и его работоспособность, отсутствие перекоса материалов и т.д. На данном этапе процесс также не автоматизирован и зависит от опыта специалиста отдела качества и его внимательности. Затем к тену присоединяется пульт, дорабатываемый специалистами-электротехниками. Необходимость проведения доработки пультов обусловлена тем, что они являются изделиями иностранного производства и требуют большего напряжения тока при подсоединении силовой вилки к электрической розетке.

Собранные тен и простеганная заготовка обрабатываются кантом, тестируются и упаковываются. Последовательность данного процесса отображена на рисунке 2, второй части диаграммы бизнес-процесса.

Обозначим основные проблемные места, выявленные в процессе анализа (таблица). При создании тена важными условиями являются его работоспособность и соответствие критериям качества. Если тен не проходит проверку, он списывается, что отмечено на схеме. Дальнейшее создание изделия будет продолжено при условии соответствия тена требуемому качеству. Списанию изделие может быть подвергнуто и на проверке в уже готовом виде.

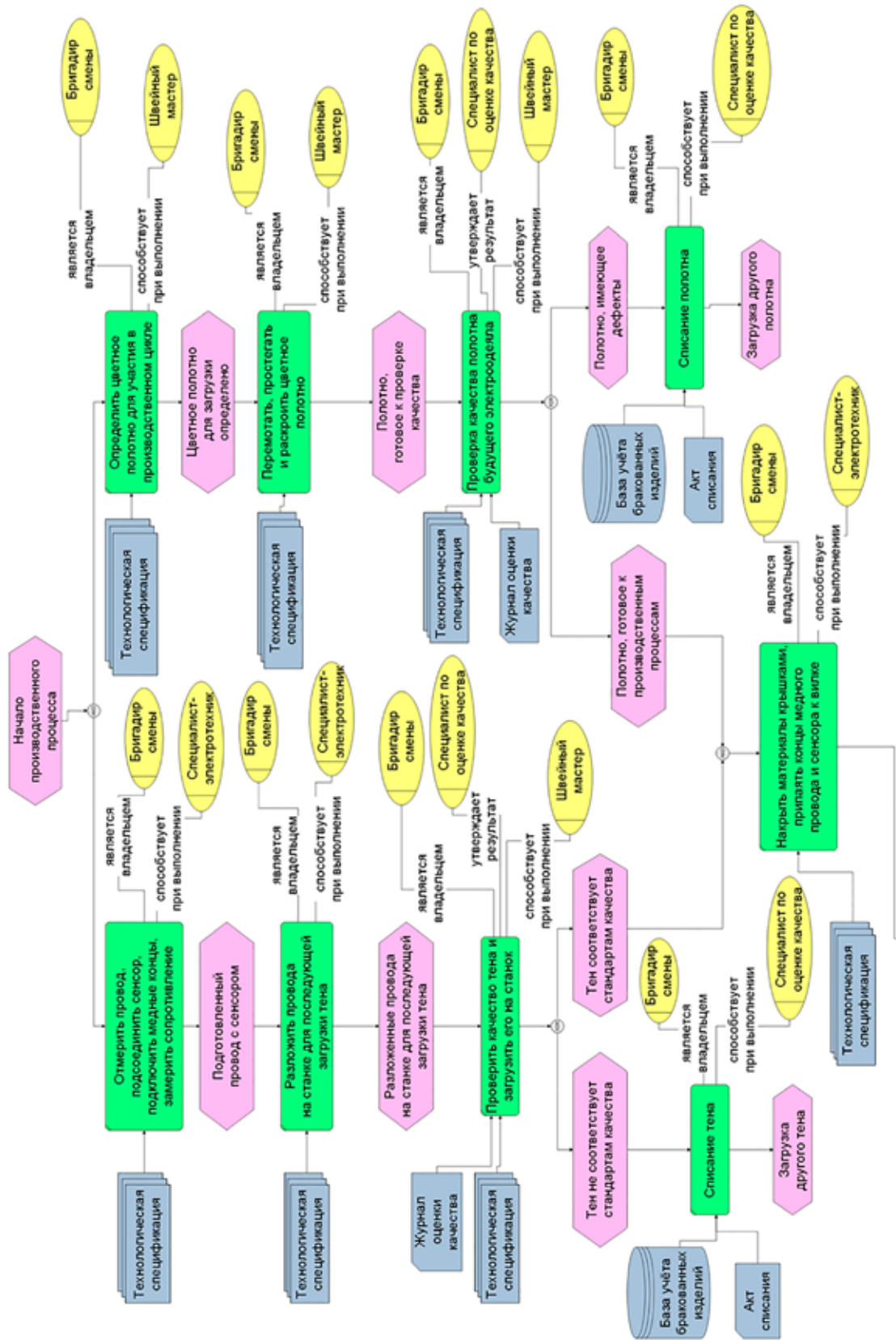


Рис. 1. Диаграмма бизнес-процесса «Создание электродежда с помощью станка с ультразвуковой сваркой и сенсором» в нотации моделирования EPC (начало)

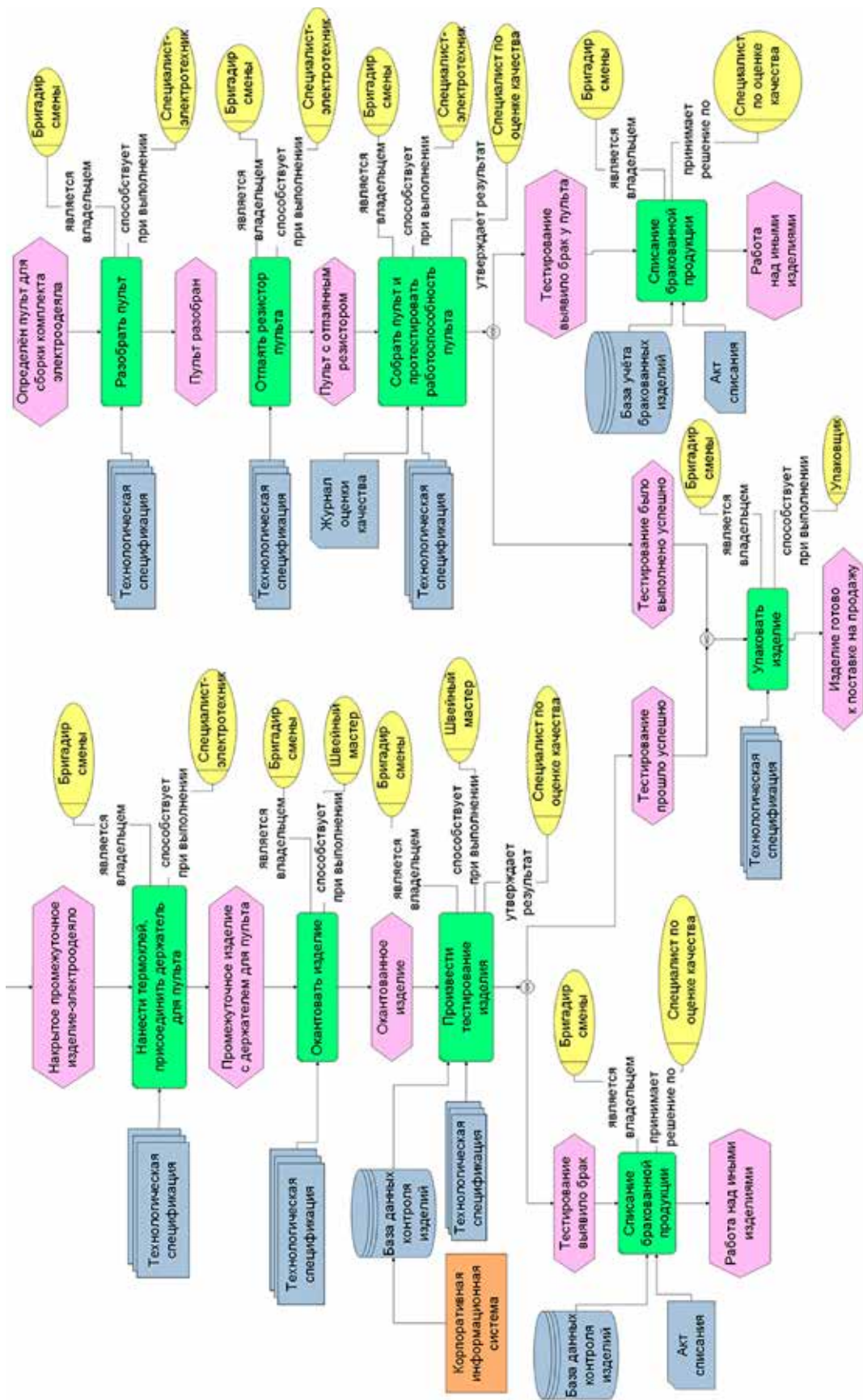


Рис. 2. Диаграмма бизнес-процесса «Создание электроодеяла с помощью станка с ультразвуковой сваркой и сенсором» в нотации моделирования EPC (окончание)
 Примечание: составлено авторами в среде моделирования «Business Studio».

Проблемные места бизнес-процесса производства электроодеяла
со стежкой и сенсором

№	«Узкое» место	Описание	Способы решения
1	Пришивание провода к нетканому полотну	Ручной процесс пришивания приводит к большому проценту брака. Провода теряют свою целостность, что либо сразу выявляется, либо может быть выявлено только в процессе эксплуатации	Автоматизация процесса пришивания провода через заказ на изготовление ультразвукового станка с сенсором (точного образца требуемой техники на рынке на тот момент не существовало). Станок должен быть оснащен технологиями компьютерного зрения и интернета вещей
2	Проверка качества заготовок (стеганое полотно и тен), а также готового изделия	Процесс проверки качества зависит от опыта специалиста. При этом проверка всех показателей качества занимает продолжительное время	Внедрение технологии компьютерного зрения на всех этапах изготовления и проверки
3	Расширение масштабов производства	Увеличение заказов на продукцию компании требует расширения производства, что представляет сложности из-за дефицита кадров: швей, специалистов по качеству	Автоматизация пришивания провода позволит перенаправить задействованных на данном подпроцессе швей на другие подпроцессы. Компьютерное зрение облегчит работу специалистов отдела качества, сократит время проверок и позволит справиться с возросшими задачами имеющимся штатом специалистов
4	Устаревшие технологии управления производственным процессом	Автоматизация производства технологиями четвертого поколения требует и современной системы управления производством	ERP-системы позволяют управлять производством. Корпоративная информационная система отслеживает процесс производства, производит расчеты, распределяет нагрузку персонала и т.д.

Примечание: составлено авторами.

Достоинством автоматизации данного технологического процесса является то, что тестирование продукции осуществляется посредством применения устройств промышленного интернета вещей и компьютерного зрения, что облегчает работу специалистов в производственном цехе, а риск неточности при тестировании уменьшается. Процессы производства и тестирования продукции фиксируются в программном решении на базе 1С, некоторые функциональные модули которого были доработаны под требования конкретного предприятия.

Путем автоматизации процессов исследуемое предприятие легкой промышленности существенно повысило собственную эффективность. Что в результате произошло? Для начала следует отметить изменения в функциональных параметрах ролей сотрудников, которые были задействованы на линиях производства. Вместо долгой, нудной и трудной проверки каждого экземпляра выпускаемой продукции роль швейных специалистов трансформируется в статус сотрудников-операторов, которые осуществляют контроль за тем, как происходит процесс тестирования, через автома-

тизированное оборудование. В цепочке всех процессов они больше работают за компьютером, где автоматически в журнале проведения тестирования появляются новые записи о статусе произведенной продукции. При появлении дефектного экземпляра в задачи швейного специалиста-оператора входят изъятие этой продукции и передача в отдел контроля качества для проведения дальнейшей работы по устранению дефектов в продукции или ее списания с производственной линии.

Аналогично данному примеру были изменены функции швейных мастеров и на других «станциях» производства. Вместо ручного пришивания, например, провода к полотну теперь это осуществляет автоматизированное оборудование. Кроме того, перед упаковщиками стояла задача в том, чтобы указывать свои контактные данные о том, что они собирали комплекты изделий в целостный товар с упаковкой; теперь печать с выходными данными осуществляет специальный принтер.

Из этого можно проследить следующие преимущества в эффективности: производство уменьшает количество брака, при этом увеличивает число выпускаемой продукции,

что дает колоссальную возможность компании легкой промышленности выйти на новые рынки за пределами региона своей деятельности. Время на производство одного экземпляра продукции уменьшается. Труд работников на производстве облегчается, но при этом и сокращается штат персонала, поскольку теперь 1–2 работника могут контролировать не только одну «станцию» производства, а всю производственную линию, в зависимости от тех процессов, чем они занимаются (швейные заготовки или электро-техническое оборудование).

Автоматизация производственной линии позволила не только увеличить изготовление швейной продукции при имеющейся численности наемных сотрудников, но и привлечь специалистов по более интеллектуальным специализациям для того, чтобы решать стратегические задачи развития компании по выходу на новые рынки.

Из минусов автоматизации процессов выделим то, что в связи с использованием новых технологий повышается необходимость в затратах компании на электроэнергию, поскольку оборудование требует бесперебойного электроснабжения. К тому же, учитывая характер работы операторов на производственной линии, возникает необходимость в обучении этих специалистов работе с компьютерными программами и оборудованием. При этом работа с системами должна обеспечивать информационную безопасность данного оборудования и не исключать зависимость производства от развития технологий. Дополнительные затраты на внедрение цифровых решений также стали неизбежными для осуществления перехода.

Работа над созданием новой продукции начинается за несколько месяцев до выпуска готовых товаров в массовое производство, и в задачи аналитиков входит процесс исследования предыдущих актуальных модных трендов, потребительских предпочтений, цветовых гамм и т.д. Данная деятельность представляет собой конкретный риск для организаций этой сферы бизнеса, поэтому возможности применения программных продуктов с искусственным интеллектом приоритетны, поскольку они позволяют обработать огромный массив данных, возможно, даже и не доступных аналитикам.

Невозможно не упомянуть использование средств облачного хранения и баз данных, в которых могут содержаться огромные массивы информации по анализу потребительского спроса на продукцию легкой промышленности, а также данные по творческим наработкам при создании

новой продукции. Применение предприятием легкой промышленности программных средств в области цифрового дизайна при разработке собственной продукции – важная характеристика при присвоении ему статуса инновационного.

Использование инструментальных средств аналитики и программных решений, в которых они закреплены, носит специфичный характер, имеющий место в отрасли легкой промышленности в силу ведения особых видов деятельности. Приобретение программных продуктов в проектных офисах, дизайнерских бюро организаций легкой промышленности должно быть обосновано экономически и технологически через руководителей и опытных сотрудников. Внедрение цифровых технологий обуславливает необходимость в экономической поддержке ИТ-продукта, решении вопросов его эксплуатации, включая принятие мер по информационной безопасности и корпоративной защите данных. К тому же в зависимости от того, какой ИТ-продукт внедрен в компанию (от компании-разработчика или созданный непосредственно в компании), нужен определенный круг ИТ-специалистов, которые будут заниматься вопросами его технической эксплуатации. Таким образом, внедрение цифровых технологий видоизменяет процесс творческого создания продукции легкой промышленности через исследование реальных данных пользовательского спроса и актуальных трендов.

Рассматривая вопрос применения цифровых технологий в организациях легкой промышленности, необходимо дать комментарий по использованию цифровых решений в производственных процессах. Для предприятий легкой промышленности вопрос внедрения и использования цифровых технологий играет значимую роль в связи с тем, что в последние годы наблюдается дефицит производственных кадров, в частности в развитых странах.

Проблема привлечения талантов в данную отрасль заключается в остром преобладании нескольких факторов. Во-первых, в большинстве развитых стран, согласно их половозрастным пирамидам, количественное преимущество имеют пожилые люди и лица предпенсионного возраста, которые в силу естественного карьерного развития в меньшем количестве трудятся непосредственно на производственных низовых должностях. Во-вторых, население стран в наибольшей степени сконцентрировано на урбанизированных территориях (в агломерациях, мегаполисах, малых и крупных городах), где до недавнего времени преиму-

щественно были востребованы «интеллектуальные работники», их заработки были значительно выше, а рынок рабочих специальностей пополнялся за счет внешней миграции. И, в-третьих, поколение молодых людей в связи с бурным ростом цифровых технологий постепенно переходит в профессии, связанные с инновационными и ИТ-технологиями, продажами, социальной работой и управлением (по данным исследования федерального проекта «Билет в будущее» и ИТ-компаний «Профилум» 2023 г.). Молодые люди заинтересованы в постоянном опыте и получении новых знаний, впечатлений, акцентированы на саморазвитии, что не особо соответствует характеристике монотонной работы на предприятии легкой промышленности. Несмотря на возросшее внимание общества к внешнему облику, росту потребления одежды, ускорению сменяемости модных трендов, выполнение рутинных операций и монотонный физический труд швейных производств обуславливают критические сложности в привлечении новых кадров.

Автоматизация технологических процессов производства текстильной, швейной и иной продукции является наиболее релевантным решением для сложившейся проблемы. Выстраивание бизнес-процессов через внедрение технических средств позволяет снизить издержки бизнеса на планирование рабочих часов, структурирование штатного расписания и фонда оплаты труда, что способствует повышению экономической эффективности предприятия. Роботизация существенно упрощает исполнение технологических процессов, меняет роли и функции специалистов, по-новому определяет потребность бизнеса в них. После трансформации производства больше нуждаются в технических операторах, но в ограниченном количестве, которые станут следить за качеством автоматизированного исполнения процессов создания продукции легкой промышленности.

Таким образом, современные технологии делают профиль производства точным, эффективным и гибким. Наиболее важным фактором успешности в организации производственного процесса является эффективное обустройство цепочки технологического создания продукции промышленными роботами, которые уже являются стандартным условием автоматизации. Согласно прогнозным оценкам консалтинговой компании BCG, к 2030 году мировой рынок промышленной робототехники достигнет 260 млрд долларов. Решения, создаваемые компаниями (в России количество компа-

ний, которые занимаются промышленной робототехникой, составляет около 170, а в мире их чуть больше 500 организаций), станут индивидуальными, разработанными под конкретное производство.

Технологии промышленного интернета вещей (IIoT) дают возможность проводить мониторинг производственного процесса и оценку состояния его условий для обеспечения качества создаваемой продукции. Развитие данных технологий связано с применением достижений машинного обучения, через которые с помощью компьютерного зрения возможно выявлять бракованные изделия. Согласно подсчетам экспертов, к 2027 году рынок промышленного интернета вещей составит около 189 млрд долларов, а компьютерного (технического зрения) зрения – 320 млрд долларов.

Актуальность обработки данных и их преобразования в настоящее время только увеличивается, как и сохраняется спрос на развитие систем по работе с 3D-моделями и автоматизированному проектированию. В России этот вопрос наиболее важен в связи с уходом из страны многих зарубежных компаний, поставлявших на B2B- и B2C-сегменты рынка продукты и услуги легкой промышленности. Потребность в данных ИТ-решениях выражается в том, чтобы не только создать инновационные способы проектирования продукции, но и чтобы разработать функциональное оборудование, способное делать такую продукцию на обновленном производстве.

Состояние развития аддитивных технологий в настоящее время в мире оценивается как среднее, однако 3D-печать востребована среди предприятий из разных сфер промышленности, например при создании и замене элементов производственных конструкций. Скорость 3D-печати довольно медленная, но в легкой промышленности ее возможно использовать при нанесении элементов на продукцию для создания ее уникальности, а также печатать специфическую ткань для изготовления конкретных изделий.

Несмотря на возможности, которые предоставляет автоматизация, на предприятии легкой промышленности также важно заниматься обеспечением информационной безопасности. Цифровая трансформация создает преимущества для предприятия, однако его внешняя и внутренняя ИТ-среда может быть подвержена технологическим сбоям, кибератакам и иным цифровым угрозам.

Заключение

Таким образом, для повышения производительности, снижения зависимости от

ручного труда, роста экономической эффективности предприятий легкой промышленности необходимо всестороннее внедрение современных технологий. Компьютерное зрение устранит факторы ошибки из-за человеческой неточности при оценке, ускорит процесс производства. Промышленный интернет вещей снизит затраты на электроэнергию, обеспечит безопасность производства. Аддитивные технологии позволят ускорить разработку дополнительных форм для дизайна продукции, повысят экологичность изделий. Промышленные роботы снизят уровень брака, повысят скорость разработки продукции и уменьшат зависимость производства от ручного труда.

Отметим, что предприятия легкой промышленности нашей страны переживают этап модернизации – обновляются производственные мощности, инвестируются значительные средства в развитие. Активно используются интернет вещей, ERP-системы, искусственный интеллект. Однако масштабы их экспансии в отрасли еще не исчерпаны, что требует дальнейших углубленных исследований в данной области.

Список литературы

1. Щербачева Л.В. Цифровая трансформация производства в легкой промышленности // Bulletin of the Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2022. Т. 329, № 1. С. 328-332.
2. Асланова И.В., Куличкина А. Исследование и оценка цифровой зрелости организации // Кластеризация цифровой экономики: теория и практика. 2020. С. 602-626.
3. Килимова А.Д. Трансформация производств легкой промышленности в связи с переходом к цифровой экономике // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2022. Т. 24, № 2 (106). С. 42-47.
4. Куренкова А.Г., Татаров С.В. Современные проблемы применения цифровых технологий в конструкторско-технологической подготовке производства обуви специального назначения // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2019. Т. 45, № 3. С. 70-76.
5. Rahman Mohammad Anisur, Islam Md. Aminul, Qi Xu. Barriers in Adopting Human Resource Information System (HRIS): An Empirical Study on Selected Bangladeshi Garments Factories // International Business Research. 2017 Vol. 10, Is. 6. P. 98-103. DOI: 10.5539/ibr.v10n6p98.
6. Ahmmed Md Emran. Artificial Intelligence (AI) in Garment Design: Opportunities and Challenges in the Ready-Made Garments (RMG) Sector of Bangladesh // International Journal for Multidisciplinary Research. 2023. Vol. 5. Is. 6. DOI: 10.2139/ssrn.4575301.
7. Rosca M., Vatra A.-D., Avadanei M. The digital transformation of garment product development // Industria Textila. Vol. 74. Is. 1. P. 98. DOI: 10.35530/IT.074.01.2022148.

УДК 004:539
DOI 10.17513/snt.40089

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАФИТА, ГРАФЕНА И ФТОРОГРАФИТА, ФТОРОГРАФЕНА

¹Юров В.М., ¹Жангозин К.Н., ²Гончаренко В.И., ²Олешко В.С.

¹ТОО «ТСК Восток», Караганда, Астана, e-mail: exciton@list.ru;

²Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, e-mail: OleshkoVS@mai.ru

В настоящей работе предлагается эмпирическая модель определения толщины поверхностного слоя графита и фторографита. Она оказалась равной для графита – $R(I)_a = 0,9$ нм, $R(I)_c = 2,46$ нм; для фторографита – $R(I)_a = 2,2$ нм, $R(I)_c = 6,41$ нм, т.е. она представляет собой наноструктуру. Число графеновых монослоев равно: у графита – 3, у фторографита – 4. Схема модели твердого тела выглядит следующим образом: нанослой → мезослой → объемная фаза. Нанослой и мезослой отличаются друг от друга природой размерного эффекта. В объемной фазе размерный эффект отсутствует. В рамках модели рассчитаны упругие параметры графита, фторографита и графена, фторографена. Большие внутренние напряжения в графене приводят к короблению его поверхности. Малые внутренние напряжения в фторографене обуславливают лучшие трибологические свойства. Графен, содержащий более 3 слоев, превращается в графит, а содержащий свыше 4 слоев фторографен превращается во фторографит. Внутренние напряжения в графене возникают из-за большой величины модуля Юнга, который почти в 3 раза больше, чем у вольфрама. У фторографена и внутренние напряжения, и модуль Юнга в 3 раза меньше, чем у графена. У фторографена энергия адгезии почти в 7 раз меньше, чем у графена.

Ключевые слова: модель, графит, графен, фторографит, фторографен, монослой, наноструктура, адгезия

Данная научная статья опубликована в рамках выполнения грантового финансирования на 2024-2026 годы ИРН № AP32488258 «Разработка инновационной технологии получения графена интеркаляцией графита микрокластерной водой и модификация графеном ВТСП керамики» (исследование финансируется МОН РК).

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF GRAPHITE, GRAPHENE AND FLUOROGRAPHITE, FLUOROGRAPHENE

¹Yurov V.M., ¹Zhangozin K.N., ²Goncharenko V.I., ²Oleshko V.S.

¹TSC Vostok LLP, Karaganda, Astana, e-mail: exciton@list.ru;

²Moscow Aviation Institute (national research university, Moscow, e-mail: OleshkoVS@mai.ru

This paper proposes an empirical model for determining the thickness of the surface layer of graphite and fluorographite. It turned out to be equal for graphite - $R(I)_a = 0.9$ nm, $R(I)_c = 2.46$ nm; for fluorographite - $R(I)_a = 2.2$ nm, $R(I)_c = 6.41$ nm, i.e. it is a nanostructure. The number of graphene monolayers is equal: for graphite – 3, for fluorographite – 4. The diagram of the solid body model is as follows: nanolayer → mesolayer → bulk phase. The nanolayer and mesolayer differ from each other in the nature of the size effect. In the bulk phase there is no size effect. Within the framework of the model, the elastic parameters of graphite, fluorographite, graphene, and fluorographene were calculated. Large internal stresses in graphene lead to warping of its surface. Low internal stresses in fluorographene lead to better tribological properties. More than 3 layers of graphene turns into graphite, and over 4 layers of fluorographene turns into fluorographite. Internal stresses in graphene arise due to the large value of Young's modulus, which is almost 3 times greater than that of tungsten. Fluorographene has both internal stresses and Young's modulus three times less than graphene. Fluorographene has adhesion energy almost 7 times less than graphene.

Keywords: model, graphite, graphene, fluorographite, fluorographene, monolayer, nanostructure, adhesion

This scientific article was published within the framework of the grant funding for 2024-2026 IRN No. AR32488258 “Development of an innovative technology for obtaining graphene by intercalation of graphite with microcluster water and modification of high-temperature superconducting ceramics with graphene” (the research is funded by the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan).

Введение

Графит является аллотропной модификацией углерода с атомной массой 12,0107 г/моль, плотностью 2,26 г/см³ и sp²-гибридизацией атомов углерода [1, с. 28]. Если к углеродным атомам графита присоединить атомы фтора, то sp²-гибридизация

меняется на sp³-гибридизацию, но сохраняется гексагональная симметрия [2, с. 84]. Структура показана на рисунках 1а и 1б.

Если отщипнуть у графита один слой, то получается графен [3] (рис. 2а), а если отщипнуть один слой у фторографита, то получается фторографен [2, с. 84] (рис. 2б).

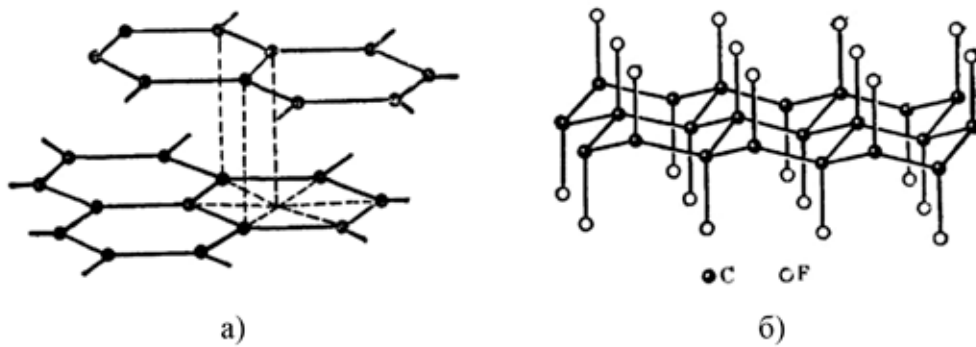


Рис. 1. Структура кристаллической решетки: графита (а); фторографита (б)

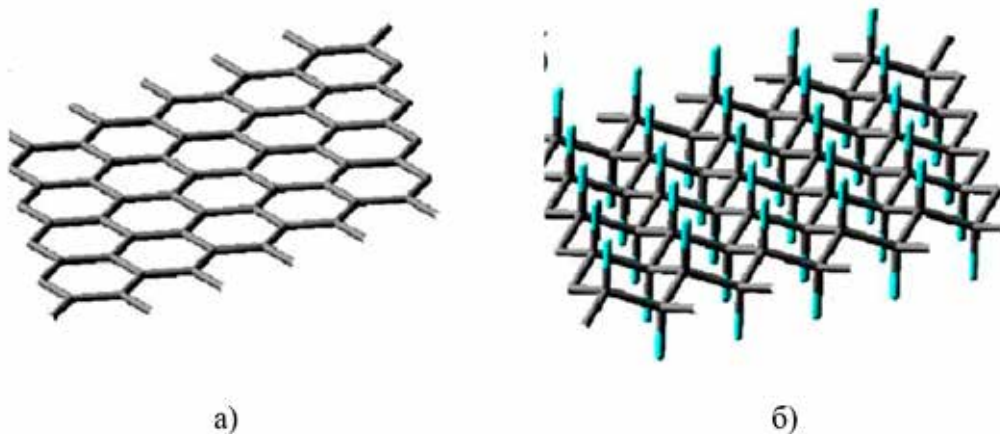


Рис. 2. Структура графена (а) и фторографена в конформации стула (б) [2]

В статье рассматривается фторид графита в форме $CF_{0,96}$ [4], где определены: молекулярная масса $M=30,2492$ г/моль, плотность $\rho=2,33$ г/см³. Параметры решетки таковы [5, с. 30]: $a=b=0,5034$ нм; $c=1,123$ нм. Температуры плавления: для графита $T_m=3650$ К [6, с. 32]; для фторографита $T_m=773$ К [7].

Цель исследования. В работе предлагается модель определения толщины поверхностного слоя графита и фторографита. Свойства поверхностного слоя определяют трибологические свойства пар трения, что является актуальным для многих отраслей промышленности. Модель пригодна и для любых конструктивных материалов.

Модель поверхностного слоя твердых тел

Поверхностный слой $R(I)$ дается эмпирической формулой [8, 9]:

$$R(I) = 0,17 \cdot 10^{-9} \cdot \alpha \cdot \nu \quad [м] \quad (1)$$

В уравнении (1) нужно знать один параметр – молярный объем элемента, который

равен $\nu=M/\rho$ (M – молярная масса, ρ – ее плотность), $\alpha=1$ м² – постоянная, чтобы соблюдалась размерность ($R(I)=[м]$). По формуле (1) рассчитаем $R(I)$ (табл. 1) для графита и фторографита параллельно плоскости $x=a=b$ и перпендикулярно этой плоскости $x=c$.

Эмпирически в работе [10] показано, что поверхностная энергия (ПЭ) γ_2 равна:

$$\gamma_2 = 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot T_m \quad [Дж/м^2]. \quad (2)$$

где T_m – температура плавления кристалла (K^m).

Размерный эффект в слое $R(I)$ приводит к тому, что ПЭ становится равной γ_1 [11]:

$$\gamma_1 = \gamma_2(1 - R(I) / R(I) + h) \approx 0,3\gamma_2. \quad (3)$$

Из уравнения (3) следует, что ПЭ в слое $R(I)$ в 3 раза меньше ПЭ основного кристалла. Чтобы снять слой $R(I)$ от основного кристалла, нужно затратить энергию адгезии [12]:

$$W_a = \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12} \approx \gamma_1 + \gamma_2 = 1,3\gamma_2, \quad (4)$$

где γ_{12} – ПЭ на границе раздела фаз, которая мала в силу фазового перехода II рода.

Таблица 1

Параметры $R(I) = L_{nm}$ графита

Углерод	M, г/моль	ρ , г/см ³	$R(I)_a$, нм	$R(I)_c$, нм
Графит	12,0107	2,26	0,90 (3)	2,46 (3)
Фторографит	30,2492	2,33	2,20 (4)	6,41 (4)

Таблица 2

Упругие параметры графита, фторографита и графена, фторографена

Углерод	W_{aa} , мДж/м ²	W_{ac} , мДж/м ²	σ_{isa} , МПа	σ_{isc} , МПа	E_a , ГПа	E_c , ГПа
Графит	3613	1323	5740	1370	7,59	3,48
Фторографит	541	180	24,94	3,11	2,53	1,16
Графен	4160	–	129000	–	1000	–
Фторографен	610	–	36852	–	286	–

Внутренние напряжения σ_{is} между фазами γ_1 и γ_2 можно просчитать по формуле [12]:

$$\sigma_{is} = \sqrt{W_a \cdot E/R(I)}, \quad (5)$$

где E – модуль Юнга.

Используя уравнения (1) – (5), вычислим упругие параметры для графита и фторографита (табл. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

Из таблицы 1 следует, что толщина поверхностного слоя у графита и фторографита меньше 10 нм и содержит 3–4 монослоя. Значит, она представляет собой наноструктуру.

В работе [13] теоретически сделан вывод, что если такая структура включает в свой состав менее 6–8 слоев, то энергия квантовых состояний изменяется ступенчатым способом. Иными словами, поверхностный слой представляет собой квантовую наноструктуру при любой температуре.

Модуль Юнга у графита в $10 \div 100$ раз меньше, чем у большинства металлов (табл. 3).

В таблице 2 приведены параметры для однослойных слоев – графена и фторографена – с использованием данных по модулю Юнга [14, с. 12, 15]. Из сказанного выше следует, что структура объемного кристалла выглядит следующим образом, как показано на рисунке 3а.

Таблица 3

Упругие параметры некоторых твердых металлов

Металл	$R(I)$, нм	W_a , мДж/м ²	ϵ_{is} , МПа	E, ГПа
Au	1.73 (4)	1337	7813	79
Ag	1.75 (4)	1235	7665	83
Cu	1.21 (3)	1357	12000	110
Mn	1.30 (2)	1517	15199	198
Ni	1.12 (3)	1726	17776	207
Fe	1.21 (4)	1812	17550	211
Cr	1.23 (4)	2130	21977	279
Mo	1.60 (5)	2896	24413	293
W	1.62 (5)	3695	30611	371

На рисунках 3б и 3в показана зависимость физического свойства поверхностного слоя в виде [8]:

$$\begin{aligned} A(r)/A(\infty) &= 1 - R(I)/r, \quad r \gg R(I), \\ A(r)/A(\infty) &= 1 - R(I)/(R(I) + r), \quad 0 \leq r \leq R(I), \end{aligned} \quad (6)$$

где $A(r)$ – физическое свойство нано- и мезослоя с координатой r; $A(\infty)$ – физическое свойство объемного образца (объемной фазы) (рис. 3а).

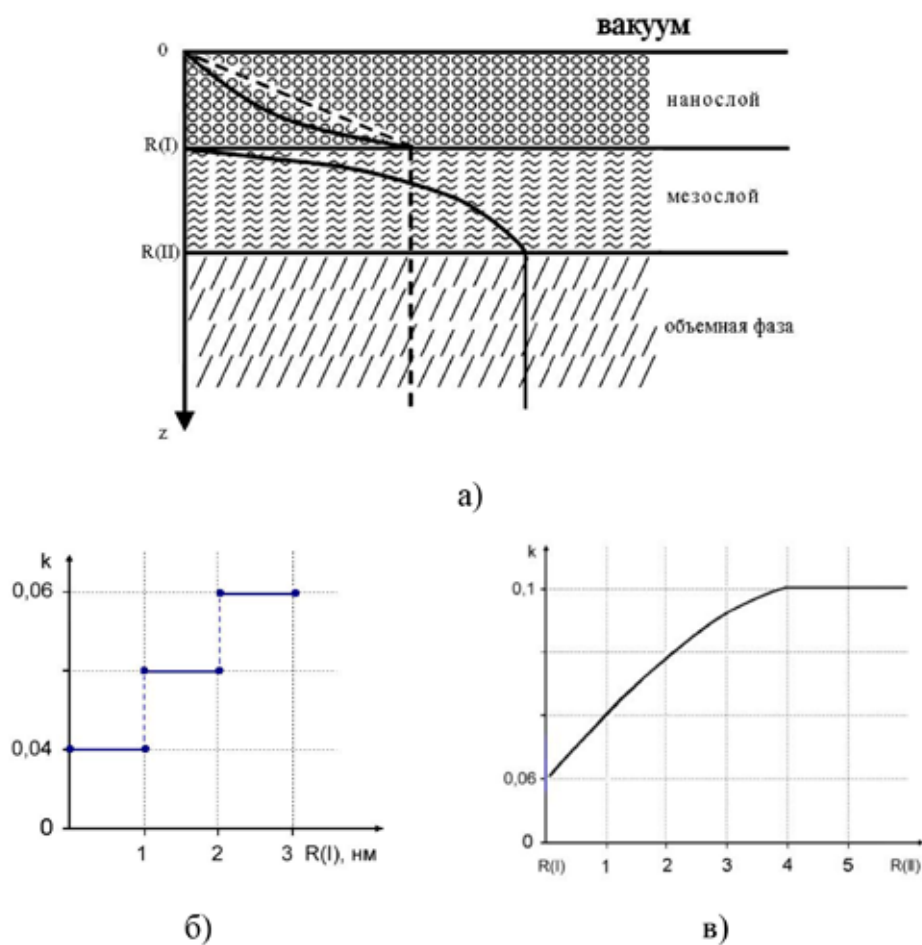


Рис. 3. Схема твердого тела: нанослой \rightarrow мезослой \rightarrow объемная фаза (а); зависимость коэффициента трения графита в нанослое (б) и в мезослое (в)

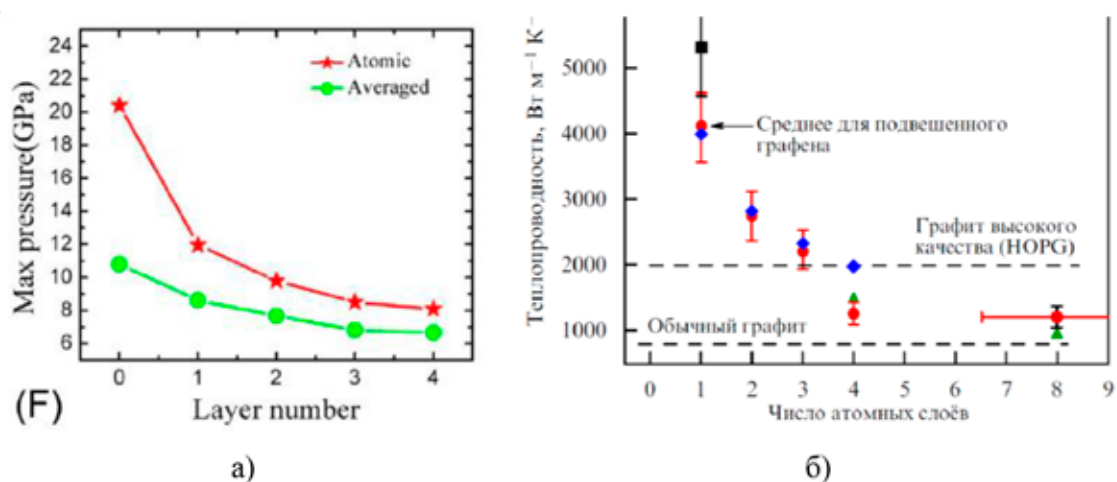


Рис. 4. Изменение максимального атомного напряжения (красная линия) и максимального среднего давления (зеленая линия) в зависимости от количества слоев графена (а) [16]; зависимость коэффициента теплопроводности пленок, составленных из нескольких графеновых слоев, от их числа (б) [17]

Здесь в качестве физического свойства взят коэффициент трения, который при движении графита (графена) по графиту (графену) при

$$1 - R(I)/R(I) + r \approx \exp[-(R(I)/R(I) + r)]$$

будет в нанослое

$$k(r) = k(\infty) \exp[-(R(I)/R(I) + r)].$$

После этого трение в нанослое, то есть при $r = 0$ и при $r = R(I)$, будет равно:

$$k(0) = k(\infty) (1/e) = 0,1/2,72 = 0,04;$$

$$k[R(I)] = k(\infty) (1/e^{1/2}) = 0,1/1,65 = 0,06.$$

Здесь $k(\infty) = 0,1$ для графита.

В результате в нанослое графита трение будет выглядеть с учетом работы [13] так, как показано на рисунке 3б. В мезослое тре-

ние будет зависеть по формуле 1 в уравнении (6), при этом $1 - R(I) \approx \exp(-R(I)/r)$. Тогда $k[R(I)] = k(\infty) (1/e)$ (рис. 3а), и трение будет выглядеть так, как на рисунке 3в. У графита число монослоев в слое $R(I)$ равно 3, а у фторографита равно 4. Это для графита подтверждается рисунком 4.

Оба рисунка наглядно показывают, что слой $R(I)$ для графита содержит 3 слоя, что говорит о справедливости предложенной модели (1). Графен, содержащий более трех слоев, превращается в графит, и значения величин на рисунке 4 перестают зависеть от числа слоев.

У графена высокие внутренние напряжения σ_{isa} (табл. 2) приводят к «короблению» (рифлению) листов свободного графена (рис. 5) [18].

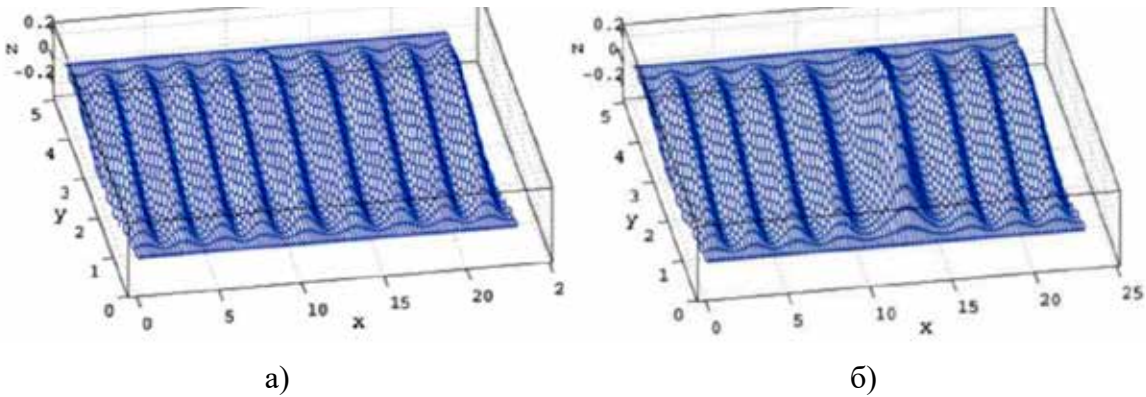


Рис. 5. Морщины в графеновой наноленте зигзаг шириной $N=20$ и длиной $M=100$ с закрепленными краями (параллельно оси x) при деформации $\varepsilon_{xx} = -\varepsilon_{yy} = -0,1$, $\varepsilon_{xy} = 0,1$ [18]

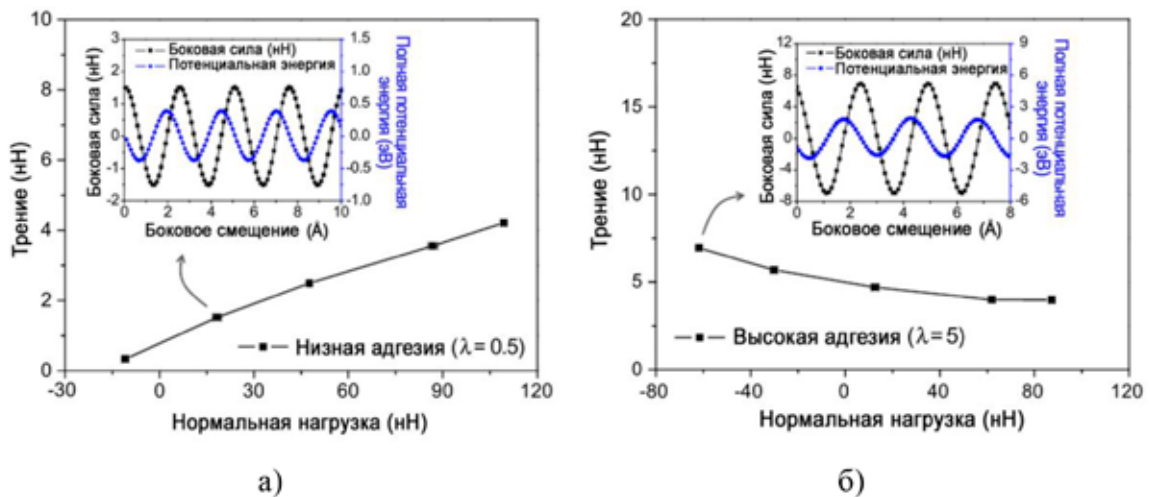


Рис. 6. Схема и типичный результат моделирования деформированной конфигурации для систем: с низкой адгезией (а); изменение силы трения F_f в зависимости от нормальной нагрузки. На вставке показано изменение боковой силы и потенциальной энергии как функции бокового смещения под действием нормальной нагрузки $18,3$ нН; с высокой адгезией (б); изменение силы трения F_f в зависимости от нормальной нагрузки. На вставке показано изменение боковой силы и полной потенциальной энергии системы как функции бокового смещения при нормальной нагрузке $-61,8$ нН (б) [21].

В недавней работе [19] методом молекулярной динамики показано, что коробление графена, возможно, происходит из-за дислокационных диполей. Однако, на взгляд авторов, большие внутренние напряжения в графене возникают из-за большой величины модуля Юнга (формула (5) и табл. 2), который почти в 3 раза больше, чем у вольфрама (табл. 3). У фторографена и внутренние напряжения, и модуль Юнга в 3 раза меньше, чем у графена. Модуль Юнга у них близок к модулю Юнга молибдена (табл. 3). У фторографена энергия адгезии почти в 7 раз меньше, чем у графена (табл. 3). О.В. Репков [20, с. 120] рассмотрел трибологические свойства графена и пришел к выводу, что ключевыми факторами, влияющими на трибологические свойства графена, являются энергия адгезии, количество слоев, режим укладки и материал подложки. Что касается количества слоев, то у графита и фторографита это количество почти одинаково, а вот энергии адгезии отличаются значительно. Это видно на рисунке 6.

Из рисунка 6 и таблицы 2 следует, что фторографен значительно превосходит графен по трибологическим свойствам и перспективен при его использовании в качестве модификатора трения для пластичных смазок [22, 23]. В работе [24] было экспериментально и теоретически для графена было показано, что с уменьшением числа слоев трение уменьшается. Это соответствует рисунку 3б и модели авторов (1). В работе [25, с. 132] показано, что даже малые деформации графена в пределах 10% достаточны для изменения его поверхности и его адсорбционных свойств. Если в таблице 2 взять для графена σ_{isa} за 100%, а для графита и фторографита σ_{isa} за $x\%$, то при образовании графена и фторографена получа-

ется деформация графена 4,5%, а для фторографена – 0,06%. Это значит, что короблением фторографеновых листов можно пренебречь и трение у них минимально.

Когда графен сверху начинает двигаться по графиту, то в последнем при трении возникает турбулентный фрагмент, похожий на ячейки Бенара. Ячейки Бенара – это возникновение упорядоченности в виде конвективных ячеек в форме цилиндрических валов или правильных шестигранных фигур в слое вязкой жидкости с вертикальным градиентом температуры. А градиент температуры $\text{grad}T \sim k$, т.е. пропорционален коэффициенту внутреннего и внешнего трения, поэтому трение подобно вязкой жидкости.

Более строго при анализе процессов в системе Бенара в качестве управляющего параметра выбирается число Рэлея:

$$Re = gL^3va,$$

где g – ускорение свободного падения, L – характерный размер, b – коэффициент объемного расширения, dT – градиент температуры, v – кинематическая вязкость, a – коэффициент температуропроводности среды. Поскольку кинематическая вязкость $v \sim 1/\gamma$, γ – поверхностная энергия, то из приведенного выше выражения для числа Рэлея следует, что управляющим параметром в нашем случае является

$$Re \approx C L^3 \gamma,$$

где $C \sim \text{const}$, а $L = R$ и $2\gamma = W_a$.

Иными словами, если произведение $R(I) \cdot W(I)_a$ для движущегося графена по поверхности графита меньше аналогичного произведения, то их разница, включая шероховатость трущихся материалов, равна [26, 27]:

$$\left[[R(I) \cdot W_{aa}]_{\text{графен}} - [R(I) \cdot W_{aa}]_{\text{графит}} \right] + R_a \cdot W_{12} = F = kL, \quad (7)$$

где F – сила трения при движении трущихся материалов; R_a – шероховатость; L – длина пути движения; k – коэффициент трения; W_{12} – энергия адгезии между двумя материалами.

Уравнение (7) может служить критерием выбора антифрикционного покрытия из графена или из его композитов. Для графена в трении по графиту играет нанослой $R(I)$, его трение происходит ступенчатым способом (рис. 3б).

Если трение графена, графита, фторографена и фторографита считать подобным трению вязкой жидкости, то следует, что трение зависит от скорости движения, имеет структуру, подобную ячейкам Бенара, а значит,

происходят самоорганизация и синергизм трения. То, что трение углеродных структур нельзя объяснить с помощью обычного закона Амонтона или на основе гидродинамической теории смазки, обусловлено тем, что оно связано с вязкостью раствора (вязкой жидкости).

Жидкости, расплавы, плотная плазма и ряд других связанных систем, не имеющих упорядоченной структуры (в том числе и трущиеся поверхности), характеризуются неприятным для построения их теории свойством – средняя кинетическая энергия E , приходящаяся на одну частицу, по порядку величины равна потенциальной энергии U . Из-за отсутствия малого параметра,

по которому было бы удобно проводить разложение, не существует строгой теории применительно к жидкостям и расплавам, такой, как, например, к твердому телу ($E/U \ll 1$) или газу ($E/U \gg 1$). Именно поэтому в настоящее время существует пять теорий, объясняющих процессы, происходящие при трении: механическая (деформационная); молекулярная (адгезионная); молекулярно-механическая; энергетическая; гидродинамическая.

Заключение

Развитие нанотрибологии сдерживалось тем, что толщину поверхностного слоя, ответственного за процесс трения, можно было определить только в высоком вакууме на атомарно-чистых поверхностях ограниченного числа монокристаллов. Модель, изложенная в настоящей статье, открывает новый подход в нанотрибологии. На основе этой модели показано, что у фторографеновых листов трение минимально и они могут быть использованы в качестве смазки, обладающей сверхсмазывающей способностью.

Список литературы

1. Jäger H., Frohs W. (Eds.) *Industrial Carbon and Graphite Materials: Raw Materials, Production and Applications* (Two Volume Set). Wiley-VCH, 2022. 991 p.
2. Tran N.T.T., Lin S.-Y., Lin C.-Y., Lin M.-F. *Geometric and Electronic Properties of Graphene-Related Systems: Chemical Bonding Schemes*. CRC Press, 2018. 194 p.
3. Новоселов К.С. Графен: материалы Флатландии // Успехи физических наук. 2011. Т. 181, № 12. С. 1299-1311.
4. Лукьянова В.А., Папина Т.С., Полякова Н.В., Буяновская А.Г., Кабаева Н.М. Стандартная энтальпия образования фторированного графита $CF_{0.96}$ // Вестник Московского университета. Сер. 2. Химия. 2012. Т. 53, № 4. С. 257-260.
5. Беленков М.Е. Исследование структуры и электронных свойств полиморфных разновидностей графена: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Челябинск, 2023. 130 с.
6. Savvatimskiy A. *Carbon at High Temperatures*. Springer, 2015. 257 p.
7. Kang W., Li Sh. Preparation of fluorinated graphene to study its gas sensitivity // RSC Adv. 2018. Vol. 8. P. 23459–23467.
8. Юров В.М. Толщина поверхностного слоя атомарно-гладких кристаллов // Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов. 2019. Вып. 11. С. 389-397.
9. Yurov V.M., Goncharenko V.I., Oleshko V.S., Sha Mingun. Anisotropy of the surface of carbon materials // Eurasian Physical Technical Journal. 2021. Vol. 18. Is. 3(37). P. 15-24.
10. Рехвиашвили С.Ш. Размерная зависимость поверхностного натяжения малой капли в предположении постоянства длины Толмена: критический анализ // Коллоидный журнал, 2020. Т. 82, № 3. С. 386-390.
11. Юров В.М., Гончаренко В.И., Олешко В.С. Исследование первичных нанотрещин атомарно-гладких металлов // Письма в журнал технической физики. 2023. Т. 49, № 8. С. 35-38.
12. Yurov V., Zhangozin K. Surface layer thickness, defects and strength of graphite // The scientific heritage. 2023. Vol. 128. P. 20-27.
13. Шикин А.М., Адамчук В.К. Квантово-размерные эффекты в тонких слоях металлов на поверхности монокристаллов и их анализ // Физика твёрдого тела. 2008. Т. 50, № 6. С. 1121-1137.
14. Zhao X., Papageorgiou D.G., Zhu L., Ding F., Young R. The Strength of Mechanically-Exfoliated Monolayer Graphene Deformed on a Rigid Polymer Substrate // Nanoscale. 2019. № 11(30). DOI: 10.1039/C9NR04720D.
15. Ahmad Y., Batisse N., Chen X., Dubois M. Preparation and Applications of Fluorinated Graphenes // J. Carbon Research. 2021. Vol. 7, Is. 20. P. 2-23.
16. Xu Q., Li X., Zhang J., Hu Y., Wang H., Ma T. Suppressing nanoscale wear by graphene/graphene interfacial contact architecture: a molecular dynamics study // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2017. Vol. 9. P. 40959.
17. Елецкий А.В., Искандарова И.М., Книжник А.А., Красиков Д.Н. Графен: методы получения и теплофизические свойства // Успехи физических наук. 2011. Т. 181, № 3. С. 233-268.
18. Skowron S.T., Lebedeva I.V., Popov A.M. and Bichoutskaia E. Energetics of atomic scale structure changes in graphene // Chem. Soc. Rev. 2015. Vol. 44. P. 3143.
19. Ахунова А.Х., Баимова Ю.А. Влияние дислокационных диполей с разным плечом на деформационное поведение графена: молекулярная динамика // Журнал технической физики, 2023. Т. 93, № 4. С. 445-452.
20. Penkov O.V. *Graphene. Simulation Methods, Preparation Methods, and their Applications*. Elsevier, 2020. 247 p.
21. Sun X.Y., Qi Y.Z., Ouyang W.G., Feng X.Q., Li Q.Y. Energy corrugation in atomic-scale friction on graphite revisited by molecular dynamics simulations // Acta. Mech. Sin. 2015. Vol. 32(4). P. 604-610.
22. Aghamohammadi H., Bakhtiari M., Eslami-Farsani R. An experimental investigation on the synthesis of fluorographene by electrochemical method in the mixture of sulfuric and hydrofluoric acid electrolytes // Ceramics International. 2020. Vol. 46, № 16. P. 25189-25199.
23. Евсин М.Г. Реологические и трибологические свойства смазочных композиций, модифицированных фторидом графена // Глобальная энергия. 2023. Т. 29, № 3. С. 124–133.
24. Zhang S., Yao Q., Chen L., Jiang Ch., Ma T., Wang H., Feng X.Q. and Li Q. Dual-Scale Stick-Slip Friction on Graphene/h-BN Moiré Superlattice Structure // Phys. Rev. Lett. 2022. Vol. 128. P. 226101.
25. Катин К.П. Влияние механических деформаций на электронные свойства и адсорбционную способность графена и родственных углеродных наноструктур: дис. ... докт. физ.-мат. наук. Москва, 2020. 236 с.
26. Юров В.М., Гученко С.А. Коэффициенты трения высокоэнтропийных сплавов CrNiTiZrCu // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 51. Ч. 7. С. 90-93.
27. Юров В.М., Гончаренко В.И., Олешко В.С., Жангозин К.Н. Поверхностный слой дисульфида молибдена // Научная инициатива: проблемы и перспективы внедрения инновационных решений: сборник статей подготовлен на основе докладов Международной научно-практической конференции (Магнитогорск, 03 апреля 2024 г.). Магнитогорск, 2024. С. 13-20.

УДК 681.532.7

DOI 10.17513/snt.40090

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДОСВЕЧИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

Юшков И.С., Гришин В.В., Сиркин К.К.

*ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», Саранск,
e-mail: dead.holly52@yandex.ru*

В статье приведены результаты исследования и разработки аварийных алгоритмов и трех режимов управления автоматизированной системой электродосвечивания растений в тепличном комплексе. Комплекс технических средств системы автоматизации состоит из нижнего, среднего и верхнего уровней. Комплекс средств нижнего уровня производит автоматический сбор сигналов с технологического оборудования и выдачу управляющих сигналов на исполнительные устройства. Комплекс средств среднего уровня осуществляет автоматический сбор данных с периферийных устройств, первичную обработку сигналов и выдачу массива собранных данных на верхний уровень. Комплекс средств верхнего уровня реализует автоматический сбор информации с программируемого логического контроллера системы управления и отображение на экранах операторной панели. Система электродосвечивания растений предусматривает три режима работы: местный, ручной и автоматический. Управление в ручном режиме осуществляется через операторную панель. Управление в местном режиме производится через устройства управления, расположенные непосредственно в щитах досветки. В автоматическом режиме система управления получает данные от шкафа управления досветкой по протоколу ModbusTCP. Разработаны три защитных алгоритма для автоматизированной системы, которые позволяют быстро и эффективно реагировать на аварийные ситуации.

Ключевые слова: автоматизация, электродосвечивание, программируемые логические контроллеры, шкаф управления освещением, автомат, связь

AUTOMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ADDITIONAL ILLUMINATION OF PLANTS

Yushkov I.S., Grishin V.V., Sirkin K.K.

*Mordovia State University named after N.P. Ogarev, Saransk,
e-mail: dead.holly52@yandex.ru*

The article presents the results of research and development of emergency algorithms and three control modes for an automated system of electric lighting of plants in a greenhouse complex. The complex of technical means of the automation system consists of lower, middle and upper levels. A set of lower-level tools automatically collects signals from technological equipment and outputs control signals to actuators. A set of medium-level tools automatically collects data from peripheral devices, primary signal processing and outputs an array of collected data to the upper level. The complex of top-level tools automatically collects information from the programmable logic controller of the control system and displays it on the screens of the operator panel. The electric lighting system of plants provides three modes of operation: There are three possible modes of operation of the electric lighting system: local, manual and automatic. Manual operation is carried out through the operator panel. Local control is performed through control devices located directly in the illumination panels. In automatic mode, the control system receives data from the lighting control cabinet via the ModbusTCP protocol. Three security algorithms have been developed for the automated system, which make it possible to respond quickly and effectively to emergency situations.

Keywords: automation, electrical illumination, programmable logic controllers, lighting control cabinet, automatic machine, communication

Введение

В современном мире существует ряд проблем, связанных с круглогодичным выращиванием различных культур. Для улучшения пищеварительных процессов и получения различных естественных витаминов необходимо круглогодично потреблять овощи и фрукты.

Сегодня большое внимание уделяется поиску перспективных решений в области выращивания овощных культур. В результате анализа существующего тепличного комплекса выявлены недостатки, связанные с низкой производительностью и высокой затратой человеческих усилий на данное

производство, соответственно, целью исследования является разработка автоматизированной системы досвечивания растений. Для решения поставленной цели использовался комплексный подход, который содержал в себе анализ и обобщение данных научно-технической литературы по проблеме исследования.

Автоматизация технологического процесса [1, с. 19] досвечивания растений преследует цель уменьшения трудовых затрат, а также получения наибольшего количества урожая в год и снижения его себестоимости. Поэтому **целями исследования** стали разработка защитных алгоритмов

для бесперебойной работы системы в аварийных ситуациях и улучшение функциональности управления технологическим процессом путем разработки трех режимов работы: местного, дистанционного и автоматического.

Материалы и методы исследования

Основным элементом системы является программируемый логический контроллер (далее – ПЛК), который и управляет всеми процессами и компонентами системы [2, с. 4–10].

Комплекс технических средств системы автоматизации имеет три уровня [3, с. 2].

Нижний уровень осуществляет:

- автоматический сбор сигналов с технологического оборудования (состояние автоматов защиты линии, состояние контактов, состояние режима управления);
- выдачу управляющих сигналов на исполнительные устройства – щиты досвечивания (команды работы в 50% мощности и команда работы в 100% мощности досветки) [4, с. 6, 7];
- цифровую обработку принятых сигналов;
- диагностику линий связи с модулями ввода/вывода.

В состав нижнего уровня входят:

- интерфейсные модули модели Siemens ET200MP для подключения различного оборудования к сети контроллера;
- модули ввода/вывода сигналов модели Siemens S7-1500, модули, необходимые для подключения датчиков, для сбора информации с устройств и для управления ими.

Средний уровень осуществляет:

- автоматический сбор данных с периферийных устройств (датчиков влажности, температуры, состояние вентиляции);
- первичная обработка сигналов, математическая обработка данных по заданным алгоритмам.

В состав среднего уровня входит упомянутый выше программируемый логический контроллер модели Siemens SIMATIC S7-1500, который располагается в электро-техническом шкафу. Также в этот уровень входит следующее оборудование:

- шкаф управления освещением – основной управляющий шкаф системы автоматического электродосвечивания растений на базе ПЛК, который выполняет функцию управления и диспетчеризации работы оборудования, преобразования и контроля команд системы микроклимата в отделениях с растениями, сбор данных от систем мониторинга технологического процесса электродосвечивания растений.

Обеспечивает согласованное функционирование оборудования и передачу данных на сервер системы управления;

- щиты ввода/вывода – используются в качестве ведомых устройств и обеспечивают управление щитами досветки (ЩД) растений. Они не имеют своего ПЛК, команды управления поступают от главного шкафа управления освещением посредством протокола Profibus.

Верхний уровень осуществляет:

- автоматический сбор информации с ПЛК системы управления;
 - реализацию необходимых математических вычислений (расчет необходимой мощности);
 - обмен информацией с вышестоящим уровнем АСУ по каналам стандартной интерфейсной связи [5, с. 21–24];
 - контроль и управление текущим уровнем доступа персонала (использование паролей);
 - диагностику связи между отдельными элементами системы.
- В состав верхнего уровня системы управления входят:
- операторная панель Siemens TP1200 Comfort;
 - SCADA система [6, с. 9–13].

Результаты исследования и их обсуждение

Система электродосвечивания растений предусматривает три режима работы:

- местный режим;
- ручной режим;
- автоматический режим.

Местный режим. В данном режиме контроль состояния и управления оборудованием досвечивания производится с помощью органов управления, расположенных непосредственно на щитах досветки. Панель оператора в данном случае осуществляет индикацию текущего состояния оборудования и вывод аварийных сообщений, функции управления заблокированы. При возникновении внештатной ситуации система досвечивания сохранит свое текущее состояние до вмешательства оператора.

Ручной режим. В данном режиме контроль состояния и управления оборудованием производится с помощью панели оператора. При активации оператором какого-либо органа управления разверткой ЩД происходит проверка необходимых для включения условий:

- 1) наличие сети 380 В;
- 2) все автоматические выключатели в ЩД включены;
- 3) переключатель режимов работы щита находится в положении «Дистанционный».

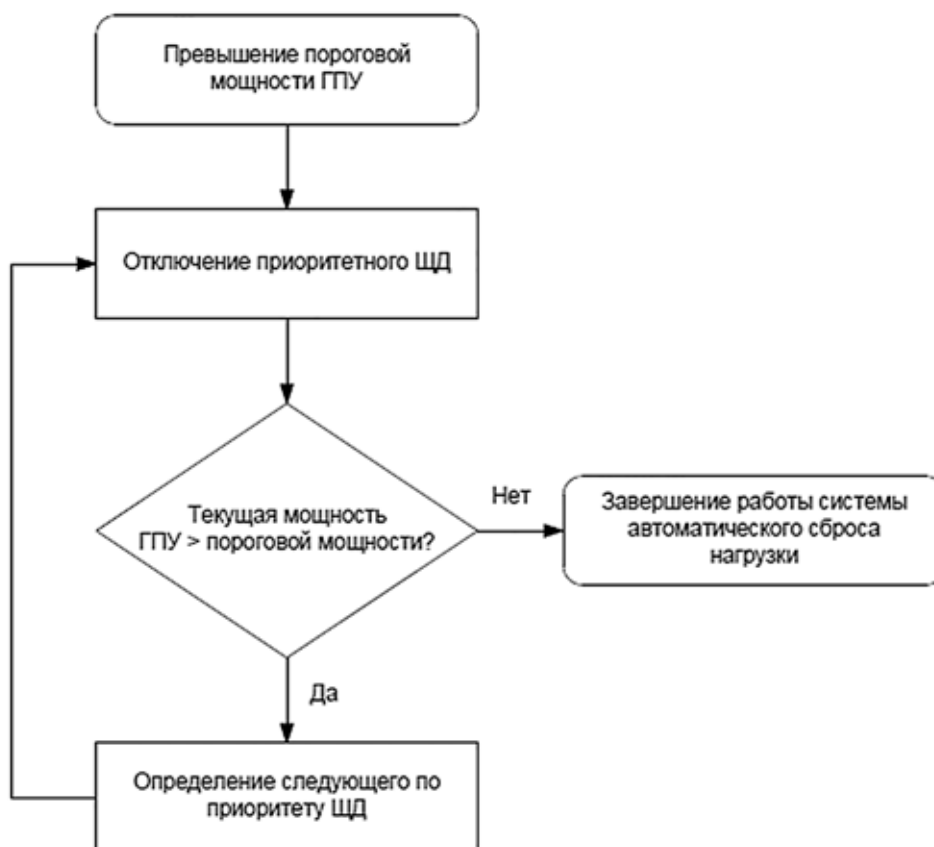


Рис. 1. Алгоритм работы системы при превышении пороговой мощности ГПУ

После проверки необходимых условий происходит включение ЩД. При возникновении аварийной ситуации системы генерации мощности в энергоцентре происходит мгновенное отключение щитов досветки.

Автоматический режим. В данном режиме система управления по протоколу ModbusTCP [7, с. 400–420] получает данные от шкафа управления и синхронизации с машинами выработки электроэнергии в энергоцентре. На основе этих данных производится циклический расчет доступной энергии для системы электродосвечивания, так как от энергии напрямую зависит мощность досветки. Управление щитами досветки в автоматическом режиме осуществляется по командам системы микроклимата. При поступлении команды от данной системы начинается пошаговое включение досветки по направлениям. При этом скорость включения направлений досветки не превышает 125 кВт за 5 секунд. При достижении доступной мощности процесс включения останавливается в ожидании автоматического поступления дополнительной энергии от энергоцентра.

Благодаря разработанному алгоритму система обладает защитой использо-

емых газопоршневых установок (ГПУ) и растений. Наибольший вред выращиваемым культурам наносит резкий перепад с пиковой освещенности на минимальную, что, собственно, и происходит при критической аварии на ГПУ.

Система аварийного сброса нагрузки предусматривает 2 алгоритма работы:

- 1) полный сброс мощности ГПУ при аварии (рис. 1);
- 2) плавная разгрузка ГПУ при превышении пороговой мощности (рис. 2).

Благодаря такой реакции системы на аварийное отключение ГПУ не происходит лавинного отключения всех ГПУ, что, соответственно, не позволит резко отключиться всей системе, как результат, не произойдет критического перепада освещенности.

На рисунке 3 представлен алгоритм плавного запуска системы. Плавный старт необходим для продления службы ГПУ и исключения перегрузки.

Благодаря такой реакции системы на аварийное отключение ГПУ не происходит лавинного отключения всех ГПУ, что, соответственно, не позволит резко отключиться всей системе, как результат, не произойдет критического перепада освещенности.

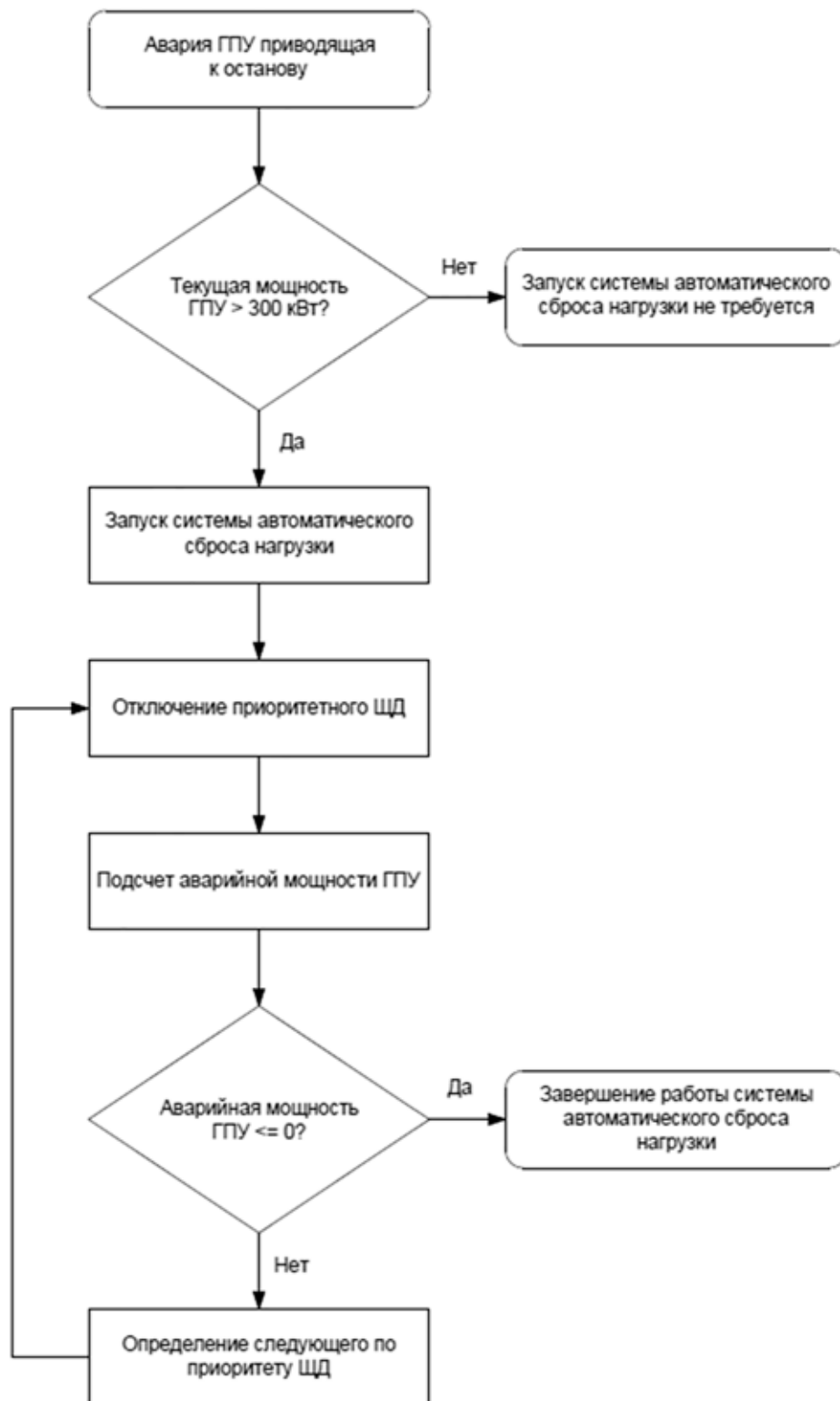


Рис. 2. Алгоритм работы системы при аварии ГПУ

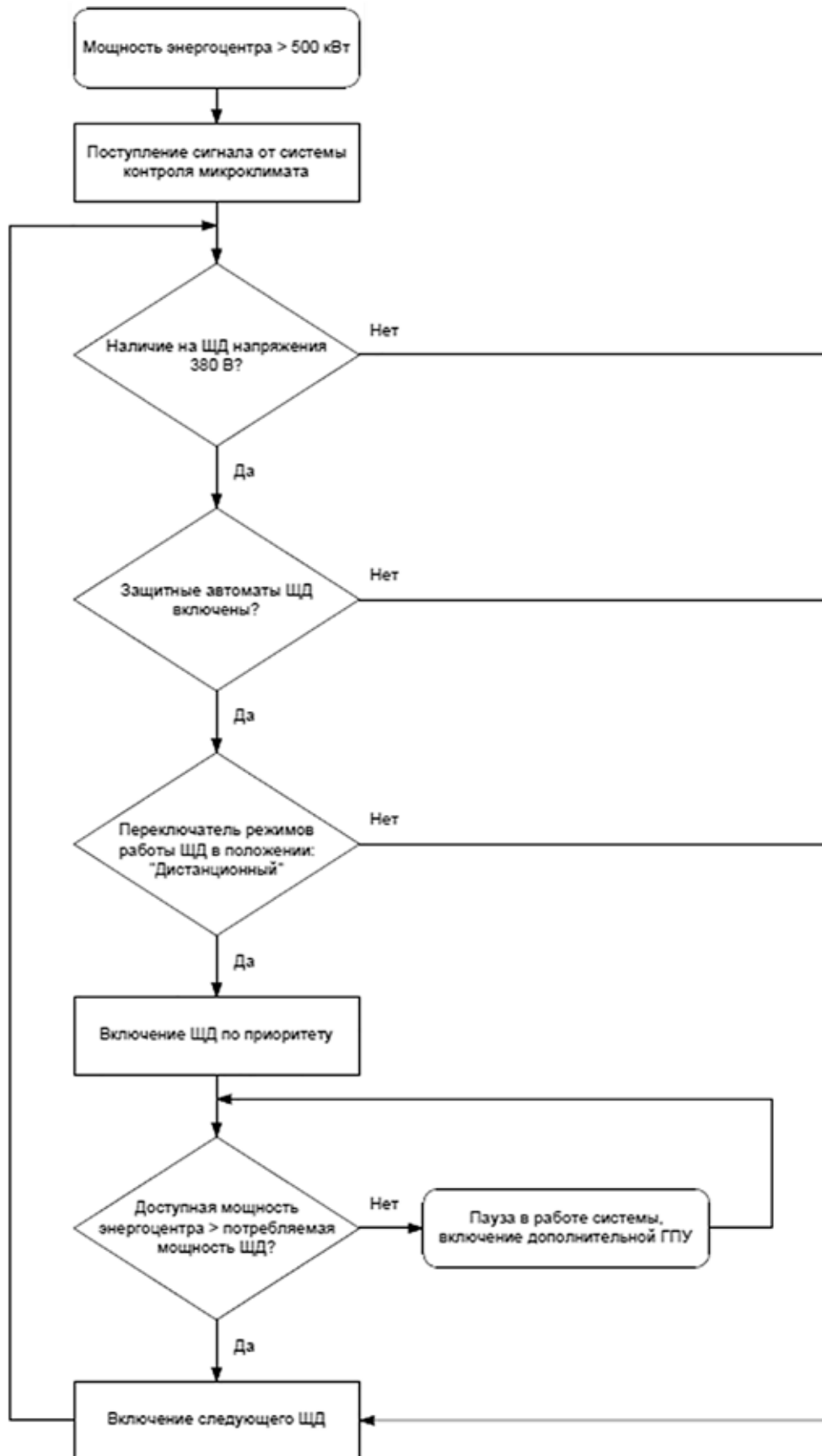


Рис. 3. Алгоритм плавного запуска системы в автоматическом режиме

Выводы

В результате исследования можно сделать следующие выводы.

1. Проектирование системы управления досвечиванием растений может быть реализовано как решение задачи минимизации некоторого критерия (себестоимость продукции, человеко-часов, количество выпускаемой продукции).

2. Задача проектирования системы управления может быть эффективно решена при помощи использования иерархической системы, с помощью частичной декомпозиции.

3. Данную систему можно интегрировать в различные по масштабу тепличные комплексы путем добавления необходимого количества щитов ввода вывода и щитов досветки.

4. Систему можно использовать совместно с любой из существующих систем управления микроклиматом.

Список литературы

1. Бородин И.Ф., Андреев С.А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления. 2-е изд. испр. и доп. М.: Юрайт, 2024. 386 с.
2. Хиврин М.В., Данильченко С.В. Программирование ПЛК и промышленной сети. М.: ИД НИТУ «МИСиС», 2020. 139 с.
3. Сироткин А.В. Модель системы трёхуровневого обеспечения информационного взаимодействия в АСУ // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4-1. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1187> (дата обращения: 15.05.2024).
4. Молдабаева М.Н. Автоматизация технологических процессов и производств. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 224 с.
5. Пустовая О.А., Пустовой Е.А. Информационно-измерительные системы и АСУ ТП. М.: Инфра-Инженерия, 2022. 104 с.
6. Кангин В.В., Ямолдинов Д.Н., Кангин М.В. Разработка SCADA-систем. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 564 с.
7. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2021. 1008 с.

УДК 004.312.46

DOI 10.17513/snt.40091

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТАНОВКИ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

¹Яценко В.М., ²Константинов И.С., ³Федоров В.И., ⁴Маматов А.В.

¹ООО «ЭЛСИС БелГУ», Белгород, e-mail: yatsenko_vm@bsu.edu.ru;

²БГТУ им. В. Г. Шухова, Белгород, e-mail: konstantinovi@mail.ru;

³НИУ «БелГУ», Белгород, e-mail: fedorov_v@bsu.edu.ru;

⁴ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола,
e-mail: mamatovav@marsu.ru

Целью данного исследования является совершенствование процесса проведения научных исследований режимов микродугового оксидирования за счет разработки специализированного программного обеспечения. Проведен анализ существующего оборудования для микродугового оксидирования, который показал его малую ориентированность для накопления информации о процессе и использовании его в научных исследованиях. Авторами были сформулированы основные требования к программному обеспечению автоматизированной системы научных исследований микродугового оксидирования, которые можно разделить на три основные группы: общесистемные, пользовательские и функциональные. Проведен анализ функциональных требований к программному обеспечению установок микродугового оксидирования, используемых для сопровождения научных исследований. Предложена структура программного обеспечения автоматизированной системы научных исследований технологического процесса микродугового оксидирования. Приведен пример синтеза автоматизированной системы научных исследований технологического процесса микродугового оксидирования, построенной на базе тиристорно-конденсаторного технологического источника тока. В соответствии с предложенной структурой было создано программное обеспечение автоматизированной системы научных исследований микродугового оксидирования. Показаны результаты работы разработанного программного обеспечения, отдельные экранные формы интерфейса автоматизированного рабочего места исследователя. Таким образом, в статье предложен подход к созданию программного обеспечения автоматизированной системы научных исследований технологического процесса микродугового оксидирования, которое в значительной степени позволяет сократить ресурсы и повысить эффективность и качество проведения исследований, что подтверждено примером реализации системы.

Ключевые слова: микродуговое оксидирование, автоматизированная система научных исследований, база данных, программное обеспечение, интерфейс автоматизированного рабочего места

MICRO-ARC OXIDATION INSTALLATION SOFTWARE TO SUPPORT SCIENTIFIC RESEARCH

¹Yatsenko V.M., ²Konstantinov I.S., ³Fedorov V.I., ⁴Mamatov A.V.

¹LLC «ELISIS BELGU», Belgorod, e-mail: yatsenko_vm@bsu.edu.ru;

²BSTU im. V. G. Shukhov, Belgorod, e-mail: konstantinovi@mail.ru;

³NRU «BelSU» Belgorod, e-mail: fedorov_v@bsu.edu.ru;

⁴Mari State University, Ioshkar-Ola, e-mail: mamatovav@marsu.ru

The purpose of this research is to improve the process of conducting scientific research on microarc oxidation modes through the development of specialized software. An analysis of existing equipment for microarc oxidation was carried out, which showed that it is poorly suited for accumulating information about the process and its use in scientific research. The authors formulated the basic requirements for the software of an automated system for scientific research of micro-arc oxidation, which can be divided into three main groups: system-wide, user and functional. An analysis of the functional requirements for software of micro-arc oxidation installations used to support scientific research was carried out. The structure of the software for an automated system for scientific research of the technological process of micro-arc oxidation is proposed. An example of the synthesis of an automated system for scientific research of the technological process of micro-arc oxidation, built on the basis of a thyristor-capacitor technological current source, is given. In accordance with the proposed structure, software for an automated system for scientific research of microarc oxidation was created. The results of the work of the developed software and individual screen forms of the interface of the researcher's automated workstation are shown. Thus, the article proposes an approach to creating software for an automated system for scientific research of the technological process of micro-arc oxidation, which significantly reduces resources and increases the efficiency and quality of research, which is confirmed by an example of the implementation of the system.

Keywords: microarc oxidation, automated research system, software, database, automated workplace interface

Введение

Развитие способа микродугового оксидирования (МДО) вентильных металлов сегодня ведется в таких направлениях, как по-

иск состава электролитов для формирования требуемых покрытий, поиск моделей описания физико-химических превращений компонент электролита и обрабатываемого

материала в фазе микродуг, поиск решения задач стабилизации параметров процесса обработки в электролитической ванне, поиск новых факторов влияния на свойства покрытий, таких как электромагнитные поля, давление и др.

В области развития и совершенствования электрической составляющей режима обработки продолжает изучаться влияние различных режимов на свойства покрытий, а также совершенствуются подходы к синтезу параметров режимов. Выполняются исследования влияния формы тока и напряжения, частоты и периодичности следования импульсов, последовательности режимов обработки, стабилизации параметров режимов в процессе обработки. Параллельно идет процесс развития систем измерения параметров покрытия в процессе обработки, базирующихся на косвенных измерениях электрических и неэлектрических параметров. В описывающие процесс формирования покрытий модели включают все большее число дополнительных параметров: оптических, спектральных, температурных, параметров проводимости электролита и т.д.

Таким образом, требования, предъявляемые к современному оборудованию и его программному обеспечению, предназначенному для сопровождения исследований, существенно отличаются от требований к промышленным установкам МДО. Особенно это проявляется в части информационного обеспечения, систем измерений параметров, систем обработки и анализа данных. Очевидна необходимость создания специального программного обеспечения (ПО) автоматизированной системы научных исследований (АСНИ), благодаря которой появляется возможность значительно повысить качество исследований и сократить затраты ресурсов на проведение исследований.

Целью данного исследования является совершенствование процесса проведения научных исследований режимов микродугового оксидирования за счет разработки специализированного программного обеспечения.

Материалы и методы исследования

При анализе оборудования для МДО различных производителей и публикуемых материалов авторов, создающих исследовательские установки в рамках своих научных работ, можно отметить, что функциональные возможности оборудования направлены в первую очередь на реализацию технологии нанесения покрытия и форми-

рование режимов обработки, и в меньшей степени подходят для накопления и анализа экспериментальных данных, выявления характерных связей, выполнения синтеза и исследования применимости математических моделей.

Анализ позволил выделить следующие тенденции в области развития способа формирования покрытий с помощью МДО:

- смещение исследований в область изучения влияния сложных форм тока и напряжения в электрических импульсах обработки [1, 2],

- изучение влияния режимов с чередованием импульсов различной формы и режимов с различной частотой импульсов [3];

- изучение возможности стабилизации параметров режимов обработки [4, 5];

- развитие способа косвенных измерений параметров покрытий в процессе обработки [6, 7];

- поиск новых математических моделей, учитывающих большее число управляемых факторов, а также приемов и способов компенсации неучитываемых факторов [8];

- развитие систем поддержки принятия решений для определения режимов обработки при разработке нового оборудования и модернизации существующего [9, 10].

В ходе анализа процессов исследования МДО можно сделать вывод, что развитие способа МДО происходит в направлениях совершенствования методов и подходов к синтезу режимов обработки и создания интеллектуальных систем прогнозирования свойств покрытий. Это, в свою очередь, определяет необходимость создания систем, обеспечивающих процесс научных исследований с разработкой специального ПО.

Авторами были сформулированы основные требования к ПО АСНИ МДО, которые можно разделить на три основные группы: общесистемные, пользовательские и функциональные.

1. К общесистемным требованиям относятся:

- наличие возможности сбора, накопления и обработки экспериментальных данных;

- возможность ввода и хранения данных, полученных от внешних систем и введенных вручную;

- возможность синтеза и оценки математических моделей процесса МДО;

- возможность генерации версии ПО для работы с конкретным типом оборудования МДО.

2. Пользовательские требования к интерфейсу:

- возможность разграничения прав доступа пользователей;

- возможность составления рецептов обработки (последовательности режимов);
- возможность отображения данных в текстовой и графической формах;
- наличие шаблонов настроек режимов и рецептов;

- обеспечение возможности доступа к базе моделей технологического процесса МДО и внесения новых моделей;

- наличие удаленного доступа к системе.

3. Основные функциональные требования:

- измерение и отображение интегральных значений напряжения и тока, проходящих через систему «электролит – деталь», температуры электролита и других параметров, а также профиля напряжения и тока за период единичного импульса обработки;
- прогнозирование свойств покрытий на основании косвенных измерений;

- контроль за процессом формирования покрытия, позволяющий детектировать возникновение основных технологических проблем (срыв обрабатываемой детали, растравливание детали, отсутствие зажигания микроразрядов, угасание микроразрядов, возникновение дуговых разрядов и др.);

- сохранение в БД информации о правах доступа, рецептах обработки (последовательности режимов), режимах обработки, регистрируемых параметрах процесса обработки, качестве полученных покрытий и математических моделях, описывающих косвенные измерения и связи между параметрами режимов обработки и свойствами покрытий;

- обеспечение безопасности персонала и защиты от выхода из строя оборудования (ввиду возможности появления напряжений на оборудовании более 1 кВ).

Для выполнения указанных требований при разработке АСНИ МДО необходимо разработать аппаратную и программную части системы. Пример разработки аппаратной части системы был описан в других статьях авторов [11, 12].

Разработка программной части начинается с процедуры синтеза структуры программного обеспечения.

На схеме (рис. 1) представлена структура ПО АСНИ МДО, которая соответствует перечню сформулированных задач.

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с предложенной структурой было создано программное обеспечение АСНИ МДО. Аппаратная часть системы была реализована в виде технологического источника тока с силовым регулятором, выполненным по тиристорно-конденсаторной схеме [13]. При создании ПО было разделе-

но на технологическую и информационную части. В качестве модели, по которой строится программное обеспечение, выбрана событийно-ориентированная модель.

Технологическая часть функционирует на специальном модульном контроллере (разработан специально для данной системы) под управлением операционной системы (ОС) реального времени ChibiOS, входящем в состав технологического источника тока (ТИТ). Применение специального контроллера с ОС реального времени было обусловлено необходимостью выполнения следующих требований: гарантированное время реакции на события, высокая отказоустойчивость при управлении высоковольтным оборудованием, обеспечение высокой скорости регистрации электрических параметров, управление формой импульсов обработки.

Информационная часть ПО функционирует в ОС Windows на ПК в виде автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора. Выполнение АРМ в виде программы для ПК открывает возможности дальнейшего развития ПО за счет совершенствования и добавления информационно-управляющих подсистем.

Так, например, в состав ПО включен модуль слежения за параметрами процесса МДО на базе нейронной сети. Модуль позволяет вести наблюдение за свойствами формируемых покрытий на основании косвенных измерений [6].

ПО АРМ написано на языке Java (среда разработки – NetBeans IDE). Система хранения данных построена на базе SQL-сервера (MySQL) и обеспечивает принцип открытости в части обмена данными.

АРМ оператора обеспечивает следующие функциональные возможности:

- различные права доступа персонала;
- вывод информации о происходящих процессах в удобной графической и текстовой форме (графиков напряжений, токов, температур, графиков эюр тока/напряжения нагрузки, текущей схемы силового блока), о параметрах режима обработки, состоянии оборудования ТИТ и электромеханического узла и т.д.;

- создание, сохранение, редактирование, копирование, запуск на выполнение рецептов обработки;

- сохранение информации о пользователях, рецептах, режимах и полной информации о проведенных обработках в реляционной базе данных;

- просмотр информации в графическом и текстовом виде о выполненных обработках и применяемых рецептах с возможностями масштабирования.

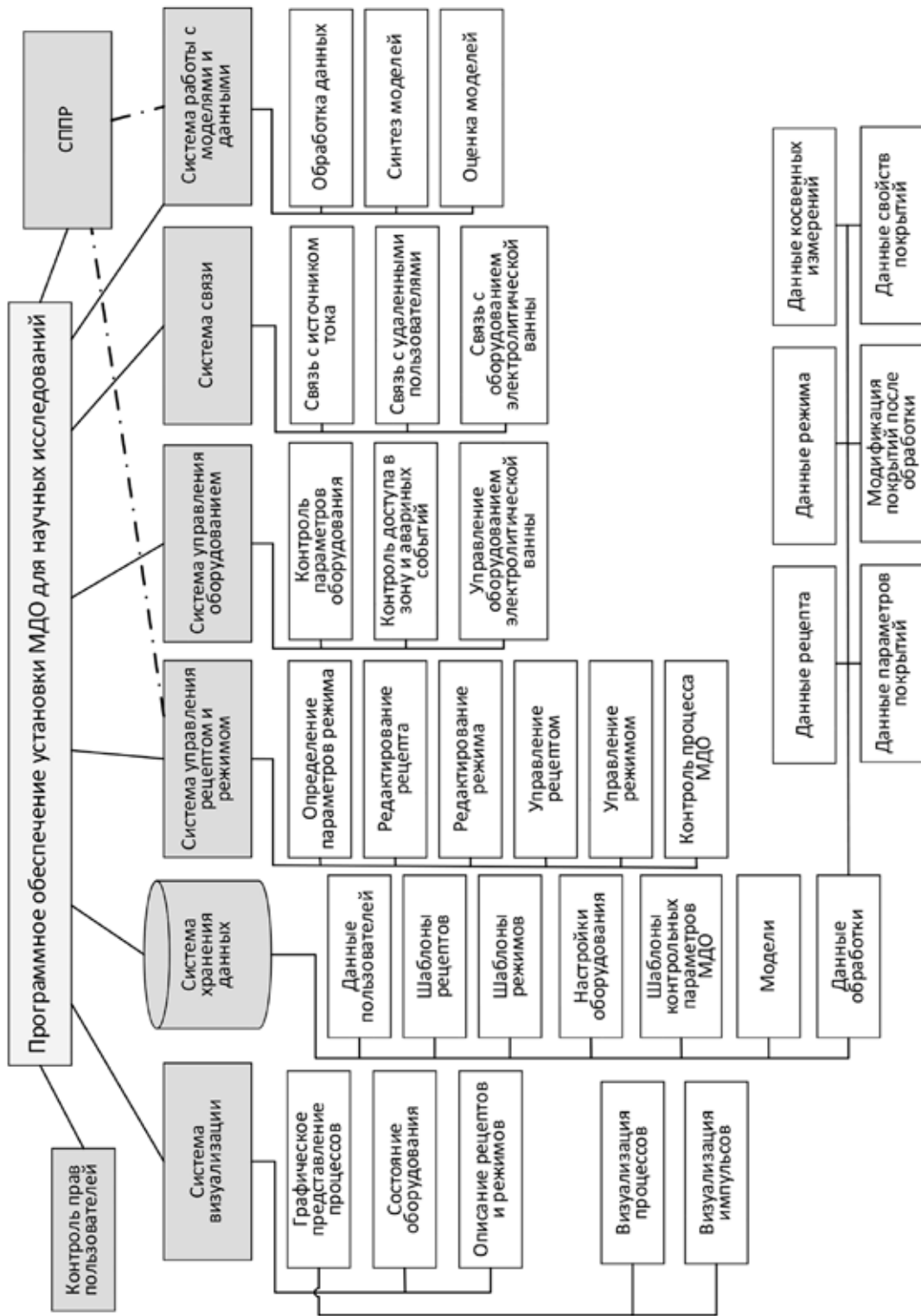


Рис. 1. Структура ПО установки МДО

Авторизация Данные Вывод

Тип Пользователя: Расширенный Пользователь | Имя пользователя: Сергей Сергей

Наименование процесса: DFG

Оператор: Сергей Сергей | Время старта процесса: | Время конца процесса: |

Комментарий: пробник D2_40 мсб: Fri May 04 16:16:10 MSK 2018

Статус программы: Запущена | Удалить | Очистить | Сохранить |

Загрузить | Сохранить

Деталь: поршень | Материал: Al26 | Площадь: 17.0 см2 | Коррекция: (Была)

Электродит: новый

Время от старта: 0ч.59м.31с | Время до конца обработки: 1ч.36м.44с | V Ванны: 312.0 см3

Залусить | Добавить режим | Удалить режим

№ | Тип режима | Время обработки | Комментарий | Схема включения

1	Строго конденсаторный	9000.0	Шаблон	1
---	-----------------------	--------	--------	---

Барбогаж:

Оплаждение:

Ванна: Тэл: 10.66926 | Топл: 536.4275 | Ролл: NAN | Рбарб: NAN | Че-ки: NAN

Деталь: |

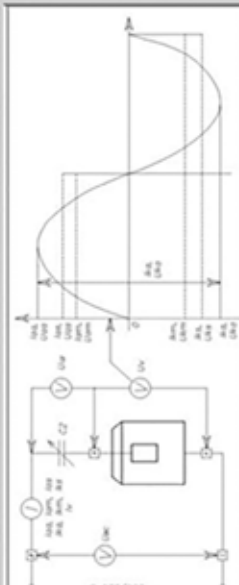
Мешалка: |

Электродит:

Текущий: 11428.94 | Контроль: 200000.0 | Смена: 200000.0

Режим обработки: Строго конденсаторный

Схема:



Создать как шаблон |

Параметры режима Исчислительные

Название	Значение	Ед. изм.
C2_Sat	40.0	мсЭ

Время выполнения: 9000.0 с | Осталось: 1ч.36м.42с | Прошло: 0ч.53м.17с

Время отключения 1: | 2: | 3: |

Имя ле...	Текущее...	-1s	-10s	-60s
Uaa	554.1	555.0	558.9	553.8
Uam	354.0	354.2	355.2	352.8
Uas	398.2	398.7	399.6	397.3
Iaa	6.5	6.6	6.6	6.6
Iam	1.9	1.9	1.9	1.9
Iak	14.7	15.2	14.8	14.7
Uak	717.4	721.4	724.0	715.3
Uka	163.3	166.4	165.1	161.5
Ukm	101.0	102.6	101.4	101.1
Uks	113.2	114.8	113.8	113.1
Ika	8.1	8.5	8.2	8.1
Ikm	3.6	3.6	3.6	3.6
Iks	2.6	2.6	2.6	2.6
Iks	4.5	4.5	4.5	4.5
C1	0.0	0.0	0.0	0.0
C2	39.4	39.4	39.4	39.4

Рис. 2. Пример реализации экранной формы управления рецептом

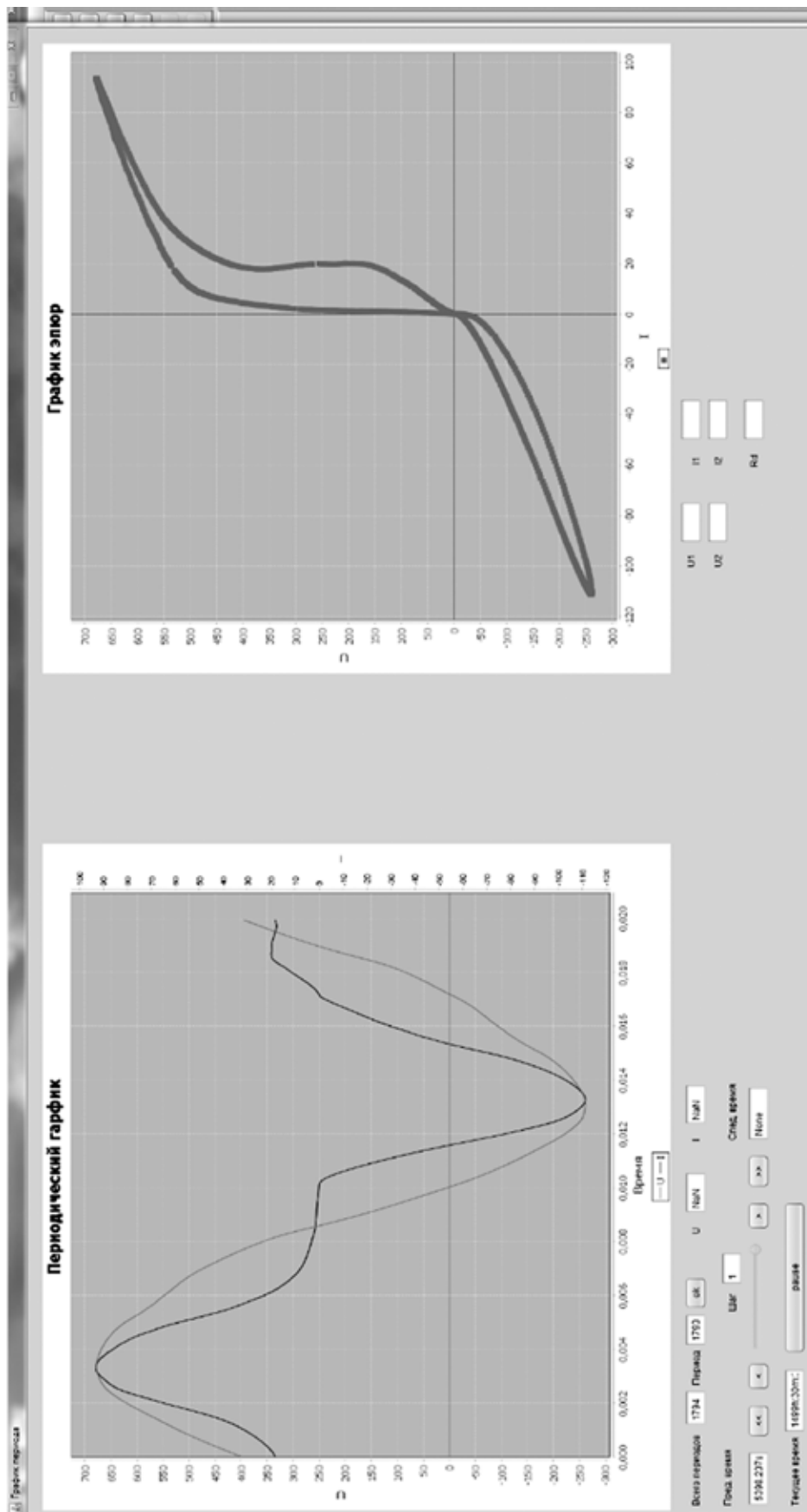


Рис. 3. Формы тока и напряжения системы «электролит – покрытие – деталь»

На рисунке 2 приведен пример начальной экранной формы, которая содержит информацию об операторе, времени проведения обработки, детали, материале и электролите, рецепте обработки, текущих параметрах нагрузки, текущей схеме силового преобразователя и режиме обработки с его параметрами, состоянии систем электрохимического узла электролитической ванны.

На отдельную экранную форму выводится информация в графической форме о процессах, протекающих в нагрузке за период импульса сетевого напряжения (рис. 3).

При проведении процесса обработки ПО АРМ выполняет отслеживание различных ситуаций, при которых необходимо произвести корректировку рецепта или прервать процесс обработки. С этой целью был реализован ряд алгоритмов слежения за параметрами процесса МДО с индикацией наступления события, а именно: превышения максимальных значений напряжения/тока, превышения максимального значения температуры электролита, превышения температуры контура охлаждения, недостаточного давления контура охлаждения, недостаточного давления в системе барботажа, недостаточной скорости потока воздуха в системе вентиляции, превышения количества электричества, прошедшего через электролит (выработка), угасания МДО-разряда, отсутствия зажигания МДО разряда, срыва детали, начала процесса травливания детали.

Контроль наступления указанных событий выполняется ПО АРМ, которое может в зависимости от настроек как останавливать процесс, так и игнорировать событие. Прерывание процесса обработки также может быть инициировано контроллером ТИТ с переходом его в новое состояние и уведомлением об этом событии АРМ.

Заключение

На основании анализа процессов исследований в области микродугового оксидирования сформированы требования к программному обеспечению автоматизированной системы научных исследований МДО. Исходя из требований определены основные задачи ПО АСНИ. Для решения поставленных задач предложена обобщенная структура ПО, определены основные подсистемы и их функции. Представлен вариант реализации ПО АСНИ для тиристорно-конденсаторной установки МДО, приведен пример структуры БД и экранных форм.

Таким образом, в статье предложен подход к созданию ПО для АСНИ МДО, которая в значительной степени позволяет сократить ресурсы и повысить эффективность и качество проведения исследований, что подтверждено примером реализации системы.

Список литературы

1. Голубков П.Е., Карпанин О.В. Автоматизированный лабораторный стенд для получения и исследования МДО-покрытий // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2015. № 4(16). С. 35-39.
2. Голубков П.Е. Совершенствование средств измерений электрических параметров микродуговых оксидных покрытий: дис. ... канд. техн. наук. Пенза, 2002. 163 с.
3. Дударева Н.Ю., Бутусов И.А., Кальщиков Р.В. Влияние режимов микродугового оксидирования на механические свойства образцов из алюминиевого сплава // Вестник ПНИПУ. Механика. 2014. № 4. С. 102-116.
4. Карпанин О.В., Сафонов А.В., Ометов С.Ю. Автоматизированная установка для микродугового оксидирования // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). С. 247-251.
5. Бадаев Р.А., Карпин О.В., Таишев С.Р. Автоматизированная установка микродугового оксидирования // Материалы и технологии XXI века: сборник статей XIV Международной научно-технической конференции (Пенза, 28-29 марта 2016 г.). Пенза: Приволжский Дом знаний, 2016. С. 136-140.
6. Ломакин В.В., Зайцева Т.В., Путивцева Н.П., Яценко В.М., Пусная О.П. Реализация поддержки принятия решений в управлении процессом микродугового оксидирования на базе искусственных нейронных сетей // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2016. № 23(244). С. 124-133.
7. Печерская Е.А., Голубков П.Е., Мельников О.А., Печерский А.В., Макс А.А., Анисимова А.А. Анализ причин, влияющих на показатели качества покрытий, полученных методом микродугового оксидирования // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2022. № 2 (62). С. 92-102.
8. Печерская Е.А., Голубков П.Е., Карпанин О.В., Козлов Г.В., Печерский А.В. Интеллектуальная система управляемого синтеза оксидных покрытий // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2019. № 2 (28). С. 107-112.
9. Степанов С.В., Карпанин О.В. Автоматизированный лабораторный стенд микродугового оксидирования // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. «Материаловедение». 2014. С. 153-157.
10. Фаткуллин А.Р., Парфенов Е.В. Автоматизация технологического процесса плазменно-электролитического оксидирования на основе косвенного контроля толщины покрытия по электрическим характеристикам // Вестник УГАТУ. 2016. № 4 (74). С. 38-44.
11. Яценко В.М., Ломакин В.В. Синтез структурных и технических решений при проектировании установки микродугового оксидирования // Экономика. Информатика. 2023. № 50(2). С. 398-409.
12. Яценко В.М., Ломакин В.В. Распределенный алгоритм управления установкой микродугового оксидирования // Научный результат. Информационные технологии. 2023. № 4. С. 40-49.
13. Яценко В.М., Иванов М.Б., Храмов Г.В. Технологическая установка микродугового оксидирования // Общество с ограниченной ответственностью «Керамик тех» (ООО «Керамик тех»). 2019. Бюл. № 16.

СТАТЬИ

УДК 377.031:378

DOI 10.17513/snt.40092

СКРАЙБИНГ В ОБУЧЕНИИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ^{1,2}Агафонова И.П., ¹Безрукова Н.П., ²Агафонова Н.В.¹ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск,
e-mail: bezrukova.natalia2011@yandex.ru;²ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет
им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого», Фармацевтический колледж, Красноярск,
e-mail: aip-mfk@rambler.ru

Одной из характеристик современных студентов является так называемое клиповое мышление, что, как правило, негативно влияет на их обучаемость. Из анализа информационных источников следует, что для решения указанной проблемы предлагается использовать различного вида тренинги для тренировки памяти, мышления, внимания, составление ментальных карт. Развитию мотивации к учению, вовлечению обучающихся с клиповым мышлением в учебно-воспитательный процесс способствует геймификация, например применение квестов. Цель работы заключается в исследовании целесообразности применения скрайбинга как разновидности графической фасилитации в обучении аналитической химии студентов с клиповым мышлением. Методы исследования включали поиск и анализ информационных источников по теме исследования, анализ, синтез, выявление причинно-следственных отношений, анкетирование студентов. Приводятся примеры авторских скрайбов, связанных с обучением студентов химическим методам анализа. На основе практики применения видеоскрайбинга и скрайбинга-фасилитации в лекционном курсе, скрайбов в учебных пособиях, скрайбинга-фасилитации в развитии расчетных умений студентов в процессе освоения ими аналитической химии сделан вывод о том, что технология скрайбинга способствует в определенной мере нивелированию проблем в обучении, связанных с клиповым мышлением.

Ключевые слова: клиповое мышление, обучение аналитической химии, эффективность, скрайбинг, лекция, практическое занятие, самостоятельная работа

SCRIBING IN TEACHING ANALYTICAL CHEMISTRY^{1,2}Agafonova I.P., ¹Bezrukova N.P., ²Agafonova N.V.¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, e-mail: bezrukova.natalia2011@yandex.ru;²Krasnoyarsk State Medical University named after prof. V.F. Voino-Yasenetsky,
College of Pharmacy, Krasnoyarsk, e-mail: aip-mfk@rambler.ru

One of the characteristics of modern students is the so-called “clip thinking”, which, as a rule, negatively affects their learning ability. Analysis of information sources showed that to solve this problem it is proposed to use various types of training to train memory, thinking, attention, and drawing up mental maps. The development of motivation to learn and the involvement of students with “clip thinking” in the educational process is facilitated by gamification, for example, the use of quests. The purpose of the work is to study the feasibility of using scribing as a type of graphic facilitation in teaching analytical chemistry to students with “clip thinking”. Research methods included search and analysis of information sources on the research topic, analysis, synthesis, identification of cause-and-effect relationships, and student surveys. Examples of author’s scribes related to teaching students chemical methods of analysis are given. Based on the practice of using video scribing and scribing-facilitation in a lecture course, scribing in textbooks, scribing-facilitation in the development of students’ calculation skills in the process of mastering analytical chemistry, it was concluded that scribing technology helps to a certain extent level out the problems in learning associated with “clip thinking”.

Keywords: “clip thinking”, teaching analytical chemistry, efficiency, scribing, lecture, practical lesson, independent work

Введение

Умения отбирать, оценивать, объединять информацию, выявлять причинно-следственные связи всегда были важны в человеческой деятельности, однако на данном этапе такие умения становятся значимо необходимыми для формирования адекватного поведения человека в информационно насыщенной среде. Огромные потоки информации, характерные для этой среды, обусловили появление так называемого клипового мышления [1]. Соглашаясь с самим фактом существования этого феномена, специалисты разных обла-

стей оценивают клиповое мышление как позитивное, обеспечивающее более быструю переработку информации и в новых форматах, но чаще его оценивают как негативное [2-4]. Авторы данной статьи поддерживают точку зрения, что клиповое мышление ведет к снижению внимания, восприятия, критического мышления, обуславливает проблему восприятия и осмысления текстов большого объема, деформацию взаимосвязанных звеньев цепочки «речь, восприятие, память, мышление, речь», и все это негативно сказывается на обучаемости молодого поколения.

Из анализа специализированной литературы следует, что педагоги общеобразовательных школ, преподаватели вузов и колледжей в качестве возможных решений этой актуальнейшей проблемы современной дидактики рассматривают использование видеороликов, организацию различного вида тренингов для тренировки памяти, мышления, внимания [5]. Определенный потенциал имеет методика составления ментальных карт, способствующая развитию у обучающихся умений структурирования и систематизации информации, необходимой для решения той или иной задачи/проблемы. Существует точка зрения, что развивает мотивацию к учению, способствует вовлечению обучающихся с клиповым мышлением в учебно-воспитательный процесс геймификация, например применение квестов [5].

Авторы данной статьи полагают, что перспективным направлением решения проблемы обучения студентов с клиповым мышлением является использование в обучении графической фасилитации. Под графической фасилитацией понимают процесс применения визуальных образов с целью вовлечения обучающихся в обсуждение для повышения результативности восприятия информации и обучения в целом. При этом наиболее популярной является такая разновидность графической фасилитации, как скрайбинг. Особенность скрайбинга заключается в «эффектной подаче» информации, придании ей привлекательности для лучшего запоминания и усвоения посредством вовлечения в обработку информации сразу двух анализаторов – слуха и зрения [5-7]. В специализированной литературе имеются публикации по использованию скрайбинга в школьном курсе химии [8].

Цель данной работы заключалась в исследовании целесообразности применения скрайбинга для повышения результативности обучения студентов аналитической химии.

Материал и методы исследования

Объектом исследования являлся процесс обучения аналитической химии студентов средних и высших профессиональных образовательных учреждений. Методы исследования включали поиск и анализ информационных источников по теме исследования, анализ, синтез, выявление причинно-следственных отношений, анкетирование. В апробации исследуемых подходов к использованию скрайбинга в процессе обучения аналитической химии участвовали более 50 студентов Фармацевтического колледжа Красноярского государственного

медицинского университета им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, 43 студента младших курсов Института пищевых производств Красноярского государственного аграрного университета.

Результаты исследования и их обсуждение

Предваряя обсуждение результатов данного исследования, необходимо отметить, что из анализа информационных источников складывается впечатление, что молодые педагоги как полноценные представители «цифрового поколения», проектируя организационные формы обучения с использованием новых приемов, методов, связанных в том числе с новыми возможностями информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и основанными на них сетевыми технологиями в образовании, излишне увлекаются англицизмами («квест», «геймификация», «клип» и т.д.). Оставляя за рамками данной статьи, ввиду ограниченности ее объема, вопросы защиты чистоты родного языка, не следует, однако, забывать, что на сегодняшний день тон в разработке инновационных образовательных технологий, в том числе с использованием ИКТ, сетевых технологий, по объективным и известным причинам задают зарубежные исследователи. Как следствие, внедрение англицизмов в педагогическую лексику, по видимому, неизбежно.

Возвращаясь к скрайбингу, следует отметить, что на сегодняшний день существуют различные техники исполнения скрайбов, классификации их по различным основаниям [8], в частности, для авторов данной статьи значима классификация по способу подачи материала – это видеоскрайбинг и скрайбинг-фасилитация. Как следует из названия, видеоскрайбинг готовится заранее в видеоформате [9], тогда как скрайбинг-фасилитация создается в процессе совместного обсуждения материала изучаемой темы преподавателем и учащимися.

Как известно, дисциплина «Аналитическая химия» традиционно включает разделы «Качественный анализ», «Количественный анализ» и «Физико-химические методы анализа» и имеет большое значение как в системе среднего профессионального образования, например при подготовке будущих фармацевтов, медицинских лаборантов, техников, так и в системе высшего образования – при подготовке бакалавров для пищевых производств, бакалавров-экологов и агроэкологов и т.д.

Как показывает практика авторов данной статьи, материал по основам качественного анализа студентами воспринимается

легче, поскольку основные понятия, законы, лежащие в его основе, в целом знакомы им из школьного курса химии, курса общей и неорганической химии. Большинство студентов к началу освоения дисциплины уже владеет начальными навыками проведения химического эксперимента. Освоение раздела по основам количественного анализа протекает сложнее. Так, при освоении титриметрического анализа студенты знакомятся с новыми для них понятиями: «титрование», «стандартизация», «скачок титрования», «точка эквивалентности» и др. Эти понятия для них абстрактны и тяжело вначале воспринимаются. В связи с этим было решено использовать скрайбинг на разных этапах учебного процесса: в лекционном курсе, на практических занятиях, в организации самостоятельной работы.

Несмотря на модную нынче тенденцию критики лекции как организационной формы обучения в профессиональном образовании, именно лекция закладывает у обучающихся основы научных знаний, является средством и методом формирования научного мышления у будущих специалистов, выполняет организующую функцию, поскольку определяет направление, содержание и характер всех других видов учебных занятий, а также самостоятельной работы обучающихся [10]. Наиболее эффективной и на данный момент распространенной является лекция-презентация, основанная на визуализации материала. Наряду с рисунками, схемами, четким структурированием текста в презентации к лекции, авторами создан и используется в лекционном курсе ряд видеоскрайбов – анимационных видеороликов, демонстрирующих технику проведения процесса титрования. Динамическая и наглядная форма подачи учебной информации в виде видеоскрайба способствует, во-первых, положительной мотивации к восприятию нового материала, во-вторых, воздействует на внимание, способствует пониманию и более легкому и прочному усвоению материала.

Скрайбинг относится к активным методам обучения: при составлении скрайба идет совместная работа, в процессе которой преподавателю отводится направляющая роль, способствующая осмыслению, систематизации студентами получаемых знаний. Например, в процессе построения скрайба по теме «Перманганатометрия» на лекции перед студентами последовательно ставится ряд вопросов: «Почему этот метод называют безиндикаторным? Как зафиксировать точку эквивалентности? Почему титрование ведут в присутствии серной кислоты?» и др. В ходе по-

лилога актуализируется материал по факторам, влияющим на скорость химической реакции. В результате построенный на доске скрайб фиксирует всю информацию по сущности, области и условиям применения перманганатометрии.

Для применения скрайбинга не обязательно обладать какими-то особыми художественными способностями, поскольку при построении скрайбов, наряду с доской и мелом, можно использовать графические объекты в электронном виде и возможности программ для создания презентаций PowerPoint или Impress по последовательности вывода информации на экранную форму. Так, на рисунке 1 представлен скрайб, который строится в процессе чтения лекции по методам осадительного титрования с использованием MS PowerPoint. По мнению авторов, наиболее сложное – это создание/подбор оптимальных графических образов, обозначающих как объекты, так и отдельные действия и их последовательность.

Скрайбинг-фасилитация используется авторами не только на лекциях, но и в ходе практических занятий, например в рамках модели «перевернутый класс» на этапе аудиторной работы [11].

Авторами данной статьи разработаны практическое руководство по аналитической химии и две рабочие тетради в соответствии с изучаемыми видами анализа, при этом методические рекомендации для студентов по разделам аналитической химии представлены как в виде текстового материала, так и готовых скрайбов. Так, при выполнении количественного анализа с использованием титриметрических методов обучающимся необходимо определиться с химической посудой, реагентами, четкой последовательностью предстоящих действий. Это занимает достаточный промежуток времени. Наряду с этим студенты с трудом «удерживают» ход выполнения эксперимента и постоянно возвращаются к текстовому материалу. Поэтому в рабочих тетрадях методические рекомендации представили в виде схем – готовых скрайбов (рис. 2), представляющих последовательность выполнения действий, связанных в одну визуальную композицию. И вместо сплошного текста «*Возьмите aliquотную часть раствора щавелевой кислоты в колбу для титрования. Добавьте в колбу 1-2 капли индикатора фенолфталеина. Перемешайте и поставьте колбу на белый лист бумаги. Бюретку заполните приготовленным раствором гидроксида натрия. Оттитруйте aliquоту щавелевой кислоты из бюретки...*» студент работает со скрайбом.

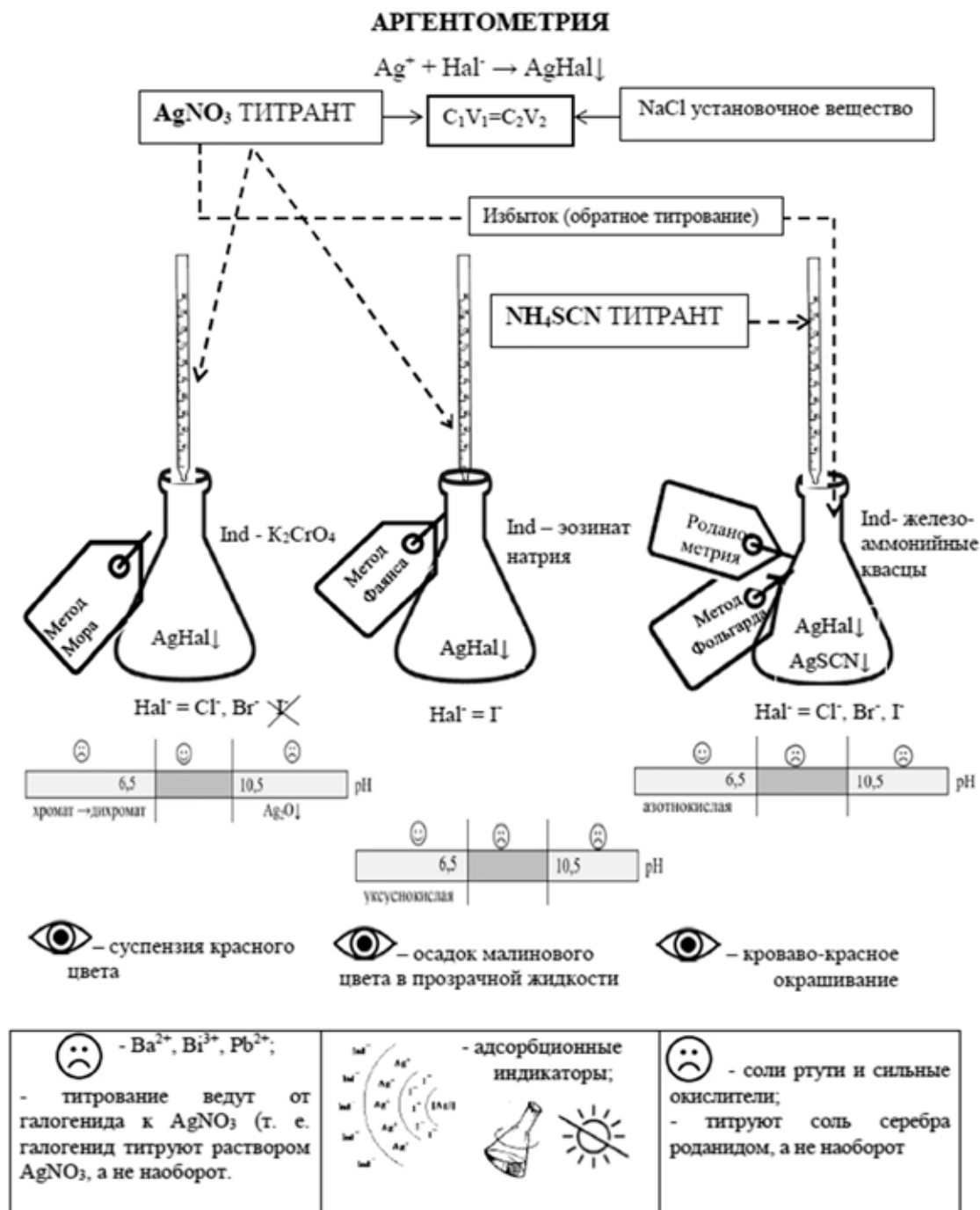


Рис. 1. Скрайб по теме «Методы осадительного титрования. Аргентометрия»

Анализ ответов студентов при защите отчетов по лабораторным работам, связанным с количественными методами анализа различных систем, выполнения тестовых заданий позволяет сделать вывод о целесообразности использования скрайбинга в лекционном курсе и на практических занятиях дисциплины «Аналитическая химия».

Анкетирование студентов показало, что большинство респондентов положительно

относится к использованию скрайбинга в процессе обучения аналитической химии и отмечают, что скрайбинг мотивирует к активному включению в учебный процесс. Так, 94,3% участвующих в анкетировании студентов фармацевтического колледжа отметили, что построение скрайба на лекционных занятиях позволяет выделить основные понятия, действия, связать их между собой, и это помогает восприятию и усвоению материала.

Определение титра и молярной концентрации эквивалента раствора гидроксида натрия по раствору щавелевой кислоты

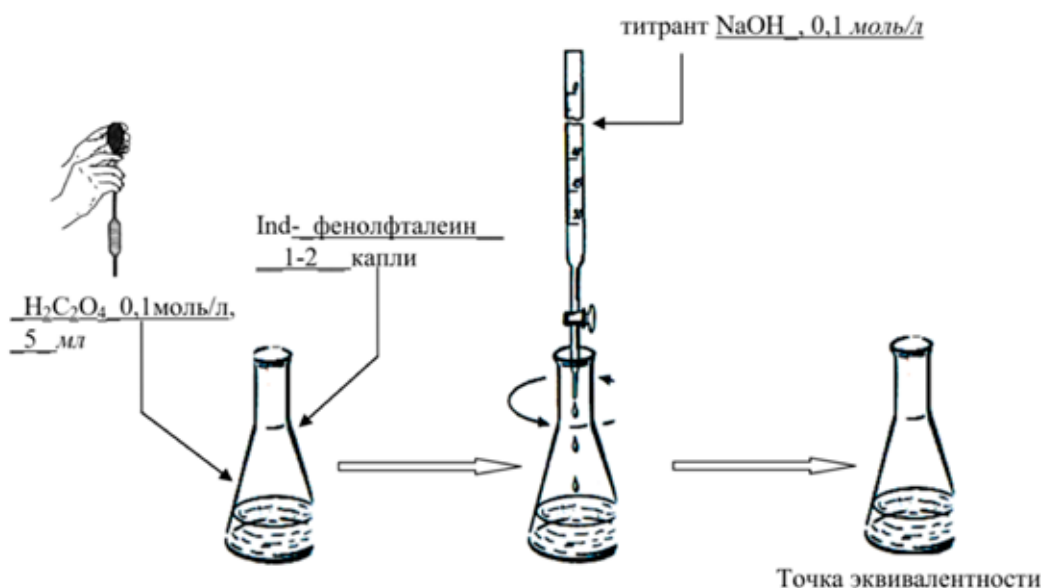


Рис. 2. Скрайб по определению молярной концентрации эквивалента раствора NaOH по раствору щавелевой кислоты

По мнению студентов, скрайбы понятны, не содержат избыточной информации. Наряду с этим 5,7% отметили, что с интересом воспринимают материал, который сопровождается построением скрайба, но воспроизведение материала с опорой на него вызывает у них сложности. Однако все респонденты ответили, что использовали полученные скрайбы при подготовке к итоговому занятию по разделу «Количественный анализ».

По мнению авторов данной статьи, скрайбинг имеет определенный потенциал в развитии расчетных умений студентов в процессе освоения аналитической химии. Предварительный эксперимент показывает, что разбор задачи с использованием скрайбинга способствует восприятию ее содержания и поиску эффективного решения, а также и освоению алгоритма решения задач определенного класса. Однако, для того чтобы сделать однозначные выводы, необходимы дополнительные исследования.

Заключение

Таким образом, анализ ответов студентов при защите отчетов по лабораторным работам по титриметрическим методам анализа, результатов выполнения тестовых заданий, а также результатов анкетирования студентов подтверждает такую характеристику скрайбинга, как *универсальность* – возможность использования

его в различных организационных формах профессионального обучения. Значимой характеристикой скрайбинга является и *вариативность*: разработанный скрайб – это инновационное средство наглядности, методика работы с которым обусловлена поставленными дидактическими задачами, степенью подготовленности группы и т.д. В частности, можно предложить студенческой аудитории ответить на вопросы по просмотренному видеоскрайбу, найти в нем ошибку (при наличии), обсудить содержание и т.д. В целом использование этого метода графической фасилитации в обучении аналитической химии целесообразно, однако не следует считать его панацеей от всех проблем обучения студентов с клиповым мышлением. Будущее, по-видимому, за разработкой результативных методик его применения в сочетании как с традиционными, так и инновационными приемами и методами обучения.

Список литературы

1. Старицина О.А. Клиповое мышление vs образование. Кто виноват и что делать? // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2018. Т. 7, № 2(23). С. 270-274.
2. Поляков С.Д., Белозрецова Л.А., Вершинина В.В., Данилов С.В., Кривцова Н.С. «Клиповое мышление» у старшеклассников и студентов: опыт исследования // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 2019. № 4. С. 126-142.
3. Агафонова И.П., Безрукова Н.П., Агафонова Н.В. Особенности использования учебных химических текстов

для формирования системного мышления студентов // Среднее профессиональное образование. 2023. № 8(336). С. 34-37.

4. Мерзлякова А.В., Ястребова Е.Д. Гипертекст и клиповое мышление // Контекстная наука. 2019. № 12. С. 180-182.

5. Царевская О.А. Изменение подходов к обучению в условиях развития клипового мышления // Бизнес-образование в экономике знаний. 2020. № 2. С. 100-102.

6. Анохина Л. В. Применение скрайбинг-технологии в вузе // Аллея науки. 2018. Т. 6, № 5(21). С. 1032-1036.

7. Кутепова Л.И., Смирнова Ж.В., Комлева В.Ш., Стряпихина А.А. Скрайбинг как технология визуализации образовательного процесса // Балтийский гуманитарный журнал. 2021. Т. 10, № 3(36). С. 153-156.

8. Ильязова Л.М., Маркова Ю.А. Скрайбинг как современное средство обучения химии // Международный журнал экспериментального образования. 2018. № 10. С. 11-15.

9. Газейкина А.И., Конохова Д.А., Маскайкина И.В. Создание обучающего интерактивного видео с использованием технологии «скрайбинг» // Актуальные вопросы преподавания математики, информатики и информационных технологий. 2021. № 6. С. 224-230.

10. Безрукова Н.П., Вострикова Н.М., Безруков А.А. Современная лекция по естественнонаучной дисциплине – какой ей быть? // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24591> (дата обращения: 17.04.2024).

11. Агафонова И.П. Использование модели перевернутой класс при обучении химическим дисциплинам будущих фармацевтов // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. С. 166-168.

УДК 378.14
DOI 10.17513/snt.40093

ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ АСПИРАНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА

Алпатова А.И.

*ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации,
Москва, email: anna.alpatova@list.ru*

Цель работы заключается в реализации технологии организации самостоятельной работы в качестве средства, обеспечивающего формирование у аспирантов медицинского вуза универсальных компетенций. В статье рассматривается общее понимание самоорганизации деятельности на основании учета позиции личностного подхода, а также в контексте разных исследований. Представлены элементы, представляющие структуру самоорганизации деятельности, а также рассмотрены ключевые функции данной деятельности, возможности ее обеспечения. Описана процедура педагогического эксперимента, направленного на формирование универсальных компетенций аспирантов медицинского вуза средствами технологии организации самостоятельной работы. В качестве методов, позволяющих оценить готовность аспирантов медицинского вуза к самостоятельной работе были выбраны диагностические методики. Также инструментом оценки сформированности универсальных компетенций обучающихся выступили контрольно-оценочные материалы (входной контроль, итоговый контроль). По результатам стартовой оценки готовности аспирантов к самостоятельной работе и сформированности универсальных компетенций был выявлен недостаточный уровень, что послужило основой для проведения дальнейшего исследования (формирующего этапа эксперимента) – внедрения технологии организации самостоятельной работы как средства обучения, способствующего совершенствованию формирования универсальных компетенций, методическим продуктом которого стал маршрутный лист – алгоритмизированные системы заданий, направленные на усвоение необходимых профессиональных знаний в контексте репродуктивного, реконструктивного и творческого уровней сформированности универсальных компетенций. Оценка результатов итогового контроля позволила нам определить наличие положительной динамики сформированности универсальных компетенций аспирантов в процессе реализации технологии организации самостоятельной работы, что говорит об эффективности организованного исследования.

Ключевые слова: универсальные компетенции, ключевые компетенции, самостоятельная работа, технология организации самостоятельной работы, аспиранты медицинского вуза

THE TECHNOLOGY OF ORGANIZING INDEPENDENT WORK AS A MEANS OF FORMING UNIVERSAL COMPETENCIES OF GRADUATE STUDENTS OF A MEDICAL UNIVERSITY

Alpatova A.I.

*I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health
of the Russian Federation, Moscow, email: anna.alpatova@list.ru*

The purpose of the work is to implement the technology of organizing independent work as a means to ensure the formation of universal competencies among graduate students of a medical university. The article examines the general understanding of self-organization of activities based on taking into account the position of a personal approach, as well as in the context of various studies. The elements representing the structure of self-organization of activities are presented, as well as the key functions of this activity and the possibilities of its provision are considered. The procedure of a pedagogical experiment aimed at the formation of universal competencies of graduate students of a medical university by means of technology for organizing independent work is described. Diagnostic methods were chosen as methods to assess the readiness of graduate students of a medical university to work independently. Control and evaluation materials (entrance control, final control) also served as a tool for assessing the formation of universal competencies of students. According to the results of the initial assessment of the readiness of graduate students for independent work and the formation of universal competencies, an insufficient level was revealed, which served as the basis for further research (the formative stage of the experiment) – the introduction of technology for organizing independent work as a means of learning, contributing to the improvement of the formation of universal competencies, the methodological product of which was the itinerary – algorithmized task systems aimed at mastering the necessary professional knowledge in the context of reproductive, reconstructive and creative levels of formation of universal competencies. The evaluation of the results of the final control allowed us to determine the presence of positive dynamics in the formation of universal competencies of graduate students in the process of implementing the technology of organizing independent work, which indicates the effectiveness of organized research.

Keywords: universal competencies, key competencies, independent work, technology of organizing independent work, graduate students of a medical university

Введение

Подготовка высококвалифицированных медицинских работников, способных использовать инновации, управлять проектами, творчески мыслить и успешно сотрудничать в команде, имеет решающее значение для улучшения качества высшего медицинского образования и здравоохранения в целом.

Универсальные компетенции, являющиеся результатом современного высшего образования и определённые ФГОС 3++, полностью соответствуют этим требованиям. Они основаны на главных целях образования, структуре социального опыта и личного опыта, а также основных видах деятельности студента, способствующих освоению социального опыта, развитию навыков жизни и практической деятельности в обществе [1,2].

Таким образом, научная проблема заключается в обеспечении системы здравоохранения высококвалифицированными специалистами, обладающими универсальными компетенциями и способными эффективно решать различные задачи в области охраны здоровья населения.

Цель исследования заключается во внедрении технологии организации самостоятельной работы в качестве средства, обеспечивающего формирование у аспирантов медицинского вуза ключевых (универсальных) компетенций.

Материалы и методы исследования

В рамках исследования был проведен анализ отечественных источников, содержащих данные о сущности самостоятельной работы в условиях высшей школы; организован педагогический эксперимент по реализации технологии самостоятельной работы в контексте прохождения дисциплины «Педагогика и психология», способствующий формированию универсальных компетенций у аспирантов медицинского вуза.

В эксперименте приняли участие 402 аспиранта, обучающихся на 1 курсе медицинского вуза, среди которых 204 человека составили контрольную группу, 198 обучающихся – экспериментальную, на базе Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет).

В качестве методического инструментария, позволяющего оценить готовность аспирантов медицинского вуза к самостоятельной работе, были выбраны следующие методики: «Опросник самоорганизации деятельности», «Беседа по организации самостоятельной работы при обучении».

Обработка результатов была основана на подсчете определенных аспирантов критериев по каждому из утверждений, а также соотносению полученных результатов с ключом. По результатам количественного подсчета данных, была определена выраженность той или иной шкалы, определяющей личностные характеристики аспиранта: целеустремленность, плановность, настойчивость, фиксация, самоорганизация, ориентация на настоящее.

Педагогический эксперимент в рамках диссертационного исследования предполагал определение уровня освоенности универсальных компетенций, что включало оценку личных и профессиональных качеств аспирантов медицинского вуза.

Для аспирантов медицинских вузов были определены следующие универсальные компетенции: способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1); способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5); способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6) [3].

Оценка первоначального уровня сформированности универсальных компетенций была основана на материале входного контроля, предполагающего решение ситуационных задач и выполнение творческого задания.

Формирующий этап исследования был организован в рамках прохождения педагогической практики и представлял собой проведение лекционных и практических занятий с аспирантами экспериментальной группы.

На контрольном этапе происходила оценка результатов работы, демонстрирующая наличие динамики в сформированности универсальных компетенций аспирантов медицинского вуза.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследования Шарипова Б.Р. [4, с. 20], Цзян Гуаньнань [5, с. 17], Батакова Б.Л. [6, с. 7], Бехтер А.Ю. [7], Зиязиевой Л.Р. [8], Кисилевой А.В. [9] и других учёных показывают, что технология организации самостоятельной работы представляет собой системное образование, состоящее из специально организованной учебно-творческой активности преподавателя и студента, направленной на самообразование, самоорганизацию и самоконтроль. Эта технология

способствует достижению дидактических целей и создаёт благоприятные условия для участников образовательного процесса.

Технологию организации самостоятельной работы можно представить как последовательность действий, направленных на достижение ожидаемых результатов. Эта последовательность включает следующие компоненты: определение целей и задач, педагогических условий обеспечения эффективности образовательного процесса (целевой компонент); определение содержания деятельности участников образовательного процесса (содержательный компонент); отбор средств для достижения качественного результата в соответствии с поставленными целями (операционно-деятельностный компонент) и контроль, оценка и корректировка результатов реализованной деятельности (оценочно-результативный компонент) [10, с. 8, 11].

Технология организации самостоятельной работы аспирантов медицинского университета, направленная на развитие универсальных компетенций, состоит из следующих компонентов.

1. Целевой компонент: формирование у аспирантов медицинских вузов универсальных компетенций. Педагогическим условием является ориентация образовательного процесса на расширение познавательной открытости аспирантов.

2. Содержательный компонент: самообразовательная деятельность аспирантов на основе подготовленных методических материалов.

3. Операционно-деятельностный компонент: комбинация элементов дистанционного и традиционного обучения, использование кейс-методов (анализ ситуаций, маршрутные листы), сочетание теоретической, практической и индивидуальной деятельности аспирантов медицинских университетов.

4. Оценочно-результативный компонент: самооценка деятельности обучающихся (заполнение листов самооценки и рефлексии) [12, с. 95].

Результаты констатирующего этапа педагогического эксперимента, проведённого с помощью диагностических методов, выявили недостаточную сформированность следующих аспектов:

– волевые качества аспирантов контрольной группы, проявляющиеся в трудностях завершения начатых дел и преодолении препятствий;

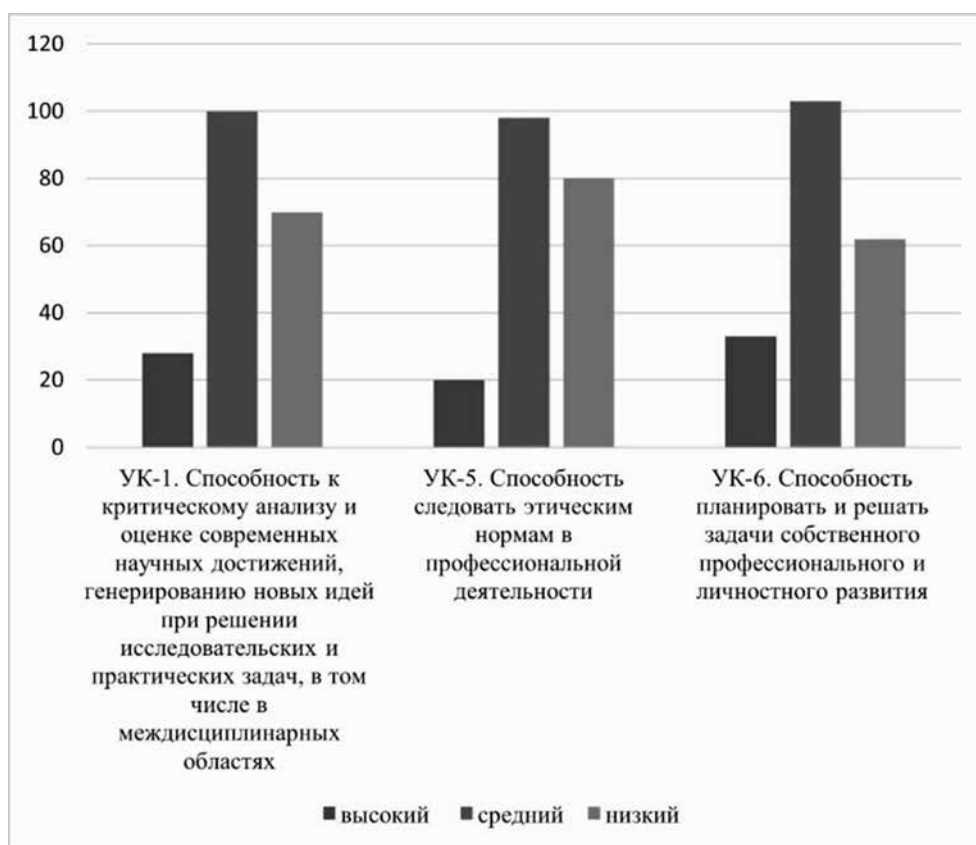
– ценностно-смысловые качества аспирантов, связанные с низким уровнем мотивации к учебной и профессиональной деятельности;

– качества, относящиеся к профессиональной сфере деятельности личности, такие как низкая способность к планированию, снижение уровня концентрации на выполнении задач, неспособность к нестандартным решениям и трудности в организации самостоятельной работы с использованием вспомогательных средств (ежедневники, планер).

Согласно результатам беседы, предпочитаемыми формами организации самостоятельной работы для 170 человек (83%) является внеаудиторная работа и только лишь для 34 человек (17%) – аудиторная, что обусловлено желанием большинства аспирантов работать индивидуально, в соответствии с собственным темпом работы и на основании учета личных интересов; видами самостоятельной работы, наиболее предпочитаемыми аспирантами контрольной группы, являются: моделирование (68 аспирантов), упражнения (44 человека), что обусловлено стремлением в получении практических навыков работы, средством раскрытия творческого потенциала личности; затруднениями при выполнении самостоятельной работы являются отсутствие помощи преподавателя, заключающейся в направлении и отслеживании им хода самостоятельной деятельности, четко разработанной системы критериев и оценки полученных практических результатов (обозначили 116 обучающихся), а также низкий уровень организации собственной деятельности (высказалось 88 аспирантов).

В ходе оценки стартового уровня сформированности универсальных компетенций (экспериментальная группа аспирантов) средствами входного контроля, предполагающего решение ситуационных задач и выполнение творческого задания, наиболее выраженными являются средний и низкий уровень сформированности рассматриваемых компетенций, что обуславливает необходимость совершенствования универсальных компетенций в аспирантуре медицинского вуза (рисунок).

Формирующий этап эксперимента проходил в рамках педагогической практики и состоял из лекционных и практических занятий. Лекции проводились по дисциплине «Педагогика и психология» на первом курсе аспирантуры и были посвящены темам «Организация научного исследования и его методология» и «Роль аспирантуры в развитии универсальных компетенций аспирантов». Цель этих занятий заключалась в том, чтобы сформировать у аспирантов понимание специфики научно-исследовательской работы и важности формирования мультифункциональных специалистов, способных успешно работать в разных областях.



Результаты входного контроля в экспериментальной группе на этапе констатирующего эксперимента

Особое внимание уделялось практическим занятиям, которые проводились в аудиториях Сеченовского университета с участием аспирантов. Методическим продуктом стали маршрутные листы — систематизированные задания для усвоения профессиональных знаний на репродуктивном, реконструктивном и творческом уровнях развития универсальных компетенций. Выбор этого образовательного инструмента был обусловлен его соответствием инновационным образовательным технологиям (кейсовой технологии), позволяющим самостоятельно изучать информацию с использованием различных источников.

Структура маршрутного листа соответствует компонентам образовательной деятельности и включает обязательные и вариативные части. Обязательные части включают постановку учебной цели, содержательное отражение выполняемой деятельности и самооценку результатов. Вариативные части маршрутного листа предполагали выполнение непосредственной практической деятельности и были определены тематикой практических занятий.

Оценка качества выполнения маршрутных листов осуществлялась как преподавателем на основе предоставленных аспирантами результатов практической деятельности согласно разработанной системе критериев, которая учитывает степень выраженности показателей универсальных компетенций и оценивается баллами от 0 до 2, а также уровнями (высоким, средним и низким), так и самим обучающимся с помощью «Листа самооценки», который позволяет оценить уровень сформированности универсальных компетенций аспиранта и определить наличие положительной или отрицательной динамики.

После завершения практико-ориентированной работы аспирантам было предложено пройти итоговую проверку, состоящую из ситуационных задач (двух) и выполнения творческого задания, предполагающего создание собственной профессиограммы. Как и на этапе входной проверки, оценивалась степень сформированности универсальных компетенций у аспирантов первого года обучения в медицинском университете.

Сравнительные результаты исследования на констатирующем и контрольном этапах

Универсальные компетенции	входной контроль			итоговый контроль		
	высокий	средний	низкий	высокий	средний	низкий
УК-1. Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	10	103	85	28	100	70
УК-5. Способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности	17	86	95	20	98	80
УК-6. Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	23	97	78	33	103	62

Сравнительный анализ результатов входной и итоговой проверок позволил выявить положительную динамику в степени сформированности универсальных компетенций, что обусловлено значительным увеличением показателей, характеризующих высокий уровень сформированности, а также снижением низкого уровня на итоговом этапе контроля (таблица).

Заключение

В современном мире формирование универсальных компетенций является важной составляющей образовательной системы, в том числе в высших учебных заведениях. Качественная организация самостоятельной работы в аспирантуре медицинского университета способствует развитию универсальных компетенций, необходимых для успешной профессиональной деятельности.

Технология организации самостоятельной работы имеет большое значение для формирования ключевых компетенций аспирантов медицинского университета. Она способствует развитию исследовательских навыков, аналитического мышления, критического подхода к информации и систематизации знаний, что подтверждает готовность выпускников к успешной профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Клинг В.И., Сивоконева Ю.М. Управление процессом развития, формирования и оценки универсальных компетенций в условиях академической среды медицинского вуза // Педагогическое образование в России. 2022. № 4. С. 77-88.

2. Болдырева Н.В., Болдырева Н.П. Ключевые компетенции в современных условиях // Вестник евразийской науки. 2022. № 2. С.1-9.

3. Карпушина Ю.А., Кутузова З.Ю. Особенности измерения и оценки универсальных компетенций у студентов вузов // Концепт. 2022. – № 6. С. 139-153. URL: <http://e-koncept.ru/2022/221049.htm> (дата обращения: 12.05.2024).

4. Шарипов Б.Р. Формирование профессионально-ориентированной самообразовательной деятельности студентов вузов в условиях применения информационно-коммуникационных технологий: дис. ... канд. пед. наук. Куляб, 2020. 150 с.

5. Цзян Гуаньнань Самообразовательная деятельность студентов в условиях информатизации образования в Китае: дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2022. 163 с.

6. Батаков Б.Л. Организация самостоятельной учебной деятельности студентов, обучающихся по индивидуальному плану, на основе электронных образовательных ресурсов в вузах физической культуры и спорта: дис. ... канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 2021. 194 с.

7. Бехтер А.Ю. Самостоятельная работа как основа профессионального саморазвития магистрантов технических специальностей неязыкового вуза // Педагогический журнал. 2017. № 3А. С. 148-156.

8. Зиязиева Л.Р., Евлоева М.Б., Ргебаева Р.М. Технология организации самостоятельной работы студентов в вузах // Current scientific research: Collection of scientific articles / Science editor S.I. Drobayzko. Publishing house «BREEZE», 2017. С. 213-215.

9. Кисилева А.В. Самостоятельная работа студентов: традиции и новые подходы // Современная высшая школа: инновационный аспект. 2016. № 3. С. 92-101.

10. Анисимова Н.А., Шевченко С.В. Организация самостоятельной исследовательской работы аспирантов медицинского вуза при обучении иностранному языку // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 3-1 (66). С. 6-10.

11. Янгиева Н., Мирбабаева Ф., Акшей К. Организация самостоятельной работы студентов медицинских вузов // in Library. 2021. № 1. С. 410-413.

12. Осипов М.В. Формирование метакомпетентности обучающихся в образовательном процессе вуза: дис. ... канд. пед. наук. Красноярск, 2023. 178 с.

УДК 372.853:378.1
DOI 10.17513/snt.40094

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАЧ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА»

¹Аношина О.В., ²Шумихина К.А.

*ФГАОУ ВО Российский государственный профессионально-педагогический университет,
Екатеринбург, e-mail: anoshina@inbox.ru;*

*²ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: k.a.shumikhina@urfu.ru*

Анализируя недавние изменения в контрольно-измерительных материалах ОГЭ и ЕГЭ по дисциплине «Физика», можно сделать вывод о тенденции повышения внимания к практическим заданиям, что подразумевает сосредоточение не только на базовых теоретических знаниях, но и на их применении на практике. Внедрение задач, близких к реальной жизни, на всех ступенях обучения – от школьного до университетского уровня, является центральным элементом в формировании профессионалов нового поколения, которые будут готовы к эффективной и конкурентоспособной работе в современном мире. В данной работе анализируются распространенные виды задач, ориентированных на практику, их функции, роль и место в учебном процессе, а также представлены рекомендации по их созданию и эффективному применению. Показано, что использование практико-ориентированных задач в образовательном процессе позволяет сделать обучение более эффективным и интересным, развивает творческое мышление и способность к инновациям, умение анализировать и синтезировать информацию, а также способствует развитию у учащихся навыков, необходимых для успешной деятельности в современном обществе. Это обеспечивает соответствие образовательным стандартам и делает выпускников учебного заведения конкурентоспособными на рынке труда.

Ключевые слова: физика, задачи с практическим содержанием, практика, мониторинг качества образования, профессиональные навыки

ADVANTAGES OF USING PRACTICE-ORIENTED TASKS IN THE EDUCATIONAL PROCESS ON THE EXAMPLE OF PHYSICS

¹Anoshina O.V., ²Shumikhina K.A.

*Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg, e-mail: anoshina@inbox.ru;
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin», Yekaterinburg,
e-mail: k.a.shumikhina@urfu.ru*

Analyzing recent changes in the control and measuring materials of the Basic State Exam and the Unified State Exam in physics, we can conclude that there is a tendency to increase attention to practical tasks, which implies focusing not only on basic theoretical knowledge, but also on their application in practice. The introduction of tasks close to real life at all levels of education – from school to university level, is a central element in the formation of a new generation of professionals who will be ready for effective and competitive work in the modern world. This paper analyzes common types of practice-oriented tasks, their functions, role and place in the educational process, and provides recommendations for their creation and effective use. It is shown that the use of practice-oriented tasks in the educational process makes learning more effective and interesting, develops creative thinking and the ability to innovate, the ability to analyze and synthesize information, and contributes to the development of students' skills necessary for successful activity in modern society. This ensures compliance with educational standards and makes graduates of the educational institution competitive in the labor market.

Keywords: physics, tasks with practical content, practice, monitoring the quality of education, professional skills

Введение

Внедрение задач с практическим содержанием в курс физики всех уровней и направлений подготовки является одним из методов решения проблемы снижения интереса обучающихся к естественно-научным дисциплинам, что отражено в концепции развития образования в РФ [1]. Этот подход помогает обучающимся установить связь между теоретическими знаниями и практическими умениями, улучшить понимание материала, способствует развитию

аналитического мышления и проблемно-ориентированного подхода, что является неотъемлемой частью успешной профессиональной деятельности. Практические задачи могут быть связаны с реальными ситуациями, экспериментами или промышленными приложениями физики [2].

В контексте практико-ориентированных задач авторы [3-5] подразумевают те, которые базируются на реальных ситуациях из повседневной жизни и направлены на развитие у обучающихся полезных на-

выков для их будущей деятельности. Согласно требованиям федерального образовательного стандарта, образовательные программы должны содействовать формированию у обучающихся необходимых качеств для успешной адаптации в современном мире. Кроме того, этот подход помогает студентам высших и средних специальных учебных заведений приобрести целостное понимание физических процессов и закономерностей, стимулирует развитие аналитических и критических способностей мышления.

Цель образования отражена в Федеральном законе от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», который подчеркивает, что образовательный процесс должен стать важным фактором для самоопределения каждой личности, создавая благоприятные условия для ее самореализации. Это не просто передача знаний, но и воспитание граждан, способных к активному участию в жизни общества и укреплению правовой системы государства. В этом контексте физические задачи с практическим содержанием являются эффективным инструментом для развития у учащихся не только теоретических знаний, но и практических навыков.

Согласно ФГОС ОО от 31.05.2021 № 287 [6], функциональная грамотность является фундаментальным аспектом современного образования. Этот термин означает способность человека применять приобретенные знания и умения для решения различных задач в учебной среде или в повседневной жизни. Такие компетенции критически важны для эффективного обучения и интеграции в профессиональную среду. Оценка уровня функциональной грамотности осуществляется посредством ряда исследований, включая известное международное исследование PISA. Исследование определяет грамотность как в широком, так и в узком контексте, акцентируя внимание на возможности людей способствовать развитию своих стран и адаптации к меняющимся условиям современного общества. В России Федеральный институт оценки качества образования тщательно следит за результатами страны в рамках PISA, что позволяет анализировать и отслеживать прогресс в области образования и развития гражданских компетенций. К сожалению, Российская Федерация долгое время занимает низкое место в рейтинге PISA. Низкая успеваемость российских школьников часто объясняется тем, что предлагаемые задания нестандартны и требуют не только понимания, но и применения навыков грамотного чтения, умения анализировать текст, пони-

мать его суть и применять знания на практике. Обучающимся необходимо готовиться к демонстрации своей готовности использовать математические, языковые и другие умения. Недавние изменения в контрольно-измерительных материалах ОГЭ и ЕГЭ указывают на то, что сейчас больше внимания уделяется практическим заданиям, что помогает ученикам сосредотачиваться не только на базовых теоретических знаниях, но и на их применении на практике [7].

В связи с вышеизложенным **целями данного исследования** являлись изучение основных типов практико-ориентированных задач, выявление их функций, разработка методики создания данных задач и обоснование их использования в учебном процессе по дисциплине «Физика».

Материалы и методы исследования

Задачи с практическим уклоном в рамках курса физики – это уникальный инструмент, который направлен на укрепление умений обучающихся применять теоретические знания в повседневных ситуациях. Они позволяют не просто изучать физические законы, но и использовать их для решения реальных задач (например, расчет потребления энергии бытовыми приборами), при моделировании физических процессов (например, моделирование движения тела, брошенного под углом к горизонту), экспериментальном изучении физических явлений (например, измерение ускорения свободного падения с помощью математического маятника), использовании физических принципов в технике и технологиях (например, расчет параметров электрической цепи).

На рисунке 1 представлена блок-схема, иллюстрирующая классификацию практико-ориентированных задач, реализуемых в образовательном процессе по дисциплине «Физика» [8]. На начальном этапе обучения (среднее звено) наиболее эффективным будет использование образно-графических и видеозадач, направленных на познание законов и явлений окружающего мира. При этом целью обучения является вызвать интерес детей к изучению естественных наук, что легко достигается посредством использования образно-графических задач в виде мультфильмов и компьютерных игр. Решение подобного типа задач основано на логических рассуждениях с применением основных физических законов и направлено на более глубокое понимание сути физических процессов.

Кроме того, решение качественных задач может быть успешно реализовано в командных играх, которые развивают также и коммуникативные навыки обучающихся.



Рис. 1. Блок-схема «Классификация практико-ориентированных задач»



Рис. 2. Блок-схема «Основные функции практико-ориентированных задач»

На следующей ступени обучения (старшее звено) необходимо внедрять в образовательный процесс все типы задач, рассмотренных на блок-схеме (рис. 1), например вычислительные задачи повышенного и высокого уровня, поскольку обучающие уже могут использовать наряду с логическими

рассуждениями математический аппарат для решения вычислительных задач, экспериментальных задач с использованием натурального и виртуального эксперимента, а также комбинированных задач. Для классов с углубленным изучением естественных наук задачи с практическим содержанием

могут стать базой для подготовки к участию в конкурсных мероприятиях различного уровня (олимпиадах, турнирах и т.п.). На этапе получения профессионального образования в учебном процессе используются задачи, адаптированные к профилю обучения подготовки квалифицированных специалистов.

На рисунке 2 представлена блок-схема, отражающая основные функции задач с практическим содержанием, описаны компетенции, которые формируются в процессе обучения при реализации практико-ориентированного подхода. Анализируя представленную на рисунке 2 блок-схему, можно сказать, что практико-ориентированный подход позволяет повысить мотивацию к обучению, развить аналитическое мышление, сформировать исследовательские и творческие навыки. Задачи повышенного и высокого уровня сложности часто требуют от обучающихся нестандартных методов их решения и способности к прогнозированию результатов, что способствует более глубокому пониманию материала.

Развитие данного подхода в методике обучения физике направлено на формирование компетенций выпускников всех ступеней образования, необходимых в реальной жизни, а также в профессиональной сфере деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

На рисунке 3 представлены этапы разработки и возможности применения практико-ориентированных задач. При состав-

лении данных задач рекомендуется придерживаться следующих принципов.

1. Задачи должны обеспечивать связь теоретических законов с реальными жизненными ситуациями, экспериментами или промышленными приложениями физики.

2. Задачи должны предоставлять возможности для применения знаний в будущем, что подразумевает их актуальность для предстоящей профессиональной деятельности студентов.

3. Сложность задач должна соответствовать уровню подготовки обучающихся. Например, увеличение сложности заданий может привести к потере мотивации у обучающихся к учебе и, как следствие, к снижению производительности обучения обучающихся с низким уровнем подготовки. Однако излишняя простота задач также может вызывать у «сильных» учащихся снижение интереса к учебному процессу и замедлить их развитие.

4. Использование наглядных материалов должно являться одним из основных условий при создании практико-ориентированных задач, поскольку способствует развитию концентрации внимания у обучаемых и увеличению эффективности образования путем активного привлечения органов чувств к восприятию и пониманию изучаемого материала.

Реализация практико-ориентированных технологий на школьном этапе подразумевает не только решение и разбор задач непосредственно на уроке, но и разработку учащимися подобных задач самостоятельно в качестве домашнего задания.

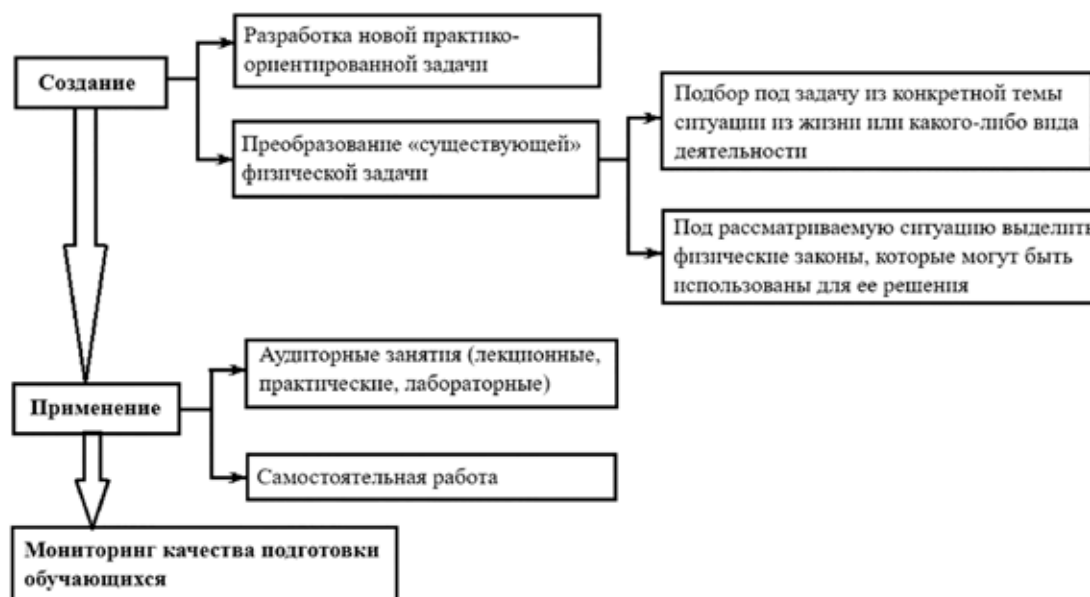


Рис. 3. Основные этапы разработки и дальнейшего использования задач с практическим содержанием

Такой подход, демонстрирующий многофункциональность применения практико-ориентированных задач, был реализован на площадке МАОУ Лицей № 128 г. Екатеринбург для 10-х и 11-х классов физико-математического профиля. Задачи с практическим содержанием также были включены в виде демонстрационных опытов при изложении теоретического материала, что позволило избежать «сухого изложения теории» и превратить урок физики в дискуссию. Во внеурочной деятельности в рамках дней науки проводились командные игры, которые дали возможность продемонстрировать не только знание теоретического материала, но и умение применять его на практике. Кроме того, использование задач с практическим содержанием в рамках проектной деятельности позволило повысить интерес обучающихся к естественно-научным дисциплинам. Результат мониторинга степени удовлетворенности обучающихся качеством оказания образовательных услуг показал увеличение мотивации к обучению и, как следствие, рост успеваемости.

При внедрении практико-ориентированных технологий в образовательный процесс высших и средних профессиональных учебных заведений необходимо учитывать требования работодателей, предъявляемые к профессиональным навыкам будущих сотрудников. Для этого учебно-методические сопровождения дисциплин профессиональных образовательных программ должны быть адаптированы под особенности направления подготовки студентов. Включение практико-ориентированных задач возможно в лекционные демонстрации, в практические и лабораторные занятия. В работе [9] в качестве примера описана одна из возможностей применения задач с практическим содержанием при создании и внедрении лабораторного физического практикума. Привлечение студентов в этот процесс возможно в рамках научно-исследовательской работы, как это успешно реализовано в РГППУ (г. Екатеринбург) [10]. Кроме того, интерес науки к высшему образованию растет, что обусловлено необходимостью привлечения молодых специалистов, освоения инновационных технологий. Как следствие, это приводит к повышению спроса на высококвалифицированных выпускников.

В настоящее время 90% работоспособного населения взаимодействует с медиа и информационными технологиями. ИТ-революция, происходящая в настоящее время, требует нового поколения специалистов, способных соответствовать из-

меняющимся требованиям современного мира. Практико-ориентированные технологии оказывают значительное влияние на развитие обучающихся на каждом этапе образования, выполняя не только обучающие функции предоставления знаний, но и контролирующие в виде мониторинга качества обучения.

Заключение

Рассмотрены основные типы практико-ориентированных задач, наиболее подходящих для использования при обучении дисциплине «Физика». Разработана методика создания задач для использования в рамках образовательного процесса по физике, демонстрирующая возможность значительного улучшения процесса обучения на всех ступенях – от школьного до университетского уровней. Внедрение задач, близких к реальной жизни, является ключевым компонентом в подготовке высококвалифицированных специалистов, способных успешно конкурировать на рынке труда. Такой подход в процессе обучения формирует у студентов владение профессиональными навыками, соответствующими требованиям работодателей, готовит их к непрерывному саморазвитию, к социальной и профессиональной мобильности, а также удовлетворению личных образовательных потребностей. Практические задачи помогают студентам приобрести опыт организаторской деятельности и разработать систему теоретических знаний, что обеспечивает соответствие образовательным стандартам и делает выпускников учебного заведения конкурентоспособными на рынке труда.

Список литературы

1. Концепция преподавания учебного предмета «Физика» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы. Утв. решением Коллегии Министерства просвещения Российской Федерации от 03.12.2019 № ПК-4вн. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/t/60b620e25e4db7214971c16f6b813b0d/download/2676/> (дата обращения 22.05.2024).
2. Бухарева Г.Д. Задачи с производственно-техническим содержанием как одно из средств реализации политехнического принципа при обучении физики: дис. ... канд. пед. наук. Челябинск, 1987. 217 с.
3. Канаева Т. А. Профессиональное становление студентов СПО в контексте практико-ориентированных технологий // Современные исследования социальных проблем. 2012. № 12 (20). URL: <http://www.sisp.nkras.ru/> (дата обращения 22.06.2024).
4. Фролов И.В., Володин А.М., Курдин Д.А. Практико-ориентированные физические задачи как средство развития функциональной грамотности обучающихся // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32928> (дата обращения: 26.04.2024). DOI: 10.17513/spno.32928.

5. Арнст Е.А. Использование практико-ориентированных заданий на учебных занятиях в ходе реализации требований ФГОС нового поколения // Образование. Карьера. Общество. 2020. № 4 (67). С. 32-34.
6. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утв. приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287. [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027> (дата обращения 22.05.2024).
7. Галян С.В. Метапредметный подход в обучении школьников: Методические рекомендации для педагогов общеобразовательных школ. Сургут: РИО СурГПУ, 2014. 64 с.
8. Малышева С.Ю., Орлова Л.В. Практико-ориентированные задачи: структура, уровни сложности и алгоритм их составления. [Электронный ресурс]. URL: <http://festival.1september.ru/articles/642510/> (дата обращения: 25.06.2024).
9. Аношина О.В., Шумихина К.А. Преимущества использования виртуального физического практикума в условиях пандемии // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=30955> (дата обращения 22.05.2024). DOI: 10.17513/spno.30955.
10. Аношина О.В., Шумихина К.А., Ермаков Е.М., Ванюшин Н.М., Завгородний Д.Д. Цифровые лаборатории как инструмент инженерно-педагогического образования // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: материалы 28-й Международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 23–24 мая 2023 года). Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2023. С. 240–244.

УДК 378.14
DOI 10.17513/snt.40095

РАЗВИТИЕ ФИНАНСОВОЙ ГРАМОТНОСТИ БАКАЛАВРОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Бочков Д.В.

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный педагогический университет», Оренбург,
e-mail: dionisoren@mail.ru*

В нестабильных социально-экономических условиях, при воздействии западных санкций и попытках расшатать экономику России, активизации мошеннических схем изъятия денег у населения, информатизации общества особую актуальность в жизнедеятельности человека приобретает вопрос овладения знаниями и навыками в области управления финансами домашних хозяйств. Показателями финансовой грамотности субъекта являются его рациональное обращение с деньгами, принятие взвешенных и обдуманных решений в управлении своими финансовыми потоками, его осознанное поведение в случаях общения с мошенниками. С учетом растущего значения формирования финансовой компетентности педагогов в системе образования и учащихся особое внимание уделяется этому вопросу в высшем образовании, начиная с базовой его ступени – уровня бакалавриата. Компетентный в области финансовой деятельности педагог будет в дальнейшем оказывать влияние на формирование финансовой грамотности своего окружения, а именно подрастающего поколения. В материалах статьи аргументированно представлен авторский подход к преодолению затруднений у студентов-бакалавров, обучающихся по педагогическим программам, в развитии финансовой грамотности на основе компетентного подхода. Исследование направлено на определение путей развития финансовой компетентности у студентов бакалавриата педагогических программ с использованием информационно-образовательной среды Оренбургского государственного педагогического университета. Цель исследования состоит в выявлении перспективных направлений организационно-педагогической работы по развитию финансовой компетентности студентов педагогических программ. Автор описывает практические направления реализации в образовательном процессе педагогического университета технологии взаимодействия с обучающимися по программам бакалавриата на примере освоения темы «Кредитно-финансовые отношения в экономике» в рамках дисциплины «Финансово-экономический практикум». Обоснованы инструменты, применяемые в рамках образовательной работы, которые обеспечивают эффективное взаимодействие со студентами, дополняя традиционные формы проведения занятий интерактивными приемами взаимодействия со студентами.

Ключевые слова: бакалавриат, педагогическое образование, финансовая компетентность, финансовая грамотность, методическая работа

DEVELOPMENT OF FINANCIAL LITERACY OF BACHELORS OF PEDAGOGICAL EDUCATION

Bochkov D.V.

Orenburg state pedagogical university, Orenburg, e-mail: dionisoren@mail.ru

In unstable socio-economic conditions, the impact of Western sanctions and attempts to undermine the Russian economy, the activation of fraudulent schemes for withdrawing money from the population, and the informatization of society, the problem of mastering knowledge and skills in the field of household finance management is becoming particularly relevant in human life. The specifics of a financially literate subject lies in his rational handling of money, in making balanced and deliberate decisions in managing his financial flows, his conscious behavior in cases of communication with scammers. Given the growing importance of the formation of financial competence of teachers in the education system and students, special attention is paid to this issue in higher education, starting from its basic stage – the bachelor's degree level. A competent teacher in the field of financial activity will continue to influence the formation of financial literacy in his environment, namely the younger generation. The materials of the article substantiate the author's approach to overcoming difficulties for undergraduate students studying under pedagogical programs for the development of financial literacy based on a competence-based approach. The research is aimed at identifying ways to develop financial competence among undergraduate students of pedagogical programs using the information and educational environment of Orenburg State Pedagogical University. The purpose of the study is to identify promising areas of organizational and pedagogical work for the development of financial competence of students of pedagogical programs. The author describes the practical directions of implementation in the educational process of the Pedagogical University of the technology of interaction with students of bachelor's degree programs on the example of mastering the topic «Credit and financial relations in economics» within the framework of the discipline «Financial and economic workshop». The author substantiates the tools used in the framework of educational work that ensure effective interaction with students, complementing traditional forms of classes with interactive methods of interaction with students.

Keywords: bachelor's degree, pedagogical education, financial competence, financial literacy, methodical work

Введение

Распоряжением Правительства РФ от 25 сентября 2017 г. № 2039-р «Об утверждении Стратегии повышения финансовой грамотности в Российской Федерации на 2017–2023 годы» был запущен механизм формирования у населения модели разумного финансового поведения в повседневных жизненных ситуациях. В Оренбургской области плановые мероприятия были запущены к исполнению постановлением Правительства Оренбургской области от 23.08.2021 № 735-пп [1].

Плановые программные мероприятия осуществляются путем реализации образовательных и просветительских проектов на основе очного и заочного обучения, а также посредством цифровых ресурсов на региональном и федеральном уровнях, что позволило за указанный период обеспечить информационное пространство финансовыми знаниями.

Особое внимание уделяется наиболее уязвимым категориям граждан: пенсионерам, инвалидам, детям-сиротам и детям, оставшимся без попечения родителей, молодым людям. Основными участниками реализации стратегии выступили различные министерства и ведомства под руководством Министерства финансов Российской Федерации. Это позволило подготовить и реализовать цифровые ресурсы, способствующие формированию у населения понимания процессов в рамках решения инвестиционных, налоговых, пенсионных, бюджетных задач, а также формированию инициативного бюджетирования, цифровой и киберграмотности населения.

Содержательная часть программных материалов позволяет получить ответ на вопрос: почему Правительство так озабочено финансовой грамотностью населения? Ответ лежит на поверхности. Рост финансовой грамотности населения: понимание субъектом механизма планирования своих личных финансов, рациональное распределение расходной части семейного бюджета, умение различать излишние траты и обязательные платежи, умение оперировать различными способами сохранения и приумножения своих сбережений, обоснованное принятие решений о получении кредита, сокращение рисков мошенничества – способствует социальной и экономической стабильности в стране.

Полученные знания о финансах служат для граждан надежной защитой и эффективным инструментом при принятии сложных финансовых решений, формируют у среднестатистического человека способ-

ность разумно управлять своими личными финансами ресурсами, что оказывает прямое воздействие на стабильность экономики. Поэтому в настоящее время большое внимание уделяется формированию системного мышления у населения по управлению своими доходами и расходами посредством вовлечения субъектов в образовательные процессы.

В рамках обучения по педагогическим направлениям обозначенные тенденции ставят перед педагогом новые требования. Педагог должен владеть общими экономическими знаниями и обладать минимальными навыками для успешной реализации образовательного процесса с обучающимися любого уровня. Не менее важным является его умение создавать информационно-образовательное пространство и осознавать необходимость обеспечения финансовой безопасности обучающихся в социально-экономической среде.

Указанные аспекты отражены в нормативно-правовых актах, изданных на федеральном и региональном уровнях, что позволило установить унифицированные требования к разработке образовательных программ педагогической направленности, а также учебных планов и реализации в них типовых педагогических ядер, учитывающих необходимость формирования у студентов и педагогов общей финансовой компетентности.

Проведение исследования обусловлено противоречием между необходимостью развития финансовой грамотности у населения и отсутствием опыта у педагогов в области принятия финансовых решений, их нежеланием или неспособностью к компетентному обучению в данном направлении. Особенно это актуально для учебных заведений, где преподаватели без экономического образования осуществляют преподавание учебных дисциплин по менеджменту, экономике и финансам.

Необходимость развития финансовой грамотности общества через образовательную систему обусловлена ее важной ролью в обеспечении равных возможностей для всех членов общества независимо от их социального статуса и финансового положения.

Цель исследования: выявить потенциальные направления деятельности, способствующие улучшению финансовой грамотности студентов бакалавриата, проходящих обучение по программам 44.03.01 Педагогическое образование Направленность (профиль) подготовки «Управление воспитательной работой» и «Педагогический менеджмент в системе дополнительного

образования», 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) Направленность (профиль) подготовки Дошкольное образование и Специальная педагогика (инклюзивное образование).

Материалы и методы исследования

В данной публикации применены методы научного исследования, такие как анализ и синтез, наблюдение, обобщение опыта.

Результаты исследования и их обсуждение

Вопрос управления финансовыми ресурсами предприятиями и физическими лицами всегда актуализировался государством. В настоящее время Правительство РФ акцентировало внимание на финансовой грамотности физических лиц как основе социально-экономической стабильности общества. Для упрощения взаимодействия и распространения информации государство применяет современные информационные мультимедийные технологии как в образовании, так и в других сферах жизнедеятельности граждан.

Во всем мире для оценки финансовой грамотности населения используется концепция индекса общей финансовой осведомленности, который определяется суммой трех отдельных показателей: уровень понимания основных аспектов финансовых продуктов, инфляции, риска и доходности; способность лица принимать взвешенные рациональные финансовые решения; стремление человека к достижению долгосрочных финансовых целей на основе построения баланса между расходами и доходами.

По данным многофункционального аналитического центра Национального агентства финансовых исследований (НАФИ), начиная с 2018 года фиксируется положительная динамика роста финансовой грамотности населения. В 2024 году индекс финансовой грамотности граждан России составил 12,77 балла, когда в 2020 году он был 12,35 балла. Доля граждан, имеющих стремление к накопительному поведению, выросла до 33% от общего числа. Количество граждан, составляющих финансовые планы, достигло 48%. Кроме того, увеличился процент граждан, оплачивающих счета вовремя (82%) [2].

В феврале 2024 года НАФИ провело всероссийский опрос, в рамках которого были опрошены 1000 человек в возрасте от 18 лет и старше из 53 субъектов РФ. Выборка была составлена на основе официальной статистической информации Росстата по следующим критериям: гендерный признак, возраст, уровень образования, место проживания. По-

грешность данных при оценке финансовой грамотности не превышала 3,4% [3].

Указанные результаты получены благодаря целенаправленной и системной политике Правительства РФ в реализации образовательных программ, методического их сопровождения, распространении цифровых ресурсов с использованием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Все это предполагает компетентность сотрудников учебных заведений в области финансов и информационно-коммуникационных технологий, что позволяет им решать профессиональные задачи при обучении студентов.

Актуальные проблемы и характеристики финансового поведения субъектов исследовались в трудах зарубежных и отечественных ученых (К. Поланья, Д. Рикардо, Ю.Ю. Волкова, В.В. Радаева, П.М. Козырева и др.). Структурные компоненты финансового поведения исследовались в трудах: А.Е. Суриновой, М.С. Щербаль, С.А. Шашнова (общие вопросы рационального накопления и расходования средств); О.В. Кузиной, В.В. Глуховой, Н.В. Деминой, Д.А. Шевченко (вопросы инвестиционной грамотности); А.Н. Цыганкова, Д.В. Бочков, Г.В. Семеко, О.Л. Рубцова, Н.П. Сенченков (вопросы общепедагогической направленности подготовки населения по бюджетной грамотности).

На уровне высшего образования, учитываемая основные требования ФГОС ВО, было разработано и принято к реализации педагогическое ядро, в структуру которого в качестве обязательного элемента включается дисциплина «Финансово-экономический практикум», относящаяся к дисциплинам блока социально-гуманитарного модуля, она входит в состав дисциплин обязательной части образовательной программы.

В научной работе авторского коллектива Н.П. Сенченкова и А.Н. Цыганковой дается научное толкование содержания двух дидактических единиц – финансовая грамотность и финансовая компетентность. Исследователи обстоятельно доказывают, что финансовая компетентность является составной частью финансовой грамотности. При этом они утверждают, что финансовая грамотность является результатом знания компонента, реализованного в рациональном поведении субъекта в повседневных социально-экономических взаимоотношениях в обществе. Именно это обеспечивает его благополучное положение в обществе [4].

Анализ научной литературы позволил автору установить факт того, что исследователь О.Е. Кузина впервые ввела в отечественный научный оборот термин «фи-

нансовая компетентность», определив его как умение оперировать экономической и социальной информацией для принятия рациональных финансовых решений [5].

Опираясь на эти выводы, автор отождествляет финансовую грамотность студента-бакалавра и его финансовую компетентность, определяя как набор знаний, навыков и умений, необходимых для эффективного управления личными и общественными финансовыми ресурсами, его глубокое понимание и уверенное владение всеми аспектами финансовой деятельности на уровне семейного хозяйства. Финансовая компетентность бакалавра включает в себя способность анализировать и правильно интерпретировать финансовые данные, разрабатывать и контролировать финансовые планы, проводить инвестиционный анализ с учетом рисков и доходности, принимать эффективные решения, не наносящие ущерба. Данный комплекс компетенций позволяет бакалаврам принимать обоснованные финансовые решения и оптимизировать денежные потоки в различных экономических условиях. Необходимыми условиями современного образовательного процесса являются актуализация и развитие финансовой грамотности бакалавра педагогического образования. Освоение данной проблемы позволит расширить классические знания, приобретаемые студентом на занятиях, через призму жизненно необходимых компетенций:

– УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений (44.03.01 Педагогическое образование). Декомпозиция компетенции представлена следующим образом: ИУК2.1 Формулирует цели проекта, совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих достижение цели, определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач; ИУК2.2 Выбирает оптимальный способ решения задач проекта на всех этапах его жизненного цикла, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений; ИУК2.3 Участвует в управлении проектом, публично представляет результаты реализации проекта;

– УК-9 Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности (44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)). Декомпозиция компетенции представлена следующим образом: ИУК9.1 – Знает: основы финансовой грамотности; ИУК9.2 – Умеет: принимать обоснованные экономические решения; ИУК9.3 – Владеет: способами применения основ фи-

нансовой грамотности в процессе принятия обоснованных экономических решений в различных областях жизнедеятельности.

На реализацию дисциплины «Финансово-экономический практикум» по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) отведены 2 зачетные единицы, из которых 60 часов отведено на самостоятельное освоение материалов и предусмотрено 12 часов контактной работы (6 лекционных и 6 практических часов занятий). Программой предусмотрена промежуточная аттестация в форме зачета.

По направлению 44.03.01 Педагогическое образование отведена 1 зачетная единица, из которой 30 часов отведено на самостоятельное освоение материалов и предусмотрено 6 часов контактной работы (6 лекционных часов занятий). Программой формы промежуточной аттестации не предусмотрены.

Тематика изложения материала представлена следующими блоками.

Раздел 1. Стратегия повышения финансовой грамотности в Российской Федерации. Особое внимание уделено социально-экономической сущности финансов, их функциям, понятию финансовой системы и ее звеньям. Акцентировано внимание на финансовой политике государства, планировании и построении государственного бюджета, основах заполнения налоговой декларации, подготовке справки 2-НДФЛ и декларации 3-НДФЛ, практике заполнения справки 3-НДФЛ.

Раздел 2. Кредитно-финансовые отношения в экономике. Особое внимание уделено специфике деятельности коммерческих банков в планировании личных финансов, вопросам защиты от мошенничества в банковском секторе и сохранения своих личных сбережений.

Раздел 3. Страховые услуги населению и социальное страхование. Особое внимание уделено организации личного страхования.

Процесс формирования финансовой грамотности бакалавра включает в себя определенные методы и средства, которые помогают достичь поставленных целей в образовательной программе. Преподавательский состав понимает, что достижение успеха в этом процессе возможно лишь при использовании новых образовательных технологий, которые должны быть направлены на получение практических знаний и развивать соответствующие навыки. Но в качестве проблемы можно указать следующее. Часто студентам экономика представляется только в виде абстрактных моделей, которые слабо коррелируют с реальной

жизнью и ведением домашнего хозяйства, что не может быть применимо на практике. Учебные материалы и программы не всегда включают практические задания для студентов, которые можно было бы использовать в повседневных ситуациях [6, 7].

Помимо классических форм организации и проведения учебного процесса, в институте есть опыт работы с использованием системы электронного обучения, которая реализуется посредством проекта «Электронная образовательная среда» на основе технологии электронного обучения – платформы Moodle. Преподавательский состав обучен и квалифицированно осуществляет методическое сопровождение образовательного процесса в электронной среде, применяя передовые методы и технологии дистанционного обучения, такие как передача учебно-методической информации посредством аудио/видеотрансляций и лекций, аудио/видеоконференций, интерактивных презентаций, технологии SMART, тестирования с использованием Goggle таблиц и тестов и др.

Анализ электронной среды указывает на ряд недостатков в применении электронной среды преподавателями института. Так, например, в системе оценки успеваемости бакалавров отсутствуют эффективные методики использования интерактивных форм. В 2024 году данная проблема была решена посредством онлайн-тестирования с применением материалов федерального сайта «Ваши финансы» <https://vashifinancy.ru/>. В комплексном тестировании приняли участие 92 человека (4 группы), обучающихся по направлению бакалавриата «Педагогические специальности». За основу был принят тест базового уровня финансовой грамотности для взрослых по педагогическому направлению. Студенты проходили комплексный тест, который охватывал основные концепты финансовой грамотности. Результаты тестирования: 17% респондентов оказались за порогом нормы (менее 44 верных ответов из 80), у 75% определен средний уровень (50–60 верных ответов из 80), 8% – выше среднего и высокий уровень (от 60 верных ответов из 80). Время выполнения теста респондентами составило от 25 до 30 минут. После комплексного тестирования преподаватели провели анализ полученных результатов в разрезе основных блоков теста. «Западающие» темы были взяты на вооружение для корректировки содержания учебного процесса. Интересен факт, что наиболее «западающими» разделами оказались следующие: личные сбережения; защита прав потребителей; инвестиции. Остальные разделы были выполнены на среднем уровне.

Руководство ОГПУ признает значимость развития финансовой грамотности среди студентов, но необходимо продолжить работу над совершенствованием учебно-методического и программного обеспечения образовательных программ.

В ходе анализа выявлено, что в ИПиП ОГПУ возникают трудности с обеспечением необходимыми ресурсами процесса формирования и развития финансовой грамотности студентов:

- недостаточность нормативно-правовых основ информатизации образования и заключения договоров о внедрении финансовой грамотности в учебный процесс;

- мотивация как ресурс: отсутствие адекватной моральной поддержки для преподавателей при использовании интерактивных методов обучения, создании презентаций и видеоматериалов, разработке кейсов для группового обучения. Оценка мотивационной готовности педагогов к инновациям показывает, что основными барьерами в применении инновации выступают недостаточная информированность педагогов и убежденность их в том, что можно учить эффективно и «старыми» методами, а также большая нагрузка, чувство страха перед инновациями, отсутствие профессиональной помощи и поддержки;

- кадровой ресурс: отсутствие программ внутриорганизационного повышения квалификации по вопросу финансовой грамотности. Дисциплину «Финансовый практикум» реализуют специалисты не соответствующего профиля (кандидаты педагогических и психологических наук). При этом педагоги эффективно используют методические ресурсы сайтов проекта «Содействие повышению уровня финансовой грамотности населения и развитию финансового образования в Российской Федерации» <https://моифинансы.рф/> и <https://vashifinancy.ru/>, разработанные при координации Министерства финансов РФ и Всемирного банка. Использование данных ресурсов требует от преподавателей наличия информационно-коммуникационной компетентности;

- научно-методический ресурс, который не содержит методических материалов, утвержденных методическим объединением института, а также руководств и рекомендаций по изучению материалов по дисциплине. В работе не применяются сервисы для организации онлайн-викторин (например, [kathoot](https://kathoot.com/)), отсутствуют опросники для студентов, позволяющие дифференцировать уровень подготовки по финансовой грамотности;

- финансирование: присутствие сложностей в сфере оплаты интерактивных про-

ектов, оказания методической поддержки и проведения мероприятий по повышению финансовой грамотности бакалавров;

– недостаточное информирование преподавательского состава о возможностях использования новых образовательных платформ по финансовой грамотности, таких как «ваши финансы» или «мои финансы», и их возможностях в качестве информационного ресурса;

– материально-техническое оснащение: фактический ресурсный фонд состоит из устаревших технических средств, которые требуют обновления. Инфраструктура института устарела, она все еще подходит для реализации образовательных программ. В современных условиях необходимо постоянно обновлять оборудование и программное обеспечение для эффективной работы преподавателей и студентов ИПиП ОГПУ. Мультимедийные и информационные технологии информации играют важную роль в обучении сложным финансовым материалам, помогая студентам лучше усваивать материал. Эффективное мультимедийное сопровождение образовательного процесса имеет большое значение, поскольку обеспечивает возможность эффективного и разнообразного использования различных методов обучения, таких как видеолекции, предоставление студентам разнообразных видеоматериалов, презентаций опыта других участников. Использование различных форм передачи информации способствует более активному вовлечению студентов в учебный процесс, развитию их интереса к освоению области финансов, а также помогает становлению эффективного взаимодействия между субъектами образовательного процесса, что способствует построению эффективной системы обратной связи для корректировки учебно-методического обеспечения.

В научном обороте присутствует мнение, что обучение на основе мультимедийных технологий более мобильно и позволяет интегрировать различные виды учебной информации. Тем самым применение мультимедийных практик дает возможность эффективно организовывать учебный процесс [8].

Преподаватели ИПиП ОГПУ активно применяют данную концепцию в своей работе, используя кейс-методы, ролевые игры, интерактивные тренинги, мультимедийные формы работы. Рассмотрим наиболее актуальные из них.

1. Экономический (бизнес) симулятор – представляет собой способ мотивации студентов к изучению азов финансовой грамотности, который позволяет увлечь их, предоставив возможность моделировать

распределение семейного бюджета, принять роль инвестора, оформить кредит в банке или страховку в страховой компании и иное, не рискуя своими финансами в реальной жизни. Но при этом обучающийся получает практические навыки работы со стандартными финансовыми инструментами. В качестве примера приведем успешное применение двух экономических симуляторов:

– «Деньги не игрушка». Участвуют от 2 до 6 человек. Можно использовать для работы в подгруппах, в дальнейшем для оценки применять соревновательные механизмы, оценивая группы по рейтингу достижений в игре. Игра «Денежный поток» в игровой форме учит студента путем распределения своих доходов и расходов создать свое финансовое благополучие, помогает освоить основные правила рационального обращения с личными финансами, инвестировать и принимать решения по сбережениям. Тем самым происходит развитие навыков управления семейными активами, что позволяет сформировать личную стратегическую концепцию управления своими финансами.

– «Бизнес-новичок». Участвуют от 2 до 5 человек. Можно использовать для работы в подгруппах, в дальнейшем для оценки применять соревновательные механизмы, оценивая группы по рейтингу достижений в игре. Игра «Бизнес-новичок» позволяет попробовать себя в роли самозанятого, организовать свой стартап, собрав команду из однокурсников, распределив роли в этой игре. Участники имеют дело со сделками, делаями, проводят переговоры, заключают договоры, ищут инвесторов, берут кредиты в банке, занимаются рыночным шантажом. Тем самым игра учит продвигать свои идеи, заключать сделки, вести бюджет, запускать стартапы, осуществлять коммуникации.

2. Презентация. Предназначена для изучения новой темы, позволяет студентам визуально и аудиально воспринимать информацию, а преподавателю – демонстрировать динамику процессов, что значительно улучшает понимание и запоминание материала. Презентация способствует развитию навыков публичного выступления, логического мышления и организации материала. Благодаря использованию различных графических и текстовых материалов презентация делает процесс обучения более интересным.

3. Студенческий проект. Представляет собой результат самостоятельной работы студента, направленной на решение определенной задачи или проблемы. Обучающийся применяет полученные знания и навыки, структурирует собранную информацию,

выстраивает ее логически в текст, развивая свою творческую и аналитическую мысль. Основными целями студенческого проекта являются углубление знаний и понимания предмета, формирование профессиональных навыков и подготовка студента к будущей профессиональной деятельности.

4. Видеолекция, которая используется в рамках технологии перевернутого обучения, что предполагает изучение студентами материалов дома, после чего в аудитории проходят обсуждения, выполнение практических заданий и обмен идеями. Форма работы представляет собой записанное преподавателем видео, сопровождающее учебный материал. Новый материал усваивается вне аудитории, а домашние задания выполняются на занятиях.

Видеолекция предназначена для реализации зеркального обучения, что означает следующее: студенты дома изучают материалы по новой теме в соответствии с видеолекцией, подготовленной преподавателем в качестве методического сопровождения по освоению материала. После этого в аудитории проводятся обсуждения, а также выполнение заданий и обмен мнениями.

Такой подход позволяет обучающимся глубже понять материал, обработать более широкие пласты информации вне аудитории, привлекая различные ресурсы, недоступные в аудитории, развивать критическое мышление и более эффективно усвоить знания.

5. Презентационная лекция способствует активному общению и поведению на занятиях, развитию критического мышления у студентов, расширению их кругозора в области кредитно-финансовых отношений и банковских продуктов как частного случая, что обуславливает возникновение диалогов и дискуссий. Преподавание лекций такого типа играет важную роль в формировании критического мышления у студентов, помогая им осознать взаимосвязи между явлениями в банковском секторе, секторе криптовалюты, развивает умение обрабатывать разнообразную информацию, поощряет самообучение. Тем самым все это способствует достижению учебных целей.

Например, в процессе изучения темы «Взаимоотношения в сфере кредитования и финансов в экономике» в рамках курса «Финансово-экономический практикум» была создана и успешно используется новая методика проведения занятия – презентационная лекция с применением визуализации и QR-кодов. Выбор темы был обусловлен огромным массивом информации и сложным ее содержанием, требующим глубокого осмысления и выработки практических навыков ее применения в жизни.

Студентам была предложена мультимедийная разработка по теме, подготовлены и размещены в электронной образовательной среде ссылки на видеоматериалы и учебно-методические ресурсы сторонних источников. В качестве отчета по проделанной работе по освоению темы обучающиеся должны были представить методическую копилку в форме портфолио, разместив его в личном кабинете электронной образовательной среды института. Материал представлялся по следующей структуре компонентов портфолио.

1. Первый раздел формировался студентом по методу «Знал, узнал, хочу знать». Отражалась освоенная учебная литература посредством создания цифровых интеллектуальных карт по теме с использованием QR-кодов для материалов и презентаций. Оценка раздела педагогом осуществляется по глубине проработки загруженного материала.

2. Оформление студентами практической части работы.

3. Доклады и сообщения. Инновационным аспектом выступает включение интернет-ресурсов в арсенал, а также производится запись выступления студента. При оценке результатов преподавателем первоначально оценивается правильность подбора студентом материалов.

4. Для аттестации преподаватель использует сервисы Google и Moodle, а также проводятся фронтальные опросы.

Заключение

Умение бакалавра педагогического образования в области финансов – это способность анализировать и корректно интерпретировать финансовую информацию, разрабатывать и следить за финансовыми планами, проводить инвестиционный анализ с учетом рисков и доходности, принимая эффективные решения, не наносящие ущерба. Эти аспекты и представляют основу финансовой компетентности студента.

Создание качественной ресурсной базы позволит обучающимся уверенно освоить финансовые вопросы и ориентироваться в них, принимать обоснованные решения.

В ходе исследования была установлена положительная динамика в достижениях студентов, что говорит о том, что принятые меры по освоению учебных целей и созданные условия обучения действительно способствуют развитию финансовой грамотности обучающихся. Исследуемая компонента педагогического ядра программ бакалавриата в части реализации дисциплины «Финансовый практикум» производится успешно.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 25 сентября 2017 г. № 2039-р «Об утверждении Стратегии повышения финансовой грамотности в Российской Федерации на 2017 – 2023 гг.». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71675558/?ysclid=lygvxhym2f673435122> (дата обращения: 11.06.2024).
2. Индекс финансовой грамотности россиян – 2024 [Электронный ресурс]. URL: <https://nafi.ru/analytics/indeks-finansovoy-gramotnosti-rossiyan-2024/?ysclid=lwkg7oalui839442181> (дата обращения: 11.06.2024).
3. Ильченко А.А. Моделирование доктрины финансовой грамотности как фактора экономической безопасности домашних хозяйств // Журнал прикладных исследований. 2021. Т. 3, № 4. С. 40-48.
4. Сенченков Н.П., Цыганкова А.Н. К вопросу о трактовке понятия «финансовая грамотность» // Вестник Череповецкого государственного университета. 2021. № 3 (102). С. 211–219.
5. Кузина О.Е. Финансовая грамотность и финансовая компетентность: определение, методики измерения и результаты анализа в России // Вопросы экономики. 2015. № 8. С. 129–148.
6. Рубцова О.Л., Сычева И.А. Финансовая компетентность педагога как элемент формирования финансовой грамотности обучающегося // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 60-2. С. 304-307.
7. Семеко Г.В. Финансовая грамотность в России: проблемы и пути их решения // Экономические и социальные проблемы России. 2019. № 1. С. 70-98.
8. Боровков А.Б. Готовность учителя к использованию информационных технологий в педагогической деятельности как основа ИКТ-компетентности // Информационные технологии в образовании: сб. тр. XII межд. конф. Ч. 3. М., 2013. 348 с.

УДК 378.14.015.62
DOI 10.17513/snt.40096

СПЕЦИФИКА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 55.05.01 «РЕЖИССУРА КИНО И ТЕЛЕВИДЕНИЯ»

Быкова Н.И.

*ФГАОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
Омск, e-mail: bukovani@mail.ru*

Современная система высшего образования в Российской Федерации является важнейшим звеном подготовки кадров для реализации актуальных задач, которые ставятся правительством нашей страны перед образовательными организациями. Требования к выпускникам высших учебных заведений страны сегодня опираются на потребности различных отраслей экономики и культуры. Молодые специалисты должны быть готовы к современным реалиям: быть мобильными, креативными, деятельными, ориентированными на сформированные общепрофессиональные и профессиональные компетенции. В этой ситуации важную роль играет государственная итоговая аттестация как показатель подготовленности выпускников к профессиональной деятельности. Цель исследования – анализ потенциальных возможностей использования зачетных единиц, выделяемых на ГИА, в формировании профессиональных компетенций выпускника. Для достижения поставленной цели реализуются задачи, позволяющие выстроить образовательный процесс по индивидуальной траектории. В данном материале автор использует аналитический метод и метод описания собственного опыта. За основу взят опыт работы Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского, а именно государственная итоговая аттестация на факультете культуры и искусств. В результате исследования произведен анализ процесса модернизации федеральных государственных образовательных стандартов по специальности 55.05.01 Режиссура кино и телевидения, изучены современные тенденции проведения государственной итоговой аттестации, разработана модель поэтапной подготовки выпускной квалификационной работы по созданию мультимедийного проекта.

Ключевые слова: государственная итоговая аттестация, образовательный стандарт, компетенции, проект, факультет культуры и искусств

SPECIFICITY OF THE STATE FINAL CERTIFICATION IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN SPECIALTY 55.05.01 «FILM AND TELEVISION DIRECTING»

Bykova N.I.

Dostoevsky Omsk State University, Omsk, e-mail: bukovani@mail.ru

The modern system of higher education in the Russian Federation is the most important element in training personnel for the implementation of urgent tasks that the government of our country sets for educational organizations. The requirements for graduates of higher educational institutions in the country today are based on the needs of various sectors of the economy and culture. Young specialists must be prepared for modern realities: be mobile, creative, active, focused on developed general professional and professional competencies. The purpose of the study is to analyze the potential possibilities of using the credits allocated to the GIA in the formation of professional competencies of a graduate. To achieve this goal, tasks are being implemented that allow you to build the educational process along an individual trajectory. In this material, the author uses an analytical method and a method of describing his own experience. It is based on the experience of Omsk State University named after F. M. Dostoevsky, namely the state final certification at the Faculty of Culture and Arts. As a result of the research, an analysis of the process of modernization of federal state educational standards in the specialty 55.05.01 Film and television directing was carried out, modern trends in conducting state final certification were studied, a model of phased preparation of final qualifying work on the creation of a multimedia project was developed.

Keywords: state final certification, educational standard, competencies, project, faculty of culture and arts

Введение

Различные аспекты государственной итоговой аттестации (ГИА) интересуют исследователей на протяжении многих десятилетий, так как и правительством, и учеными ставятся вопросы качественной подготовки выпускников системы высшего образования. Исследователи обсуждают требования к государственной итоговой аттестации, формы контроля, методики проведения экзаменов и различные механизмы

проверки уровня качественной подготовки. Статьи, обращающиеся к вопросам ГИА, можно встретить во многих изданиях разного уровня. Ученые затрагивают проблему оценивания квалификации выпускников, обсуждают варианты проведения государственного экзамена, требования к сформированным компетенциям, различные аспекты аттестации практических умений и навыков, специфику подготовки к ГИА.

В первую очередь, обращают на себя внимание исследования, предлагающие

практические разработки. В отдельных статьях поднимаются вопросы модернизации государственной итоговой аттестации, разрабатываются модели определения уровня квалификации выпускников педагогических учебных заведений [1]; многие исследователи обращают внимание на необходимость внешней оценки качества подготовки выпускников и увеличение доли выпускных квалификационных экзаменов, подготовленных по заказу профильных организаций [2]; интерес представляют исследования практики введения демонстрационного экзамена [3]. В научной литературе появляются исследования ГИА в историческом аспекте. Т.Г. Архипова, например, описывает исторический процесс государственной итоговой аттестации в вузах нашей страны. Университеты России, созданные в XVIII в., прошли долгий путь становления. На протяжении длительного времени формировались предпосылки для регламентирования аттестационных процедур, которые были продиктованы различными потребностями социально-экономического и политического характера [4, с. 20]. Автором отмечаются политические тенденции в области системы образования, которые нашли отражение в Постановлении Совнаркома СССР и ЦК ВКП(б) «О работе высших учебных заведений и о руководстве высшей школой» (23.06.1936 г.). Эти изменения были обусловлены потребностями в кадрах, которые должны были соответствовать предъявляемым требованиям, обеспечивающим подготовку высококвалифицированных специалистов, также анализируется формулирование конкретных требований к содержанию работ, их структуре, форме и объему, определяются критерии оценки выпускных квалификационных работ.

Важным компонентом дальнейшей системы модернизации подходов к итоговой аттестации является вступление в силу ФГОС ВПО третьего поколения, так как происходят изменения подхода к процессу обучения: ориентация на компетенции [4, с. 26–31].

Чтобы понимать возможности высших учебных заведений в отношении процедуры проведения ГИА, необходимо учитывать приказ Минобрнауки России от 29.06.2015 № 636 (ред. от 27.03.2020) «Об утверждении Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры». В соответствии с этим документом, формы проведения итоговой аттестации определяются самостоятельно

образовательными организациями. Выпускная квалификационная работа должна определять уровень подготовленности выпускника к профессиональной деятельности. Важным концептуальным аспектом можно считать некую долю самостоятельности в принятии решений, касающихся отдельных процедурных моментов. Речь идет в данном случае о выпускной квалификационной работе, требования к которой образовательной организацией разрешено устанавливать самостоятельно (в ред. приказа Минобрнауки России от 28.04.2016 № 502). Необходимо подчеркнуть, что отдельно обращается внимание на соотношение объема часов на ГИА со стандартом (п. 14 в ред. приказа Минобрнауки России от 28.04.2016 № 502). Важно отметить возможность самостоятельно устанавливать сроки проведения ГИА (п. 15 в ред. приказа Минобрнауки России от 09.02.2016 № 86). Использование дистанционных образовательных технологий при проведении ГИА определяется локальными нормативными актами (п. 19 в ред. приказа Минобрнауки России от 27.03.2020 № 490) [5].

Несмотря на то что различные аспекты ГИА активно обсуждаются учеными, многие вопросы остаются нерешенными. И.К. Кондаурова подчеркивает, что аттестация выпускников – это важнейшая задача, от которой зависит будущее страны. Автор статьи отмечает необходимость отказаться от традиционных моделей аттестации [6, с. 166].

Следует отметить исследования, анализирующие проблемы, с которыми сталкиваются выпускники. В частности, выделяются несколько вопросов, среди которых выбор актуального и значимого направления исследования (34,2%); определение методологии и методологического аппарата (84,6%); осмысление структурирования текста, оформление выводов по параграфам и главам (40, 9%); использование научного стиля (52,7%); выстраивание списка литературы по ГОСТу (94,6%) [7, с. 171].

Особое значение придается в последнее время измерительным компонентам, акцентируется внимание на индикаторах достижения компетенций. Делается акцент на необходимости ориентироваться на потребности работодателя, поднимается вопрос о включении в ГИА как традиционных, так и нестандартных задач [8, с. 105].

Современный образовательный процесс ставит перед собой множество актуальных целей, среди которых – подготовка специалистов, ориентированных на требования работодателя. В этом ключе важнейшую функцию выполняет государственная итоговая аттестация. Спектр различных акту-

альных вопросов, затрагивающих те или иные аспекты ГИА, достаточно обширен и разнообразен.

Актуальность обращения к вопросу государственной итоговой аттестации в данном исследовании определяется динамическими процессами модернизации федерального государственного образовательного стандарта по специальности 55.05.01 Режиссура кино и телевидения, который ориентирован на максимальное увеличение зачетных единиц на процедуру ГИА. **Целью данного исследования** является анализ потенциальных возможностей использования зачетных единиц, выделяемых на подготовку к государственной итоговой аттестации, которая ориентирована на формирование профессиональных компетенций выпускников.

В соответствии с поставленными министерством Российской Федерации задачами факультет культуры и искусств Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского изыскивает возможности построения образовательного процесса по гибкой индивидуальной траектории, в том числе в вопросах подготовки к итоговой аттестации [9].

Материал и методы исследования

Основные методы исследования опираются на изучение литературы по проблеме, анализ и осмысление федеральных государственных образовательных стандартов; метод описания собственного опыта.

Возможности, которые предоставляет государственная итоговая аттестация, обозначены многими исследователями. Например, отмечается, что работодатели пользуются привилегией посещения ГИА для знакомства с выпускниками и отбора кадров. Также исследователями подчеркивается мысль о том, что наиболее важные для потенциальных работодателей компетенции не могут быть достоверно оценены в формате традиционного экзамена [10, с. 11–13]. Предлагаются различные варианты отказа от традиционных форм проведения государственных экзаменов, акцентируется внимание на инновационных средствах оценивания степени сформированности компетенций. В частности, анализируется кейс-метод [11, с. 86].

В качестве материала для исследования в данной статье рассматривается модернизация образовательных стандартов по специальности «Режиссура кино и телевидения» в аспекте перераспределения зачетных единиц между практиками и государственной итоговой аттестацией.

Результаты исследования и их обсуждение

Тенденции распределения зачетных единиц между практиками и ГИА можно проследить начиная с 2011 г. ФГОС 070601 «Режиссура кино и телевидения», утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 24 января 2011 г. № 88, предполагал выделение 18 зачетных единиц (ЗЕ) на все виды практики, на итоговую государственную аттестацию – 64 зачетных единиц.

Таким образом, 82 ЗЕ планировались на развитие практических навыков, которые можно было сформировать в рамках реализации различных видов практик и ГИА. Данный стандарт не предусматривал возможности варьирования часов. Количество ЗЕ однозначно регламентировалось [12]. Образовательный стандарт акцентировал внимание на практической подготовке выпускников. В этот период такое значительное количество ЗЕ можно было редко встретить. В качестве примера можно привести другую образовательную программу, реализуемую на факультете культуры и искусств, которая близка по некоторым компетенциям, – это направление подготовки бакалавров «Народная художественная культура», профиль подготовки «Руководство студией кино, фото- и видеотворчества». ФГОС 2009 года предусматривает проведение учебной и производственной практики в объеме 10 ЗЕ и ГИА в объеме 8 ЗЕ [13].

Высшие образовательные учреждения, реализующие процесс подготовки специалистов по ФГОС ВПО 070601 Режиссура кино и телевидения, в этот исторический период ставят целью продумать и обосновать различные формы и методы реализации задач ГИА в заданном объеме часов. Многие аспекты этой задачи были задуманы и реализованы. Однако разработчики образовательного стандарта следующего поколения пересматривают соотношение объема ЗЕ между различными видами практик и ГИА. В 2016 г. вступает в силу новый федеральный государственный образовательный стандарт по специальности 55.05.01 Режиссура кино и телевидения.

Данный образовательный стандарт однозначно не регламентирует количество зачетных единиц на практики и итоговую аттестацию, но их соотношение кардинально меняется. На практику выделяется от 73 до 76 ЗЕ, на ГИА планируется от 6 до 9 ЗЕ. Таким образом, суммарные показатели практически идентичны, однако значимые виды учебной деятельности прин-

ципиально отличаются: ФГОС ВПО 2011 г. регламентировал практику и ГИА в объеме 82 зачетных единиц; ФГОС ВО 2016 г. рекомендует от 79 до 85 зачетных единиц. Принципиально по-иному распределяется трудоемкость: весомым компонентом процесса образования становятся практики, учебная и производственная (от 73 до 76 ЗЕ) [14].

Таким образом, можно отметить тенденцию к углублению значимости практической подготовки студентов. Трудоемкость всех видов практик предусматривается от 2628 до 2736 академических часов [13]. В рамках процесса подготовки к защите выпускной квалификационной работы образовательные программы и учебные планы вернулись к более или менее традиционному количеству часов, выделяемому на данные виды деятельности. Разработчики образовательной программы на данном этапе на факультете культуры и искусств поставили перед собой непростую задачу – продумать программы практик в соответствии с таким большим объемом часов, в то же время потенциально заложенные возможности развития профессиональных навыков и профильных компетенций позволили акцентировать внимание на подготовке специалистов в сфере экранных искусств. Предусмотренное стандартом количество зачетных единиц на разные виды практик становится важным концептуальным компонентом данного стандарта, значительно отличающегося от большинства действующих ФГОС ВО в этот период.

Следующий вступивший в силу Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 55.05.01 Режиссура кино и телевидения утверждается приказом Министерства образования и науки РФ в 2017 г. № 733. В данном образовательном стандарте налицо тенденция возвращения к некоторым позициям стандарта 2011 г. Разработчики вновь обратились к увеличению объема зачетных единиц на итоговую аттестацию. ФГОС ВПО 2011 г. 070601 Режиссура кино и телевидения предполагал 64 ЗЕ на ГИА, ФГОС ВО 55.05.01 Режиссура кино и телевидения 2017 г. обозначил объем ЗЕ на ГИА – не менее 60 [15].

Перед разработчиками образовательных программ поставлена задача – переосмыслить требования к структуре и методам подготовки к ГИА. Такие качественные изменения внутреннего перераспределения трудоемкости между практиками и ГИА являются показателем поиска возможностей переориентирования образовательного процесса на более современную качественную профессиональную подготовку, позволяю-

щую решать поставленные государством и обществом задачи. На государственную итоговую аттестацию отводится не менее 2160 часов (при расчете, что 1 зачетная единица равна 36 часам). Такое количество учебного времени обязывает образовательные организации предусмотреть достаточный объем заданий и возможные формы промежуточного контроля выполнения этих видов учебной деятельности. Объем часов на подготовку к ГИА по данной специальности во много раз превосходит традиционное количество зачетных единиц, предусмотренных большей частью действующих образовательных стандартов, в которых обозначено, что на объем программы ГИА должно быть выделено не менее 9 ЗЕ.

Изучая опыт вузов, предусматривающих инновационные формы проведения государственной итоговой аттестации в связи со значительным увеличением объема часов на ГИА по данному стандарту, можно в рамках подготовки специалистов по режиссуре кино и телевидения предусмотреть различные формы и методики. Могут быть задействованы и варианты демонстрационных экзаменов, и своеобразные кейс-задачи, и различные формы и виды заданий, ориентированных на проектные виды деятельности. Для данной специальности наиболее востребованной становится проектная деятельность – создание определенных съемочных творческих проектов.

Главная проблема, с которой неизбежно сталкиваются образовательные организации, которые предполагают увеличение зачетных единиц на ГИА, – это промежуточные формы контроля. ГИА не предусматривает промежуточного контроля независимо от объема зачетных единиц. Следовательно, требуется разработать некие алгоритмы проверки и контроля выполнения объема часов, заложенного на реализацию ГИА. Одним из вариантов может являться карта поэтапной комплексной проверки готовности как итогового проекта, так и оценки отдельных этапов выполнения заданий и сформированности каждой компетенции.

Подготовка к ГИА осуществляется параллельно по двум направлениям деятельности: написание теоретической части выпускной квалификационной работы и создание практической части – аудиовизуального или мультимедийного проекта. Этапы подготовки определяются своеобразием утвержденного практического проекта. Например, в таблице отражены основные этапы подготовки выпускной квалификационной работы, в практической части которой предусмотрен короткометражный фильм.

Этапы подготовки выпускной квалификационной работы

№ п/п	Вид работы	Трудоемкость
1-й этап	– Подбор научной литературы Работа с источниками. Составление предварительного списка используемой литературы. – Разработка сценарной заявки на дипломный фильм (хронометраж не менее 15 мин.) Сдача сценарной заявки	Не менее 50 часов Не менее 60 часов
2-й этап	– Разработка вводной части ВКР с соблюдением всех дефиниций и требований. – Разработка синопсиса на дипломный фильм. Идеино-тематический и композиционный анализ синопсиса. Сдача синопсиса на проверку. – Написание 1-го параграфа первой главы ВКР. Сдача параграфа на проверку. – Написание литературного сценария дипломного фильма. Идеино-тематический и композиционный анализ сценария. Сдача на проверку	Не менее 40 часов Не менее 60 часов Не менее 40 часов Не менее 40 часов
3-й этап	– Написание режиссерского сценария дипломного фильма. Раскадровка. Сдача режиссерского сценария на проверку. – Написание 2-го параграфа первой главы ВКР. Сдача параграфа на проверку. – Корректировка режиссерского сценария. Сдача на проверку. – Написание 3-го параграфа первой главы ВКР. Формулировка выводов по главе Сдача на проверку	Не менее 70 часов Не менее 40 часов Не менее 40 часов Не менее 40 часов
4-й этап	– Подготовка к съемкам: выбор локаций, кастинг, подбор съемочной группы, подбор техники, составление графика съемок. Отчет о проделанной работе. – Написание 1-го параграфа второй главы ВКР. Сдача параграфа на проверку. – Съемка дипломного фильма. Отчет о проделанной работе	Не менее 50 часов Не менее 40 часов Не менее 50 часов
5-й этап	– Написание 2-го параграфа второй главы ВКР. Сдача параграфа на проверку. – Съемка дипломного фильма (продолжение). Отчет о проделанной работе. – Написание 3-го параграфа второй главы ВКР. Формулировка выводов по главе Сдача на проверку	Не менее 40 часов Не менее 50 часов Не менее 40 часов
6-й этап	– Написание заключения по теме ВКР. Корректировка списка используемых источников. Сдача на проверку. – Монтаж дипломного фильма. Отчет о проделанной работе. – Звуковое и изобразительное решение проекта. Отчет о проделанной работе	Не менее 20 часов Не менее 60 часов Не менее 50 часов
7-й этап	– Корректировка текста ВКР, оформление цитат и ссылок. Сдача на проверку. – Дополнительная съемка необходимого материала. Отчет о проделанной работе. – Оформление приложений по теме ВКР. Сдача материалов на проверку	Не менее 40 часов Не менее 40 часов Не менее 20 часов
8-й этап	– Корректировка, форматирование и оформление ВКР согласно требованиям. Сдача на проверку. – Дополнительная съемка необходимого материала. Отчет о проделанной работе. – Корректировка озвучивания и монтажа дипломного фильма. Отчет о проделанной работе	Не менее 30 часов Не менее 40 часов Не менее 40 часов
9-й этап	– Подготовка текста для защиты ВКР. Сдача на проверку. – Корректировка дипломного фильма с учетом замечаний руководителя. Отчет о проделанной работе. – Подготовка презентации. Сдача на проверку	Не менее 20 часов Не менее 40 часов Не менее 10 часов
10-й этап	– Подготовка к предзащите ВКР. Представление всех материалов комиссии. – Корректировка материалов по итогам предзащиты. Получение допуска к защите	Не менее 20 часов Не менее 40 часов

Таким образом, в соответствии с ФГОС ВО 55.05.01 Режиссура кино и телевидения, выпускники, с одной стороны, должны реализовать в предусмотренном объеме часов достаточно серьезный творческий проект,

с другой – все этапы создания данного проекта предполагают определенный контроль и оценку качества на этапе подготовки и реализации. Все профессиональные и общепрофессиональные компетенции присут-

ствуют в программе ГИА, в связи с этим заложенный объем часов (2160 часов), предусматривающий 60 ЗЕ, коррелируется комплексом заданий, которые реализуются в процессе подготовки к ГИА.

На факультете культуры и искусств ОмГУ им. Ф.М. Достоевского программа ГИА предусматривает оценку сформированности профессиональных и общепрофессиональных компетенций на примере конкретной работы. Это создание собственного мультимедийного проекта с использованием современных технических и технологических возможностей интерактивных средств. Подготовленный проект представляет собой законченное по замыслу и художественному решению произведение. Создание цельного и логически завершенного проекта при достаточно большом объеме часов предполагает продуманную систему оценивания и проекта в целом, и уровня сформированности каждой компетенции в отдельности. Этот аспект поднимает комплекс проблем, требующих дальнейшей проработки и решения для тех образовательных учреждений, которые предполагают значительно увеличить объем зачетных единиц на ГИА.

Заключение

Государственная итоговая аттестация в современной системе высшего образования играет ключевую роль на этапе завершения процесса обучения. В связи с этим разработчики отдельных государственных образовательных стандартов ставят перед образовательными организациями сложнейшие задачи реализации комплекса профессиональных компетенций, которые должны быть задействованы при подготовке к итоговой аттестации. Возможности расширения комплекса выполняемых задач и диагностики уровня сформированности компетенций во многом коррелируют с объемом зачетных единиц, выделяемых на ГИА. Заложенный в требованиях стандарта 55.05.01 Режиссура кино и телевидения объем зачетных единиц на ГИА ставит перед разработчиками образовательных программ сложнейшую задачу подготовки специалиста высокого профессионального уровня, который должен быть продемонстрирован в процессе выполнения выпускной квалификационной работы.

Список литературы

1. Якунчев М.А., Жукова Н.В., Маскаева Т.А., Ляпина О.А. Модернизация государственной итоговой аттестации выпускников педагогического вуза // Перспективы науки и образования. 2019. № 6 (42). С. 65-77.
2. Жадаев Ю.А., Жадаева А.В., Селезнев В.А. особенности государственной итоговой аттестации выпускников педагогического вуза в условиях реализации профессионального стандарта педагога // Известия ВГПУ. 2021. № 10 (163). С. 142-148.
3. Пирожникова А.М., Овчинникова Е.И., Лысикова Т.С. Стандарты WorldSkills в подготовке бакалавров педагогического образования: демонстрационный экзамен в рамках итоговой аттестации // Педагогический ИМИДЖ. 2022. Т. 16, № 2 (55). С. 178-192. DOI: 10.32343/2409-5052-2022-16-2-178-192.
4. Архипова Т.Г. Государственная итоговая аттестация в вузах России в XVIII – начале XXI века: исторический анализ // Преподаватель XXI век. 2020. № 1-1. С. 19-37.
5. Приказ Минобрнауки России от 29.06.2015 N 636 (ред. от 27.03.2020) «Об утверждении Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры» (Зарегистрировано в Минюсте России 22.07.2015 N 38132). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.spbstu.ru/upload/dmo/order-29-06-2015-636.pdf?ysclid=lvh4bfbu2o863701423> (дата обращения: 12.05.2024).
6. Кондаурова И.К. Государственная итоговая аттестация выпускников бакалавриата направления подготовки «Педагогическое образование» // Балтийский гуманитарный журнал. 2016. № 2 (15). С. 166-168.
7. Иванова М.М., Волков П.Ю., Бобров А.Д. Анализ типичных ошибок выпускных квалификационных работ и пути их предотвращения // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 75-3. С. 170-172.
8. Стародубцев М.П. Сравнительный анализ федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования ФГОС 3+ и ФГОС 3++ по направлению подготовки «Физическая культура» (бакалавриат и магистратура) // Физическая культура, спорт – наука и практика. 2020. № 1. С. 104-112.
9. Быкова Н.И. К вопросу о реализации модульного принципа построения учебных планов по направлениям подготовки в сфере культуры и искусств // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31348> (дата обращения: 12.05.2024). DOI: 10.17513/spno.31348.
10. Беляев А.Г., Беляева Т.С., Шмагтенкова М.О. К вопросу о рассмотрении альтернативных форм государственной итоговой аттестации в вузе // Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт. 2024. № 2. С. 10-16.
11. Чандра М.Ю. Применение кейс-метода на итоговой аттестации выпускников вуза // Проблемы Науки. 2016. № 33 (75). С. 86-89.
12. Приказ Министерства образования и науки РФ от 24 января 2011 г. N 88 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 070601 Режиссура кино и телевидения (квалификация (степень) «специалист»)». [Электронный ресурс]. URL: <https://fgosvo.ru/uploadfiles/fgos/60/20110505003834.pdf> (дата обращения: 05.05.2024).
13. Быкова Н.И. Учебная и производственная практика студентов в современном образовательном процессе по специальности Режиссура кино и телевидения // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 3 [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32662> (дата обращения: 05.05.2024). DOI: 10.17513/spno.32662.
14. Приказ МИНОБРНАУКИ РФ от 16.11.2016 № 1427 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 55.05.01 Режиссура кино и телевидения (уровень специалитета)». [Электронный ресурс]. URL: <https://minjust.consultant.ru/documents/21668> (дата обращения: 15.05.2024).
15. Приказ Министерства образования и науки РФ от 01.08.2017 г. № 733 об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 55.05.01 Режиссура кино и телевидения. [Электронный ресурс]. URL: https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203+/Spec/550501_C_3_23082017.pdf (дата обращения: 14.05.2024).

УДК 371:37.01

DOI 10.17513/snt.40097

ФЕНОМЕН ДОБРОВОЛЬЧЕСКОЙ (ВОЛОНТЕРСКОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТЕОРЕТИКОВ И ПРАКТИКОВ СОВРЕМЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Веденева Г.И., Шкурина Л.А.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж,

e-mail: galina5423@mail.ru

Исследование направлено на раскрытие сущности добровольческой деятельности, ее роли в воспитании современной молодежи. Отмечается повышение внимания общества и государства к вопросам участия в добровольческой (волонтерской) не только взрослого населения, но и детей и молодежи. На современном этапе добровольческая деятельность получает свое развитие в различных сферах общественной жизни, в том числе в системе образования. Представлены дефиниции исследуемого понятия в трудах ученых, проанализированные с точки зрения их существенных признаков (род понятия) и видовых отличий. Предложено авторское определение волонтерской деятельности. Указаны возможные причины разнообразия дефиниций в литературных источниках. Подчеркнуто, что анализируемые понятия «добровольческая деятельность» и «волонтерская деятельность» являются тождественными. Уделено внимание региональным аспектам организации волонтерских практик. На основе анкетирования педагогов дополнительного образования и контент-анализа полученных результатов выявлены их представления о добровольческой деятельности школьников, о приоритетных личностных качествах волонтеров. Результаты анкетирования педагогов-практиков подтверждают мысль теоретиков о том, что для добровольчества, прежде всего, важны нравственные качества волонтера, проявляющего социальную активность во благо окружающих людей. Сравнение взглядов ученых и практиков на сущность волонтерской деятельности позволило выявить их сходство и различие в понимании сущности волонтерской деятельности.

Ключевые слова: воспитание, добровольческая деятельность, волонтер, социальная активность, анализ, дополнительное образование, анкетирование

THE PHENOMENON OF VOLUNTARY (VOLUNTEER) ACTIVITY IN THE INTERPRETATION OF THEORISTS AND PRACTITIONERS OF MODERN EDUCATION

Vedeneva G.I., Shkurina L.A.

Voronezh State University, Voronezh, e-mail: galina5423@mail.ru

The research is aimed at revealing the essence of volunteerism, its role in the education of modern youth. There is an increase in the attention of society and the state to the issues of participation in volunteer work not only of the adult population, but also of children and youth. At the present stage, volunteer activity is being developed in various spheres of public life, including in the education system. The definitions of the concept under study in the works of scientists are presented, analyzed in terms of their essential features (genus of the concept) and species differences. The author's definition of «volunteer activity» is proposed. Possible reasons for the diversity of definitions in literary sources are indicated. It is emphasized that the analyzed concepts of «volunteer activity» and «volunteer activity» are identical. Attention is paid to the regional aspects of the organization of volunteer practices. Based on a survey of teachers of additional education and a content analysis of the results obtained, their ideas about the volunteer activities of schoolchildren and the priority personal qualities of volunteers were revealed. The results of the survey of practical teachers confirm the theorists' idea that, first of all, the moral qualities of a volunteer who shows social activity for the benefit of others are important for volunteerism. A comparison of the views of scientists and practitioners on the essence of volunteer activity revealed their similarity and difference in understanding the essence of volunteer activity.

Keywords: education, volunteering, volunteer, social activity, additional education, analysis, questionnaire

Введение

Сегодня воспитательный процесс в образовательных организациях становится одним из основных трендов. Он направлен на создание условий для саморазвития, самоопределения и социализации обучающихся. Значительным потенциалом для решения задач социального становления личности обладает волонтерская деятельность, способствующая включению детей и молодежи в бескорыстный труд на благо окружающих людей.

Несмотря на возрастающую роль волонтерского движения в воспитании личности, следует отметить некоторые проблемы, ожидающие своего разрешения: отсутствие четкого представления о сущности волонтерского движения у различных участников этого процесса (теоретиков и практиков), рассогласование их мнений о содержании и организации деятельности, а также наличие формализма, ведущего к имитации заинтересованности юного волонтера в добровольческом труде.

Цель исследования – определить сущность добровольческой деятельности обучающихся на основе поиска сходства и различий во взглядах теоретиков и педагогов-практиков, организующих эту деятельность с волонтерами, в частности в условиях дополнительного образования.

Материал и методы исследования

В процессе исследования применялись теоретические и эмпирические методы. Использован анализ литературы в области педагогики, психологии, социологии и др. Проведены сравнение и обобщение дефиниций исследуемого понятия, предложенных как теоретиками, так и педагогами-практиками. Представлено авторское определение волонтерской деятельности. В ходе исследовательской работы были проведены анкетирование и опрос педагогов дополнительного образования, результаты которых обрабатывались с помощью контент-анализа; использовалась интерпретация, а также имело место обращение к передовому опыту по организации волонтерской деятельности обучающихся.

Явление волонтерства в настоящее время изучается многими науками, в том числе психологией, педагогикой, историей, социологией и др. В последнем десятилетии прошлого века добровольчество развивалось в условиях перемены ценности, экономической нестабильности, негативного воздействия информационно-коммуникационных средств и др. По мнению исследователя Н.И. Горловой, отсутствие управления со стороны государства, механизмов самоорганизации и общественных инициатив негативно сказалось на развитии добровольческой деятельности [1, с. 46].

Внимание российского общества и государства к добровольческому движению, к его развитию в регионах возрастает в конце XX – начале XXI вв. Добровольчество растет качественно и количественно, проникая в различные сферы общественной жизни, в том числе в систему образования. Подчеркивается значение этого движения для повышения социальной активности детей и молодежи. В добровольческую активность включаются обучающиеся вузов, среднего профессионального образования, школ и организаций дополнительного образования. Появляется Ассоциация волонтерских центров для координации их деятельности, что в определенной степени способствовало преобразованию добровольческого движения в самостоятельный социальный институт. Значимым для дальнейшего развития добровольчества в стране является документ «Концепция развития

добровольчества (волонтерства) в Российской Федерации до 2025 года», определивший основные цели развития добровольчества в стране [2].

Примечательным было то, что создавались общественные добровольческие центры в различных регионах страны и, следовательно, были приняты нормативные документы не только на федеральном уровне, но и на региональных и муниципальных уровнях по оказанию помощи ответственным за развитие добровольчества на местах. Так, например, в Воронежской области в 2013 году вышел Закон «О добровольческой (волонтерской) деятельности» (с последующими редакциями) по вопросам дальнейшего развития волонтерского движения в регионе [3]. В настоящее время в Воронеже и области функционируют различные центры и волонтерские отряды: Центр реабилитации диких животных и птиц («Добрые сердца»), Молодежное волонтерское движение «Чистый город» и др. Большая работа проводится волонтерами в рамках регионального проекта «Волонтерский корпус 36», помогающего пожилым людям, беженцам из Донбасса и нуждающимся людям.

Подобные объединения создаются и в организациях дополнительного образования, деятельность которых регулируется нормативно-правовыми документами и локальными нормативными актами. В системе дополнительного образования обучающимся предоставляется свобода выбора деятельности, способствующей формированию внутреннего мира личности через многообразие творчества.

Особого внимания заслуживает деятельность МБУДО Дворец творчества детей и молодежи г. Воронежа. Центр волонтерского движения (ЦВД) – это добровольное объединение обучающихся от 14 лет и старше. Волонтеры участвуют в патриотических акциях («Свеча памяти», «Нет забытых могил!» и др.); проводят уборку территории ДТДиМ и города; организуют профилактическую работу с детьми из «группы риска» (беседы, тренинги, тематические игры, акции) и др.

В Положении ЦВД изложены права и обязанности юных волонтеров. В частности, волонтер обязан: знать, уважать цели, задачи и принципы своего отряда и следовать им, укреплять авторитет отряда; четко и добросовестно выполнять порученную ему работу; уважать мнение других представителей отряда и руководителя; заботиться о психическом, нравственном, физическом здоровье представителей волонтерского отряда и др. [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Проанализированы определения понятия «добровольческая (волонтерская) деятельность», предложенные исследователями различных областей науки: философии, педагогике, психологии, социологии и культурологии, с целью сравнения существенных и видовых отличий искомого понятия (табл. 1).

Анализ содержания таблицы 1 позволил выделить следующие особенности:

– в качестве существенного признака (род понятия) изучаемого явления выступают «деятельность», «форма», «труд» (в ряде других работ [10–12] встречаются термины «фактор», «механизм», «социальный институт» и др.);

– видовые отличия исследуемого понятия определяются спецификой научной области: для философии как науки о мире в целом особенно значимы вопросы духовного развития человека; для психологии – развитие личности; педагогика нацелена на формирование личностных качеств; социология и культурология исследуют проблемы общества, его развития.

Заметим, что в научных работах [12–14], вышедших в свет после принятия Федерального закона от 5 февраля 2018 г. № 15-ФЗ [15], утвердившего термины «добровольческая деятельность», «волонтерская деятельность», «доброволец» и «волонтер» как па-

ритетные (уровненные по своему содержанию), авторы используют одновременно в тексте эти понятия как взаимозаменяемые. Например, авторы работы О.А. Бокова, И.В. Григоричева, Ю.А. Мельникова уже в ключевые слова вводят тождество «добровольчество/волонтерство» [12, с. 400]. Вместе с тем, следует указать, что в научном мире остается сомнение в том, что понятия «доброволец» и «волонтер» – абсолютные синонимы. Речь идет о работе Ю.Н. Ильиной, отмечающей: «В смысловой организации лексемы *доброволец* ... есть компонент опасность, риск, тяжелые переживания, трудности, невзгоды. В значении слова *волонтер* важен компонент специализации человека» [16, с. 168].

Соглашаясь с мнением О.В. Вакуленко и Ю.О. Галушинской [14, с. 60], авторы утверждают, что трактовки феномена «добровольческая (волонтерская) деятельность» могут быть различными в зависимости не только от области науки, но и от предмета исследования. Так, Е.А. Паклина, исследуя процесс волонтерской деятельности в культурно-образовательном пространстве вуза, рассматривает эту деятельность «как эффективный механизм развития социальной активности молодежи, нравственного и патриотического воспитания, возрождения в молодежной среде фундаментальных духовных ценностей» [11, с. 101].

Таблица 1

Дефиниции понятия «волонтерская деятельность»

Область науки	Автор, год выхода работы	Дефиниции
Философия	Н.В. Щербакова (2012)	« <i>Волонтерская деятельность представлена как нематериальная сторона бытия индивида, основанная на идеях нравственности, безвозмездной и бескорыстной помощи во благо другого, духовного развития, моральных ценностей, присущих человеческому обществу того или иного исторического периода</i> » [5, с. 98]
Педагогика	Д.Д. Андрианова (2020)	« <i>Под волонтерством (добровольчеством) мы понимаем особый вид бескорыстной, сознательной человеческой деятельности на благо других, носящий системный характер и основывающийся на принципах добровольности, независимости, гуманности, толерантности</i> » [6, с. 11]
Психология	Е.С. Азарова (2008)	« <i>Добровольчество – это общественно-полезная деятельность на основе добровольного выбора, отражающего личные взгляды и позиции гражданина</i> » [7, с. 3]
Социология	Л.А. Кудринская (2006)	« <i>Определяется «...сущность добровольческого труда как самого свободного труда, поскольку его субъект ... становится свободен от социального, экономического, политического, идеологического принуждения</i> » [8, с. 8]
Культурология	Е.А. Луговая (2012)	« <i>Добровольческая деятельность представляет собой деятельность, направленную на достижение социально значимых целей, осуществляемую без принуждения и оказывающую социализирующее влияние на субъект такой деятельности</i> » [9, с. 9].

Примечание: курсив авт.

Содержание дефиниции акцентировано на развитии молодежи, социальной активности, ее ценностях.

Можно констатировать, что специфика предмета исследования влияет на трактовку понятия «добровольческая (волонтерская) деятельность». В связи с тем, что авторы рассматривают феномен добровольчества в контексте более широкой темы («Формирование социальной активности старшеклассников в добровольческой (волонтерской) деятельности»), данный феномен определяется, исходя из сущности социальной активности школьников, рассматривается как личностное качество, включает в себя направленность на социально значимую деятельность, готовность к ее выполнению и конкретные действия старшеклассников, реализуемые на благо окружающих людей в соответствии с ценностями общества. Следовательно, волонтерская деятельность старшеклассников рассматривается как добровольная деятельность на благо общества, предполагающая педагогическое руководство, нацеленное на формирование направленности и готовности волонтеров к участию в бескорыстном труде в соответствии с нравственным идеалом старшеклассников.

При формулировке определения целесообразно ориентироваться на выводы Т.Ф. Ореховой и иных о том, что научное определение явления или предмета исследования должно отражать следующие пять аспектов (вопросов): 1) существенные признаки (род понятия); 2) происхождение исследуемого явления; 3) структура изучаемого явления; 4) функции, значение изучаемого явления; 5) признаки эффективности определяемого процесса (для педагогических явлений) [17, с. 152], с тем чтобы определение полноценно отражало изучаемое явление.

В зависимости от области науки или предмета исследования определение феномена волонтерской деятельности будет варьироваться, но соответствуя определению, указанному в Федеральном законе от 5 февраля 2018 г. № 15-ФЗ: «Под добровольческой (волонтерской) деятельностью понимается добровольная деятельность в форме безвозмездного выполнения работ и (или) оказания услуг в целях, указанных в пункте 1 статьи 2 настоящего Федерального закона» [15, ст. 1, п. 2].

Еще одна характеристика волонтерской деятельности обучающихся отражает вопрос о степени значимости специальных или личностных качеств волонтера. По мнению В.В. Артамоновой, волонтерская деятельность «отличается от других

видов деятельности тем, что не выдвигает высоких требований к профессиональной подготовке человека или наличию опыта, однако требует особых личностных качеств» [13, с. 62]. Из необходимых умений волонтера исследователь выделяет умение определять потребности людей, умение оказывать помощь нуждающимся в ней людям.

Итак, анализ научного понятия «волонтерская деятельность» осуществлен по трем аспектам:

- наличие существенных признаков и видовых отличий изучаемого понятия;
- влияние области науки и предмета исследования на трактовку понятия;
- приоритет профессиональных или личностных качеств волонтера.

В процессе исследования были проанализированы представления педагогов-организаторов о сущности волонтерской деятельности. В октябре 2023 года с педагогами дополнительного образования было проведено анкетирование, в котором приняли участие 106 педагогов из различных организаций дополнительного образования г. Воронежа.

Обработка результатов показала, что почти половина педагогов при определении анализируемого понятия как ключевое слово использовали «помощь», формулируя свое определение следующим образом:

«Волонтерская деятельность предполагает любые формы помощи, которые осуществляются на благо других, обязательно – на безвозмездной основе»;

«Добровольная, бескорыстная помощь в общественно полезных делах»;

«Бескорыстная помощь людям и животным»;

«Добровольное и бескорыстное оказание помощи, внимания» и др.

Важно подчеркнуть, что педагоги в своих определениях отмечают нравственную сущность феномена «добровольчество». Большинство из них заявили, что хотели бы своих собственных детей видеть добровольцами.

Аналогично анализу понятия «добровольческая (волонтерская) деятельность» было проанализировано, как педагоги характеризуют понятие «доброволец». С помощью метода контент-анализа определены те личностные качества волонтера, которые указываются респондентами наиболее часто. Изучение ответов позволило выделить следующие наиболее часто отмеченные педагогами характеристики:

- добрый;
- честный;
- ответственный.

Таблица 2

Данные о сходстве и различии в понимании феномена «волонтерская деятельность» теоретиками и практиками современного образования

Аспекты анализа понятия / Группа	Теоретики	Педагоги-практики	Сходство/различие
1. Наличие существенных признаков	Преобладают термины: «деятельность», «форма», «механизм» и др.	Преобладает термин «помощь»	В обоих случаях определен род понятия, однако у педагогов более выражена альтруистическая позиция
2. Что влияет на трактовку понятия	Область науки и предмет исследования	Собственные представления	Теоретики руководствуются спецификой науки и логикой исследования для объективности исследуемого понятия
3. Степень значимости профессиональных или личностных качеств	Доминирует значимость личностных качеств	Доминирует значимость личностных (нравственных) качеств	Из личностных качеств у педагогов выделены нравственные, что означает их позицию в выборе решения задач нравственного воспитания как ведущих в работе с волонтерами

Выявлено распределение характеристик по местам после подсчета частоты их употребления в процентах:

- 1) добрый (доброжелательный, доброта) – 48 % (51 ответ);
- 2) ответственный (ответственность) – 15 % (16 ответов);
- 3) честный – 8 % (9 ответов).

Далее следовали характеристики (19%): патриотизм, милосердие, отзывчивость, смелый, волевой, трудолюбивый – и другие характеристики. Ряд респондентов в портрете волонтера представляли развернутый ответ, например:

– «Человек добрый, активный, готовый помочь любому, кто нуждается, и сделать это бескорыстно»;

– «Целеустремленный, волевой, психически устойчивый, готовый прийти на помощь»;

– «Имеет свободное личное время, относительно молод, нацелен на позитивное общение с окружающими людьми и может физически и психологически осилить деятельность в некомфортных условиях» и др.

Определено, что наибольшее распространение в ответах по результатам анкетирования получили нравственные качества: добрый, ответственный, честный.

Результаты сравнения полученных представлений педагогов о волонтерской деятельности со взглядами теоретиков на сущность исследуемой деятельности отражены в таблице 2.

Заключение

В соответствии с целью исследования проанализированы научные взгляды теоре-

тиков и педагогов-практиков на сущность феномена «волонтерская деятельность». Взгляды объединяет нацеленность тех и других на выявление значения деятельности для общества и для самой личности. В определении сущности понятия теоретики более конструктивно выделяют существенные признаки феномена, в отличие от педагогов, которые альтруистически понимают добровольчество как помощь, а ведущей задачей работы с волонтерами определяют воспитание нравственности. Повышая свой уровень теоретических знаний, каждый педагог приобщается к деятельности педагога-исследователя и тем самым способствует обогащению теории и совершенствованию практики волонтерской деятельности. В этом случае можно избежать недоверия населения к добровольческой деятельности, повысить ее эффективность.

Список литературы

1. Горлова Н.И. Историческое развитие добровольчества (волонтерства) в Советской России, СССР и современной России: автореф. дис. ... докт. ист. наук. Краснодар, 2021. 62 с.

2. Концепция развития добровольчества (волонтерства) в Российской Федерации до 2025. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2018 года N 2950-р [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72039562/> (дата обращения: 10.05.2024).

3. Закон Воронежской области «О добровольческой (волонтерской) деятельности» от 11 марта 2013 г. N 02-ОЗ. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/453125714> (дата обращения: 09.05.2024).

4. Положение о Центре волонтерского движения муниципального бюджетного учреждения дополнительного образования Дворец творчества детей и молодежи. Утверждено приказом МБУДО Дворец творчества детей и молодежи

от «15» апреля 2022 г. № 66. [Электронный ресурс]. URL: <https://dvorecivrnrn.obrvrn.ru/department/centr-volonterskogodvizheniya/dokumenty/> (дата обращения: 30.05.2024).

5. Щербак Н.В. Понятие «волонтерская деятельность» в контексте философского знания // Вестник Забайкальского государственного университета. 2012. № 11 (90). С. 98-103.

6. Андрианова Д.Д. Педагогические условия развития волонтерства подростков в образовательных программах основного и дополнительного образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 2020. 24 с.

7. Азарова Е.С. Психологические детерминанты и эффекты добровольческой деятельности: автореф. дис. ... канд. психол. наук. Хабаровск, 2008. 20 с.

8. Кудринская Л.А. Добровольческий труд: опыт теоретической реконструкции: автореф. дис. ... докт. соц. наук. Москва, 2006. 29 с.

9. Луговая Е.А. Феномен добровольчества в социокультурном пространстве России: автореф. дис. ... канд. культурологии. Саратов, 2012. 20 с.

10. Грасс Т.П., Петрищев В.И., Сидорова О.О., Соколовский А.А. Волонтерство как фактор развития социальной активности в формировании экономической культуры старшего поколения // Человек и образование. 2021. № 2 (67). С. 56-60.

11. Паклина Е.А. Волонтерская деятельность в культурно-образовательном пространстве вуза // Вестник Санкт-Петербургского государственного института культуры. 2018. № 3(34). С. 101-104.

12. Бокова О.А., Григоричева И.В., Мельникова Ю.А. Определение содержания конструкта «волонтерская деятельность» в образовательно-воспитательной практике: опыт теоретического осмысления и эмпирической реконструкции // Перспективы науки и образования. 2021. № 6 (54). С. 400-421.

13. Артамонова В.В. Модели волонтерской деятельности в современном обществе // Общество: социология, психология, педагогика. 2021. № 5. С. 57-61.

14. Вакуленко О.В., Галушинская Ю.О. Характеристика модели педагогической деятельности по организации волонтерского объединения в учреждении дополнительного образования // Проблемы современного педагогического образования. Секция: Науки об образовании. 2021. № 72-3. С. 59-62.

15. Федеральный закон от 5 февраля 2018 г. №15-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам добровольчества (волонтерства)». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/42800> (дата обращения: 01.06.2024).

16. Ильина Ю.Н. Значение и употребление слов доброволец и волонтер в русском языке (по данным Национального корпуса русского языка) // Научный диалог. 2019. № 10. С. 159-171.

17. Орехова Т.Ф., Неретина Т.Г., Кондрашова Е.Н. Формулирование научного понятия как компонент исследовательской компетенции будущих педагогов // Высшее образование в России. 2019. Т. 28, № 6. С. 149-157.

УДК 37.013
DOI 10.17513/snt.40098

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРА ОБРАЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЕЙ

¹Денисенко Е.Г., ¹Ребро О.В., ²Ушаков А.А., ³Хашумова А.В.

¹*Московский государственный университет технологии и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет), Москва, e-mail: g137@mail.ru;*

²*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар,
e-mail: radbelmedkol@mail.ru;*

³*ГБОУ «Специальная (коррекционная) общеобразовательная школа-интернат
для глухих и слабослышащих», Грозный, e-mail: ayshatdirektor@mail.ru*

Актуальность исследования определяется возрастающей ролью сформированности проектно-исследовательской компетентности в обеспечении успешности обучения и результативности образования в современных условиях цифровизации общества. В статье формирование данной компетентности изучается на примере образовательного центра, что значительно повышает педагогические возможности для реализации поставленных учебных задач. Педагогическая технология в исследовании рассматривается как последовательность действий с целью достижения проектируемых результатов обучения и воспитания. Разработанная технология формирования проектно-исследовательской компетентности обучающихся имеет целевую установку на саморазвитие в процессе выполнения проектов, при этом акцентируется внимание на организации сотрудничества обучающихся и педагогов для решения конкретных учебных задач. В исследовании изучался опыт развития проектных и исследовательских компетенций в образовательных центрах «Точка роста» Чеченской Республики и г. Краснодара. Результатами исследования выступают следующие изменения: школьники овладели методами проведения учебных исследований и выполнения проектов, проявили высокий уровень решения творческих задач, умений моделирования и конструирования. У обучающихся сформировались умения применять способы использования учебной информации на основе использования цифровых технологий обучения. Таким образом, полученные результаты исследования подтверждают эффективность разработанной педагогической технологии.

Ключевые слова: педагогическая технология, проектно-исследовательская компетентность, центр «Точка роста»

PEDAGOGICAL TECHNOLOGY FOR THE FORMATION OF DESIGN AND RESEARCH COMPETENCE OF STUDENTS IN THE CONDITIONS OF THE CENTER OF EDUCATION OF NATURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY PROFILES

¹Denisenko E.G., ¹Rebro O.V., ²Ushakov A.A., ³Khashumova A.V.

¹*Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky
(First Cossack University), Moscow, e-mail: g137@mail.ru;*

²*Kuban state University, Krasnodar, e-mail: radbelmedkol@mail.ru;*

³*Special (correctional) general education boarding school for the deaf and hard of hearing,
Grozny, e-mail: ayshatdirektor@mail.ru*

The relevance of the research is determined by the increasing role of the formation of design and research competence in ensuring the success of learning and the effectiveness of education in modern conditions of digitalization of society. In the article, the formation of this competence is considered on the example of an educational center, which significantly increases the pedagogical possibilities for the implementation of the set educational tasks. The pedagogical technology in the study is considered as a sequence of actions in order to achieve the projected learning and upbringing results. The developed technology for the formation of students' design and research competence has a target setting for self-development in the process of project implementation, while focusing on the organization of cooperation between students and teachers to solve specific educational tasks. The study examined the experience of developing design and research competencies in the educational centers «Point of Growth» of the Chechen Republic and Krasnodar. The results of the study are the following changes: students have mastered the methods of conducting educational research and project execution, showed a high level of creative problem solving, modeling and design skills. Students have developed the skills to apply ways of using educational information based on the use of digital learning technologies. Thus, the obtained research results confirm the effectiveness of the developed pedagogical technology.

Keywords: pedagogical technology, design and research competence, the center «Point of growth»

Введение

Формирование исследовательских компетенций обучающихся актуализируется в современных условиях цифровизации в связи с тем, что в качестве важнейших результатов обучения рассматривается сформированность критического мышления, умений осуществлять анализ и синтез, проектировать и реализовывать проекты, работать с информационными источниками, представлять полученные данные. Первостепенное значение в формировании исследовательских компетенций имеет проектная деятельность, и часто в педагогической науке и образовательной практике используется термин «проектно-исследовательская деятельность». Актуальной проблемой педагогических исследований является поиск технологий формирования проектно-исследовательской компетентности.

Цель исследования заключалась в теоретическом обосновании, разработке и определении эффективности использования педагогической технологии формирования проектно-исследовательской компетентности обучающихся в условиях образовательного центра «Точка роста».

Материал и методы исследования

В проведенном исследовании на его теоретическом этапе использовался сравнительный анализ литературы и нормативных документов по изучаемой проблеме.

На опытно-экспериментальном этапе критериально-диагностическое обеспечение с целью оценки уровня сформированности проектно-исследовательской компетентности обучающихся включало анкетирование для выявления мотивов осуществляемой деятельности, тестирование с целью определения метазнаний о процессе исследования. Также оценивался уровень владения исследовательскими умениями, проводился анализ эмоционально-волевой регуляции. С целью интегративной оценки уровня сформированности проектно-исследовательской компетентности изучались и анализировались образовательные продукты, подготовленные обучающимися в процессе реализации проектов.

Исследование эффективности разработанной педагогической технологии формирования проектно-исследовательской компетентности обучающихся проводилось с 2022 по 2024 годы на базе Центров естественно-научного и технологического профилей «Точка роста» Чеченской Республики и г. Краснодара. В проведении исследования приняли участие 250 обучающихся 7–9-х классов средних общеобразовательных школ, посещающих данные центры.

Результаты исследования и их обсуждение

Понятие «технологии» в общем смысле определяется как способ осуществления процессов, направленный на получение гарантированного результата. Другими словами, это совокупность методов, приемов и операций, которые должны осуществляться в строго определенной последовательности. Понятие «технологии» применимо и для педагогических процессов как определенная последовательность действий, имеющих алгоритмический характер.

Традиционное определение педагогической технологии дано в классическом варианте В.П. Беспалько, который соотносил элементы этого понятия с компонентами педагогической системы: цели образовательно-воспитательного процесса; четко структурированное содержание обучения; диагностика и мониторинг формируемых результатов; достижение гарантированно высокого уровня обучения [1, с. 6–9]. Общее понятие педагогической технологии, коррелирующее с определением с точки зрения технических систем, дается и В.М. Монаховым. Он обращал внимание на упорядоченную систему процедур и операций образовательного процесса, исполнение которых должно привести к высоким показателям результативности формируемых феноменов [2]. В связи с этим необходимо отметить, что, безусловно, результат может быть различного качества, но он будет достигнут в любом случае. Таким образом, педагогическая технология нацелена на конечный результат, который изначально проектируется в организации предстоящей учебно-воспитательной деятельности на уроках и во внеурочной деятельности. Следовательно, педагогическая технология основывается на проектировании и воспроизведении последовательности действий, направленных на достижение конечных результатов обучения и воспитания.

Теоретический анализ понятия педагогической технологии позволяет выделить следующие ее основные признаки:

- разработка в соответствии с педагогическим замыслом, который определяется на основании методологической позиции;
- последовательность действий должна приводить к проектируемому результату, определяемому как поставленная и достижимая цель обучения;
- любая технология предполагает интерактивное взаимодействие между педагогом и обучающимися при преобладании субъект-субъектных отношений в целях оптимизации педагогического процесса;

– технология гарантирует достижение результатов образования и воспитания;

– диагностируемые результаты определяются на основе использования четко сформулированных критериев, показателей и уровней, соответствующих диагностическому обеспечению.

Реализация педагогической технологии основана на следующих принципах:

– *принцип соответствия* обучения индивидуально-типологическим особенностям обучающихся для максимальной реализации способностей;

– *принцип продуктивности* – скорость освоения содержания обучения определяется на основе показателей деятельности;

– *принцип интерактивности* – эффективность усвоения новых способов деятельности возрастает при использовании диалоговых форм, методов и приемов обучения, предполагающих наличие постоянной обратной связи в процессе обучения;

– *принцип индивидуализации* – реализуется на основе педагогического воздействия, соответствующего уровню развития обучающихся;

– *принцип оптимального сочетания* – выражается в использовании комплекса методов и средств обучения, разнообразных видов деятельности, форм организации образовательно-воспитательного процесса;

– *принцип саморазвития педагога* – результаты обучения напрямую коррелируют с уровнем личностного и профессионального саморазвития, которое осуществляется непрерывно, невозможно обучить чему-либо, если педагог не знает этого сам;

– *принцип учета когнитивных особенностей* – познавательный процесс должен осуществляться в соответствии с психологическими закономерностями и особенностями мышления обучающихся, их индивидуальными различиями;

– *принцип оригинальности* – результативность обучения повышается при освоении новых способов деятельности, что инициирует развитие эмоционально-волевой сферы обучающихся.

Анализ психолого-педагогической литературы позволяет сформулировать ряд важных обобщающих выводов относительно использования понятия «педагогическая технология».

1. Технологизация образовательной сферы предполагает двойственное значение:

– как применение педагогических технологий в образовательной деятельности, что обуславливает формирование собственного практического опыта педагогов;

– использование технических средств обучения, современных информационно-

коммуникационных технологий в условиях цифровизации образовательной сферы.

2. Технологический подход, основываясь на системном мышлении, предусматривает инструментальное управление образовательно-воспитательным процессом, ориентированным на получение конкретных и гарантированных результатов обучения.

3. Педагогическая технология понимается и как педагогический процесс, и как определенный вид деятельности, а также как совокупность средств достижения целей обучения [3].

4. Педагогической технологией может выступать способ обучения из личного опыта профессиональной деятельности педагога, при этом важны следующие компоненты такого «отработанного» опыта: цель обучения, соотношенная с предполагаемыми результатами; совокупность используемых инструментальных средств и методики обучения [4].

5. Наряду с понятием «педагогическая технология» используются термины «технология обучения», «технология воспитания», «технологизация обучения», что говорит о неоднозначности понятий и их различных трактовках, их взаимозависимости.

Здесь важно отметить, что в данные понятия вкладываются и педагогические системы, и совокупность форм, средств, приемов обучения, и методика обучения, ориентированная на получение запланированных результатов.

Современные социально-образовательные условия детерминируют изменение приоритетов обучения, что во многом определяется цифровизацией всех сфер экономики, общества, в частности образования.

На первый план выступает приоритетная задача формирования проектно-исследовательской компетентности обучающихся, что обуславливает поиск актуальных педагогических технологий. Примером использования таких технологий является выполнение исследовательских проектов, имеющих межпредметный интегрированный характер и основанных на использовании цифровых средств. Опыт реализации таких проектов описан в исследовании Н.И. Рыжовой, Н.Ю. Королевой [5].

Современное обучение в целом и выполнение исследовательских проектов в частности практически невозможны без использования информационно-коммуникативных технологий, что предполагает свободное владение способами поиска информации, ее анализа, сопоставления, синтеза. Также важно обучение методам эффективной презентации результатов исследовательских проектов. Данная проблема исследована

Е.Н. Козленковой, А.Н. Волковой применительно к использованию цифровых технологий обучения в проектно-исследовательской деятельности обучающихся [6]. Таким образом, в современной педагогической науке и практической образовательной деятельности для формирования проектно-исследовательской компетентности обучающихся широко применяются цифровые технологии, а опыт их использования и перспективы развития представлены в современных исследованиях [7].

Педагогическая технология формирования проектно-исследовательской компетентности обучающихся в условиях центра образования естественно-научного и технологического профиля основана на этапной последовательности действий, операций и процедур, что обеспечивает гарантированный результат и возможность его воспроизведения. Технология – системная категория, ее структурными составляющими являются:

цель; содержание проектно-исследовательской деятельности; этапы формирования; организация педагогического взаимодействия; методы и формы осуществления проектно-исследовательской деятельности; управление этим процессом и результат. Таким образом, технология выступает инструментом реализации проектно-исследовательской деятельности в совокупности используемых средств и методов.

Основная идея педагогической технологии заключается в том, чтобы сделать педагогический процесс управляемым, что обеспечивает достижение планируемых результатов. Разработанная педагогическая технология соответствует следующим критериям технологичности: диагностичность, результативность, целостность, управляемость, корректируемость. В совокупности данные критерии технологичности обеспечивают повышение эффективности образовательно-воспитательного процесса.

Этапы формирования проектно-исследовательской компетентности в процессе использования педагогической технологии

№	Название этапов	Содержание деятельности
1.	Организационно-мотивационный этап	Подготовка к выполнению проекта: – формулировка темы проекта, определение его цели, задач и основных направлений; – формирование команды проекта и определение функционала; – разработка рекомендаций для участников проекта (требования по выполнению, ключевые сроки, график выполнения, время и место проведения консультаций); – разработка рабочего плана проекта; – определение возможных источников требуемой информации по теме проекта; – разработка способов презентации результатов проекта и его продуктов; – определение критериев оценки качества выполнения проекта
2.	Поисково-исследовательский этап	Осуществление практико-преобразующей деятельности: – проведение исследования в соответствии с рабочим планом проекта; – содержательная проработка теоретической части проекта; – самостоятельная работа в группах в соответствии с установленной ролью; – поиск и обсуждение альтернативных способов решения исследуемой проблемы в команде проекта; – консультирование со стороны педагога, оказание необходимой помощи и направление участников проектной команды
3.	Презентационно-обобщающий этап	Обобщение и представление результатов проектной деятельности обучающихся: – определение ролей участников проекта на этапе презентации; – оценка результативности проекта, его продуктов; – доклад о результатах выполнения проекта; – представление продуктов проекта и определение возможностей их практического использования
4.	Рефлексивно-аналитический этап	Анализ и рефлексия результатов проектной деятельности: – сравнение запланированных и полученных результатов; – обобщение и формулировка выводов; – оценка работы команды проекта в целом и индивидуальные оценки; – анализ основных достижений и недочетов в работе; – корректировка ошибок и постановка новых цели и задач исследования

Этапная последовательность формирования проектно-исследовательской компетентности в обобщенном виде представлена в таблице.

На констатирующем этапе эксперимента проанализированы статистические результаты опроса, который был проведен среди более 5 тысяч педагогов Центров. Более 45% респондентов считают необходимым использование педагогической технологии формирования проектно-исследовательской компетентности, а также нуждаются в оказании методической помощи по разработке и внедрению программно-методического обеспечения деятельности центров «Точка роста».

Результаты проведенного исследования показали положительную динамику уровня сформированности проектно-исследовательской компетентности обучающихся:

– школьники показали высокий уровень владения методами учебного исследования (75%); решения проблемных задач (более 67%); моделирования и проектирования (80%);

– у более чем 85% обучающихся сформировались компетенции использования методов работы с информацией, оценки возможностей применения цифровых технологий в учебных исследованиях.

Интегративная оценка показала, что высокий уровень сформированности проектно-исследовательской компетентности увеличился с 48% на констатирующем этапе до 76% на формирующем этапе эксперимента, при этом низкий уровень анализируемого феномена понизился с 26% до 6%.

Заключение

Полученные результаты опытно-экспериментального исследования позволяют сделать вывод об эффективности реализации разработанной педагогической технологии формирования проектно-исследовательской компетентности обучающихся, реализуемой в условиях центра образования естественно-научного и технологического профилей. Перспективы исследования заключаются в совершенствовании программно-методического обеспечения, позволяющего осуществлять проектно-исследовательскую деятельность обучающихся.

Список литературы

1. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии. М.: Педагогика, 1989. 192 с.
2. Монахов В.М. Методология проектирования педагогических технологий (аксиоматический аспект) // Школьные технологии. 2000. № 3. С. 57–71.
3. Венгерова Н.Н. Семантический анализ определений понятия «педагогическая технология» // Общество: социология, психология, педагогика. 2017. № 1. С. 83–86.
4. Леонович Е.Н. К вопросу о формировании понятия «способ обучения» или «педагогическая технология» // Известия института педагогики и психологии образования. 2017. № 4. С. 4–7.
5. Рыжова Н.И., Королева Н.Ю. Использование цифровых и межпредметных проектно-исследовательских технологий во внеурочной деятельности // Наука и школа. 2022. № 4. С. 211–224.
6. Козленкова Е.Н., Волкова А.Н. Использование современных цифровых технологий в проектно-исследовательской деятельности обучающихся // Вестник РМАТ. 2021. № 4. С. 66–71.
7. Тананыхин Д.С., Максютин А.В. Применение проектно-исследовательской технологии в образовательном процессе // Теория и практика современного профессионального образования. 2015. № 1. С. 148–151.

УДК 378.14
DOI 10.17513/snt.40099

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ПОДГОТОВКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ МУЗЫКИ НА ОСНОВЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПРИНЦИПА

И Лянвэнь, Резер Т.М.

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет», Екатеринбург,
e-mail: 646459510@qq.com, t.m.rezer@urfu.ru*

В сфере образования в XXI веке проблемы, с которыми сталкиваются преподаватели музыки, становятся все более сложными. Преподаватели музыки должны обладать глубоким музыкальным профессионализмом и постоянно совершенствовать педагогические навыки, чтобы адаптироваться к все более продвинутым технологиям и изменениям в образовании. В реальности подготовка преподавателей музыки осуществляется с уклоном в сторону профессиональных навыков, игнорируются междисциплинарные связи и интегративные компетенции, что приводит к несбалансированному развитию компетентности преподавателей музыки. В целях решения проблемы развития профессиональных компетенций в подготовке преподавателей музыки и удовлетворения потребностей современного общества в подготовке специалистов на основе принципа междисциплинарности и предлагается данная концепция. В исследовании использовались методы: теоретического анализа педагогических источников, систематизации информации, обобщения для формулирования результатов исследования. Концепция оценки подготовки преподавателей музыки на основе междисциплинарного принципа содержит оценочные критерии и показатели для каждой области профессиональных компетенций в модульной программе подготовки: музыкальное исполнительство, образовательно-управленческие навыки, компьютерные технологии и коммуникации, что создает границы оценки развития компетенций преподавателей музыки.

Ключевые слова: принцип междисциплинарности, оценка, профессиональные способности, подготовка преподавателей музыки, модульная образовательная программа

CONCEPT OF EVALUATING MUSIC TEACHER TRAINING BASED ON AN INTERDISCIPLINARY PRINCIPLE

I Lianwen, Rezer T.M.

Ural Federal University, Ekaterinburg, e-mail: 646459510@qq.com, t.m.rezer@urfu.ru

In XXI century education, the challenges facing music educators are becoming increasingly complex. Music teachers must have deep musical expertise and continually improve their teaching skills to adapt to increasingly advanced technologies and changes in education. In reality, the training of music teachers is carried out with a bias towards professional skills, ignoring interdisciplinary connections and integrative competencies, which leads to an unbalanced development of the competence of music teachers. In order to solve the problem of developing professional competencies in the training of music teachers and meeting the needs of modern society in training specialists based on the principle of interdisciplinarity, this concept is proposed. The research used the following methods: the method of theoretical analysis of pedagogical sources, the method of systematizing information, the method of generalization to formulate the results of the study. The concept of assessing the training of music teachers, based on an interdisciplinary principle, contains evaluation criteria and indicators for each area of professional competencies in the modular training program: musical performance, educational and management skills, computer technology and communications, which creates boundaries for assessing the development of competencies of music teachers.

Keywords: principle of interdisciplinarity, assessment, training of music teachers, professional abilities, modular educational program

Введение

Актуальность темы исследования обусловлена современными потребностями и проблемами в сфере музыкального образования в Китае. В условиях стремительного развития глобализации и информационных технологий традиционная модель подготовки преподавателя музыки больше не может удовлетворять растущие потребности общества и государства, поэтому в педагогической практике необходимы диверсификации и инновации в образовании.

Преподаватели музыки как распространители и новаторы музыкальной культуры остро нуждаются в обновлении своих профессиональных компетенций, чтобы адаптироваться к изменениям, происходящим в сфере образования, и новым требованиям, обусловленным техническим прогрессом. Однако в реальности профессиональная подготовка преподавателей музыки зачастую ограничивается обучением музыкальным знаниям и исполнительским навыкам, в то время как существует очевидный разрыв между другими техническими возможностями по сравнению с их музыкальными

способностями, что приводит к ограничениям и дисбалансу в навыках преподавателей музыки и их будущей педагогической практике. Для решения данной проблемы и необходимы изменения в подготовке преподавателей музыки в Китае.

Цель исследования – теоретически обосновать и разработать концепцию оценки подготовки будущих преподавателей музыки на основе междисциплинарного принципа, что позволит им в дальнейшем обеспечить успешную музыкально-педагогическую деятельность.

Материал и методы исследования

Основой исследования и разрабатываемой концепции стали компетентностный, интегративный и деятельностный подходы. В исследовании использовался метод теоретического анализа педагогических источников, что позволило проанализировать источники по теме исследования и определить критерии оценки. Метод систематизации полученной информации был использован для классификации различных типов исполнительских форм в подготовке преподавателей музыки, а метод обобщения был употреблен для формулирования результатов исследования и предложенной оценки профессиональной подготовки по модулям образовательной программы.

В процессе исследования проанализированы цели подготовки преподавателей музыки и программа подготовки преподавателей музыки в педагогическом колледже Линьнань в Китае, а также была разработана модульная образовательная программа, основанная на междисциплинарном принципе.

Результаты исследования и их обсуждение

Любая концепция подразумевает достижение какой-либо цели и одновременно является стратегией достижения поставленной цели. В педагогической практике концепции имеют разные цели: методические, дидактические, управленческие, а также цели, оценивающие результаты педагогической деятельности. Концепция оценки подготовки будущих преподавателей музыки будет основываться на компетентностном, интегративном и деятельностном подходах, позволяющих разработать систему оценки профессиональной подготовки будущих преподавателей музыки, которые обучаются по модулям образовательной программы. Каждый модуль представляет собой определенный этап профессиональной подготовки преподавателя музыки, имеет целевое на-

значение и отдельные критерии оценки результатов обучения.

Современные изменения в системе высшего образования требуют, чтобы руководители образовательных программ и преподаватели искали наилучшие методы обучения и подготовки специалистов на всех уровнях образования. Одним из подходов, который активно обсуждается в последнее время, стал междисциплинарный интегративный подход. Он позволяет оптимизировать время, затрачиваемое на обучение, и использовать комплекс навыков, развиваемых в рамках одной образовательной единицы, например на занятии или уроке, дисциплины или целой образовательной программы [1].

Под принципом междисциплинарности в профессиональной подготовке преподавателей музыки в данном исследовании понимается научный принцип, ориентирующий на активное использование разных видов дисциплин как форм его реализации в образовательном процессе, что должно стать методологической основой интеграции знаний в современном музыкально-педагогическом образовании и разработке новых образовательных программ [2].

В основе интеграции конкретной дисциплины в образовательной программе лежит особый метод познания реальности, известный как интегрирование процессов и содержания образования. Следовательно, учитывая, что мир окружает человека во всем его многообразии и взаимосвязях, интегрирование позволяет увидеть целостную картину мира, раскрывая глубинные взаимосвязи и одновременно противоречивость его явлений [3; 4].

Помимо трактовки интегрирования как способа познания мира, интегративный подход также рассматривается как метод научного исследования и как термин в методике обучения [5]. В сфере научных исследований интегративный подход, известный как интеграция, означает объединение различных аспектов и направлений реальности на основе общности целей, содержания и структуры.

В связи с этим была разработана образовательная программа, основанная на принципе междисциплинарности и состоящая из четырех модулей, а именно музыкально-исполнительского, образовательно-управленческого, цифровых технологий и модуля коммуникации и общения. В таблице 1 представлен перечень дисциплин и соответствующих им профессиональных компетенций для каждого модуля разработанной образовательной программы.

Таблица 1

Образовательные модули и профессиональные компетенции

Название модуля	Перечень дисциплин в модуле	Содержание компетенции
Музыкально-исполнительский модуль	<ul style="list-style-type: none"> – Теория музыки и сольфеджио – Анализ и написание многоголосной музыки – Вокальная музыка – Фортепиано – Музыкальный инструмент – Хор и дирижёрство 	Профессиональные музыкальные знания и навыки, включая музыкальное восприятие, выразительность и композиционные способности, исполнительские навыки, полифоническое мышление
Образовательно-управленческий модуль	<ul style="list-style-type: none"> – Введение в преподавание музыки и методика обучения – Музыкальная педагогика – История китайского и зарубежного музыкального образования – Сравнение китайского и зарубежного музыкального образования – Музыкальная педагогическая психология 	Управление образованием и преподаванием, включая разработку эффективных стратегий обучения, педагогическое проектирование, практику преподавания, методы и технологии обучения, оценку качества преподавания и управление педагогическим процессом, инновационные методы обучения и управление классом
Модуль компьютерных технологий	<ul style="list-style-type: none"> – Производство курсов обучения музыке – Компьютерная музыка – Музыкальный редактор – Офисные программы 	Цифровые компьютерные приложения, включая знания и навыки в области компьютерных музыкальных приложений, технологии обработки звука, цифровой записи и умение использования цифровых медиатехнологий для музыкального образования и аудиопроизводства, а также навыки использования офисных программ
Модуль коммуникации и общения	<ul style="list-style-type: none"> – Введение в искусство – Основы музыкальной эстетики – Музыкальная культура – Оценка шедевров танца и драматургии – История искусства кино и телевидения и оценка шедевров 	Коммуникативные навыки, включая коммуникативные и межличностные отношения, умение эффективно организовывать коллектив, координировать и общаться с другими людьми, запас знаний, способность понимать и оценивать, языковое выражение и критическое мышление, а также способность к сопереживанию

Для каждого модуля были разработаны различные практические кейсы и методы, позволяющие оценить предложенное содержание образования в модульной программе и качество профессиональной подготовки преподавателей музыки на основе принципа междисциплинарности. Компетентностный и деятельностный подходы позволили сформулировать профессиональные компетенции в каждом модуле, а также произвести оценку исполнительского и педагогического мастерства у студентов.

1. Исполнительскую компетентность будущих преподавателей музыки можно понимать как интегративное образование личности с системной структурой, содержащей разноуровневые компоненты и включающей в себя взаимодействие и переплетение личностных, когнитивно-деятельностных и рефлексивных аспектов. Степень сформированности этих компонентов определяет способность будущего преподавателя музыки к эффективному выполнению музыкально-исполнительской деятельности [6].

Поэтому в рамках музыкально-исполнительского модуля можно организовать музыкальное выступление и оценить музыкальные профессиональные способности студентов, которые получают музыкальное образование по данной образовательной программе (табл. 2).

В таблице 2 также представлена классификация различных типов исполнительских форм. Каждая форма исполнительского мастерства имеет соответствующие баллы, оценивающие профессиональные навыки. Эксперты оценивают студентов по их выступлению от 1 до 10 баллов, от неудовлетворительного уровня до высокого уровня, что позволяет оценить уровень сформированности профессиональных навыков студентов в музыкально-исполнительском модуле.

2. Педагогическое мастерство представляет собой искусство обучения и воспитания, направленное на всестороннее развитие обучающегося, включая его мировоззрение и способности.

Таблица 2

Критерии оценки музыкально-исполнительского модуля

Типы исполнительской формы	Направление	Критерии	Оценки
Музыкальный инструмент	Техническое мастерство	Аппликатура, смычок, гаммы, аккорды и т.д. точны	
	Контроль ритма	Устойчивый ритм, точно соблюдает ритмическую разметку в партитуре	
	Интонация и тембр	Точность интонации, красота тембра	
	Динамика и выразительность	Хороший контроль над громкостью и интенсивностью, выражение соответствует настроению произведения	
	Полнота и беглость	Произведение исполняется полностью и плавно, без лишних пауз и ошибок	
	Музыкальная интерпретация	Хорошее понимание произведения и точная передача эмоций и стиля произведения	
	Сценическое исполнение	Уверенный и спокойный, с хорошей общей сценической игрой	
	Общее впечатление	Хорошая общая производительность, увлекательный и артистически привлекателен	
Вокал	Качество голоса	Вокал приятный, тембр богатый, качество звука чистое	
	Контроль точности интонации	Интонация точная и поддержание стабильности	
	Ритм и музыкальность	Ритм точен и устойчив, демонстрирует ритмичность и музыкальность произведения	
	Динамика и выразительность	Демонстрирует естественное выражение лица, соответствующее тексту и мелодии	
	Произношение языка	Произношение четкое, смысл текста песни точно передан	
	Контроль дыхания	Хороший контроль над дыханием, смена дыхания в нужных местах	
	Музыкальная интерпретация	Хорошее понимание произведения и точная передача эмоций и стиля произведения	
	Сценическое исполнение	Уверенный и спокойный, с хорошей общей сценической игрой	
	Общее впечатление	Хорошая общая производительность, увлекательный и артистически привлекателен	
Танец	Техника и контроль над телом	Точная и хорошо контролируемая линия тела, баланс, вращение, прыжки и другие технические движения	
	Беглость танцевальных движений	Движения естественные и плавные, с хорошей неразрывностью	
	Ритм синхронизируется с музыкой	Движения соответствуют ритму и точно передают ритм и эмоциональность музыки	
	Выразительность и передача эмоций	Выражение лица, язык тела, эмоциональные вложения и т.д. имеют сильную художественную привлекательность	
	Вписывается в музыкальную композицию	Точно понимать и выражать эмоции, стиль и историческую подоплеку произведения	
	Сценическое использование	Эффективное использование сценического пространства, включая пространственную планировку и пути движения	
	Слияние танца и музыки	Разработанные движения соответствуют структуре и эмоциональному направлению музыки	
	Креативность и хореография	Хореографический танец является новаторским	

Окончание табл. 2

Типы исполнительской формы	Направление	Критерии	Оценки
Хор и дирижирование	Навыки дирижирования	Четкие дирижерские жесты, точно передающие динамические изменения и эмоции музыки	
	Понимание музыки и исполнение	Хорошо понимать произведение и направлять хор точно выражать стиль и эмоции произведения	
	Работа в команде и коммуникация	Отличное командное общение и сотрудничество	
	Лидерство	Руководит хором уверенно и с позитивным лидерским настроем	
	Инновации	Иметь новые интерпретации и методы представления	
	Сценическое исполнение	Естественный и увлекательный стиль дирижирования повышает привлекательность произведения	
	Общее впечатление	Общее исполнение дирижера беглое и вдохновляет хор на лучшие выступления	

Таблица 3

Модель оценки преподавательской деятельности по образовательно-управленческому модулю

Оценка преподавания преподавателя музыки	Подготовка перед занятием	Учебный план	Разработать подробные планы курсов, включая цели обучения, содержание обучения и организацию мероприятий
		Образовательные ресурсы	Подготовить необходимые учебные материалы, такие как учебные материалы, ноты, аудиофайлы, музыкальные инструменты и т.д.
		Разработка планов занятий	Полнота плана урока, ясность целей, адекватность содержания, эффективность методов обучения, интерактивность занятий и т.д.
	Начало курса	Импортировать новый урок	Использовать активный метод, чтобы привлечь внимание учащихся и представить темы, например задавая вопросы, обсуждая или демонстрируя
	Курс в процессе	Практика навыков	Задавать упражнения по вокалу или инструментальному исполнению и обеспечивать эффективное техническое руководство
		Учить знаниям	Четкое преподавание знаний теории музыки, таких как теория музыки, гармония, история музыки и т.д.
		Творческое выражение	Учащимся предлагается сочинять или импровизировать музыку для развития творческих способностей и самовыражения
	Классная деятельность	Взаимодействие в классе	Преподаватель активно улучшает участие учащихся, например: групповые дискуссии, музыкальные игры и т.д.
		Организация мероприятий	Преподаватель эффективно организует и направляет практическое мероприятие, например организует для учащихся исполнение хоровых, сольных или ансамблевых выступлений для отработки полученных навыков
		Порядок в классе	Преподаватель хорошо управляет и поддерживает порядок в классе и обеспечивает бесперебойную работу
	Краткое содержание курса	Обзор ключевых моментов	Эффективно обобщить ключевые моменты и результаты обучения курса
		Домашнее задание	Назначать соответствующие домашние или практические задания в соответствии с содержанием урока
	Отзывы после курса	Сбор отзывов студентов	Отзывы и предложения учащихся по поводу преподавания в классе были собраны с помощью анкет или интервью
		Экспертная оценка	Предложить коллегам-преподавателям понаблюдать и оставить отзыв
		Рефлексия преподавателя	Преподаватель проводит рефлекссию после уроков, чтобы оценить эффективность своего преподавания, степень мастерства учащихся и эффективность управления классом

Высокий уровень овладения педагогической деятельностью включает в себя комплекс специальных знаний, умений и навыков, а также профессионально важные качества личности. Мастерство в педагогике позволяет педагогу эффективно управлять учебно-познавательной деятельностью обучающихся. Чтобы реализовать и достичь высокого уровня профессионализма, преподаватели должны целенаправленно работать над собой и понимать педагогическое воздействие, которое они оказывают на студентов. Мастерство преподавателя предполагает наличие профессиональных качеств, которые помогают ему учитывать и признавать уникальность каждого обучающегося. Эти качества помогают преподавателю организовать процесс обучения и воспитания таким образом, чтобы обеспечить своим ученикам оптимальные условия для развития их творческого потенциала и креативности [7].

3. В целях оценки качества профессиональной подготовки на основе дисциплинарной интеграции, заложенной в образовательно-управленческом модуле образовательной программы, и оценки уровня сформированности необходимых профессиональных компетенций у будущих преподавателей музыки разработана модель оценки преподавательской деятельности по образовательно-управленческому модулю, демонстрируемой студентами на занятии (табл. 3).

Например, можно провести конкурс оценки преподавания в музыкальном классе и попросить коллег-преподавателей оценить его по шкале от 1 до 10, в порядке от неудовлетворительного уровня до высокого уровня. На основе предложенной модели можно оценить способности студентов по образовательно-управленческому модулю. Данная модель позволяет оценить

уровень сформированности профессиональных компетенций у будущего преподавателя музыки в качестве педагога и дает возможность оценить способность студента к педагогической деятельности.

4. Компьютер представляет собой открытое образовательное пространство, способствующее творчеству и самообразованию как у детей, так и у педагогов-музыкантов [8]. Применение музыкально-компьютерных технологий в сфере образования раскрывает безграничные возможности и большие перспективы для развития творческой личности обучающихся. Внедрение новых технологий способствует возникновению совершенно новых подходов к улучшению информативности отдельных базовых данных [9].

Разработанный модуль компьютерных технологий разделен на две части: А и Б. Часть А – это междисциплинарная интеграция с музыкально-исполнительским модулем, объединяющим дисциплины теории музыки, анализа музыкальных произведений и композиции, и представляющая их с помощью цифровых технологий и компьютерных навыков. Студенты создают музыку, используя теорию музыки и правила композиции, которые они изучили, и представляют свои произведения с помощью компьютерных технологий. Данное обстоятельство требует от студентов овладения соответствующими компьютерными технологиями, включая работу с цифровыми звуковыми рабочими станциями (DAW), запись и редактирование звука, а также применение виртуальных инструментов и синтезаторов. Исходя из этого, можно провести мероприятия тематического музыкального конкурса для части А. Требования и критерии, использованные для оценки данного модуля, представлены в таблице 4.

Таблица 4

Требования к навыкам и критерии оценки части А

Оценки части А			
Навыки	Требования	Критерии	Оценки
Работа программного обеспечения DAW	Практическое тестирование, включая запись, редактирование, микширование и другие задачи	Завершение порученных музыкальных проектов, операция будет плавной, а качество достигнет профессиональных стандартов	
Запись и редактирование звука	Запись и редактирование аудиообразцов для исправления ошибок и настройки эффектов	Качество звука четкое, коррекция точная, эффект естественный	
Применение виртуальных инструментов и синтезаторов	Сочинять и демонстрировать музыкальные композиции с использованием виртуальных инструментов и синтезаторов	Работы, демонстрирующие хороший выбор тембра и музыкальную выразительность	

Таблица 5

Требования к навыкам и критерии оценки части Б

Оценки части Б			
Навыки	Требования	Критерии	Оценки
Применение программного обеспечения для обучения музыке	Применение соответствующего программного обеспечения для обучения музыке во время практики	Умение уверенно работать с программным обеспечением и эффективно помогать в преподавании обучения	
Работа с программным обеспечением для нотной записи	Сочинять ноты и использовать программное обеспечение для редактирования и верстки	Ноты правильно отформатированы, верстка аккуратная, легко читается	
Использование музыкальных онлайн-ресурсов	Поиск, оценка и интеграция музыкальных онлайн-ресурсов	Способность эффективно использовать ресурсы и интегрировать их в преподавание	

Таблица 6

Оценка музыкальной культуры и общения

Размеры оценки, уровень	Содержание оценки	Методы оценки	Оценки
Степень владения знаниями по теории музыки	Понимание и способность анализировать теоретические знания, такие как введение в искусство и основы музыкальной эстетики	Оценка посредством вопросов, обсуждений, письменных отчетов и т.д.	
Эстетическая оценка и критические способности	Выявление и оценка эмоциональной выразительности, структурной организации и стилистических характеристик музыкальных произведений	Наблюдение за студентами, анализирующими и обсуждающими музыкальные произведения, а также высказывающими идеи и предложения	
Коммуникативные и презентационные навыки	Способность представлять музыкальные произведения и доносить музыкальную информацию до аудитории	Наблюдение за ясностью речи, точностью и невербальными выражениями студентов	
Инновации и практические способности	Способность применять новые методы, техники или идеи	Оценка инновационных идей и практического применения студентов на семинарах по оценке музыки	

Часть В представляет собой междисциплинарную интеграцию с модулем коммуникации и общения с использованием программного обеспечения для обучения музыке, программного обеспечения нотной записи и музыкальных онлайн-ресурсов для изучения содержания дисциплин модуля коммуникации и общения. В данном модуле можно проводить сеансы обмена оценкой музыки. Студенты используют программное обеспечение для обучения музыке и разработке презентаций, а благодаря мультимедийным ресурсам и обучающим инструментам в программном обеспечении они могут более интуитивно понимать связанные концепции в музыке, искусстве и культуре. Редактирование и компоновка музыкальных клипов, которые необходимо представить, происходит с помощью

программного обеспечения для нотной записи. Онлайн-библиотека музыкальных ресурсов предоставляет студентам богатые музыкальные материалы и историческую справочную информацию. Поэтому студентам необходимо эффективно использовать предложенные ресурсы в целях обеспечения надежной материальной поддержки содержания образования по дисциплине модуля, которое они представляют. В таблице 5 показаны критерии оценки части Б.

5. В то же время модуль коммуникации и общения охватывает не только часть работы с цифровыми технологиями и компьютером, но и часть теории культуры, поэтому сеансы обмена оценками музыки также фокусируются на теории культуры музыки и навыках языкового общения студентов. В таблице 6 представлены сведения

об оценке теоретических аспектов музыкальной культуры.

Подобно методу выставления оценок для других модулей, описанных выше, баллы используются те же, от 1 до 10, для оценки достижений студентов в этом модуле.

Показано, что в каждом модуле наблюдается интеграция дисциплин в рамках их границ. В то же время знания и навыки, формирующиеся в каждом модуле и других модулях, взаимопроницают и перемежаются на основе принципа междисциплинарности, что подтверждает главную идею данного исследования – разработку концепции системы оценки подготовки будущих преподавателей музыки на основе данного принципа.

Заключение

Таким образом, предложенная концепция системы оценки подготовки будущих преподавателей музыки на основе принципа междисциплинарности открывает новую перспективу и методологическую основу в области музыкально-педагогического образования в Китае. Предлагаемая стратегия обучения и идея обеспечивает решение проблемы подготовки преподавателей музыки в Китае для общеобразовательных организаций, в которых страна остро ощущает нехватку.

Считаем, что есть перспектива для проведения дальнейшего исследования оценки педагогической практики подготовки преподавателей музыки на основе эмпирической базы, что позволит обеспечить совершенствование диагностического инстру-

ментария и качество профессиональной подготовки преподавателей музыки на основе междисциплинарного принципа.

Список литературы

1. Щипицина Л.Ю., Дроздова Н.А. Интегрированное обучение иностранному языку и методике его преподавания в магистратуре // Преподаватель XXI век. 2020. № 4(1). С. 100–116.
2. Резер Т.М., И Лянвэнь Реализация принципа междисциплинарности в профессиональной подготовке преподавателей музыки в Китае // ЦИТИСЭ. 2024. № 1(39). С. 173–188. URL: <https://ma123.ru/ru/2024/02/id-0587-ru/> (дата обращения: 22.04.2024). DOI: <http://doi.org/10.15350/2409-7616.2024.1.15>.
3. Ятайкина А.А. Об интегрированном подходе в обучении // Школьные технологии. 2001. № 6. С. 10–15.
4. Anghelachea V., Bentea C.C. Integrated teaching – the new curricular design of pre-primary educational system in Romania // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2012. Vol. 51. P. 125–129. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.08.130.
5. Гревцева Г.Я., Циулина М.В., Болодурин Э.А., Банников М.И. Интегративный подход в учебном процессе вуза // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26857> (дата обращения: 22.04.2024).
6. Маряч А.Ю., Шипилкина Т.А. Содержательно-методический аспект формирования исполнительской компетентности будущего учителя музыки // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2022. Т. 7, № 5. С. 536–542.
7. Мадина З.И. Мастерство учителя музыки как мультивибратор в педагогической деятельности // Science and Education. 2024. Т. 5, № 3. С. 258–263.
8. Гордиенко Т.П., Орлова Ю.А. Возможности применения информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности будущего учителя музыки // Проблемы современного педагогического образования. 2020. № 66(1). С. 61–64.
9. Горбунова И.Б. Музыкальный компьютер как новый инструмент педагога-музыканта в Школе цифрового века // Теория и практика общественного развития. 2015. № 11. С. 254–257.

УДК 378.1:37.035.6
DOI 10.17513/snt.40100

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА ЧУВСТВА ПАТРИОТИЗМА У СОТРУДНИКОВ РОССИЙСКОЙ ПОЛИЦИИ

Кипреев С.Н., Глущенко О.П., Гизатулина В.Х., Гюрджян Г.А.

*ФГКОУ ВО «Краснодарский университет МВД России», Краснодар,
e-mail: komissar.1917@mail.ru*

В работе приведены наиболее характерные особенности формирования у курсантов образовательных организаций полиции поведенческого компонента патриотизма. Даются определение и характеристика поведенческого компонента чувства патриотизма. В данной работе приводятся некоторые аспекты апробации опросника «Мой патриотизм» и подводятся итоги опытно-экспериментальной работы по формированию поведенческого компонента чувства патриотизма у сотрудников правоохранительных органов. Объект исследования: курсанты-полицейские, проходящие службу в образовательных организациях органов внутренних дел. Предмет исследования: поведенческий компонент психолого-педагогического феномена чувства патриотизма. Исследователь представляет экспериментальные данные, отвечающие за диагностику поведенческого компонента чувства патриотизма. Анализируются причины динамики патриотического воспитания у тех или иных диагностических групп, участвовавших в процедуре опроса. Даются актуальные рекомендации командному и преподавательскому составу, способствующие совершенствованию системы патриотического воспитания курсантов-полицейских. Статья основана на результатах современных исследований в сфере патриотического воспитания и наиболее актуальных подходах к формированию у сотрудников полиции ценностных основ личности. В выводах исследования авторы описывают практические результаты оценки уровней сформированности поведенческого компонента чувства патриотизма курсантов экспериментальной и контрольной групп в процентном соотношении.

Ключевые слова: система патриотического воспитания, поведенческий компонент патриотизма, формирование патриотических чувств

SOME FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF THE BEHAVIORAL COMPONENT OF A SENSE OF PATRIOTISM AMONG RUSSIAN POLICE

Kipreev S.N., Glushchenko O.P., Gizatulina V.Kh., Gyurdzhyan G.A.

*Krasnodar University of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Krasnodar,
e-mail: komissar.1917@mail.ru*

The paper presents the most characteristic features of the formation of the behavioral component of patriotism among cadets of police educational organizations. The definition and characterization of the behavioral component of a sense of patriotism is given. This paper presents some aspects of the approbation of the questionnaire «My patriotism» and summarizes the results of experimental work on the formation of a behavioral component of a sense of patriotism among law enforcement officers. The object of the study: police cadets serving in educational organizations of the internal affairs bodies. The subject of the study is the behavioral component of the psychological and pedagogical phenomenon of a sense of patriotism. The researcher presents experimental data responsible for diagnosing the behavioral component of a sense of patriotism. The reasons for the dynamics of patriotic education in certain diagnostic groups participating in the survey procedure are analyzed. Relevant recommendations are given to the command and teaching staff, contributing to the improvement of the system of patriotic education of police cadets. The article is based on the results of modern research in the field of patriotic education, and the most relevant approaches to the formation of personal values among police officers. In the conclusions of the study, the authors describe the practical results of assessing the levels of formation of the behavioral component of the sense of patriotism of the cadets of the experimental and control groups in percentage terms.

Keywords: the system of patriotic education, the behavioral component of patriotism, the formation of patriotic feelings

Введение

Сегодня педагогическая наука остро нуждается в эффективных средствах патриотического воспитания. Благодаря анализу передового опыта в сфере воспитания педагогические системы образовательных организаций повышают эффективность патриотического воспитания [1]. Поведенческий компонент позволяет реализовать проявления патриотических чувств в деятельно-

сти. Он имеет практико-ориентированный характер. Человек строит свое поведение с учетом интересов государства в целях благополучия Родины, поэтому актуальными являются активизация включения в педагогический процесс современных цифровых воспитательных средств и осуществление воспитательного воздействия во взаимодействии с ключевыми социальными институтами современного общества и лидерами

общественного мнения, имеющими рычаги влияния в средствах массовой информации [2]. Под системой патриотического воспитания авторами статьи понимается совокупность субъектов патриотического воспитания, выступающая в качестве нормативно-правовой и духовно-нравственной основы для патриотической деятельности и функционирующая в комплексе мероприятий по патриотическому воспитанию [3]. Чувство патриотизма понимается как психолого-педагогический феномен, выражающийся в любви к Родине и жертвенности ради нее. При этом патриотическое воспитание будет наиболее эффективным при комплексном применении всех имеющихся в арсенале педагогической системы технологий и средств.

Цель исследования состоит в описании отдельного этапа опытно-экспериментальной работы по моделированию системы патриотического воспитания сотрудников полиции на основе использования педагогического потенциала традиционных ценностей, для оценки эффективности которого использован стандартизированный и валидизированный авторский опросник.

Материалы и методы исследования

Поведенческий компонент патриотизма описан и детально изучен авторами в рамках опытно-экспериментальной работы по патриотическому воспитанию на кафедре социально-гуманитарных дисциплин Краснодарского университета МВД России, для чего был произведен формирующий эксперимент методом опроса. На основе анализа существующих исследований патриотизма в опроснике было представлено объединение различных подходов к пониманию чувства патриотизма. В рамках предложенного респондентам диагностического материала необходимо было оценить 64 утверждения, которые расположены в опроснике в соответствии со структурой чувства патриотизма, которое состоит из восьми типов, каждый из которых имеет восемь компонентов. В инструкции опросника используется 10-балльная шкала оценок как наиболее удобная для проведения исследования чувства патриотизма в небольших по численности коллективах. При проведении пилотажного исследования применялась психометрическая шкала Лайкерта, которая также была признана приемлемой для проведения процедуры опросника. В педагогическом эксперименте применялся также комплекс дополнительных методов: информирование, индивидуальная беседа, тренинг, патриотические квесты. Работа основана на методологическом под-

ходе А.А. Остапенко [4, с. 674]. В исследовании были задействованы следующие лица: в качестве экспериментальной группы взяты 178 курсантов 1–3-х курсов обучения факультета по подготовке специалистов для подразделений охраны общественного порядка и обеспечения общественной безопасности и 32 командира подразделений курсантов; в качестве контрольной группы – 177 курсантов 1–3-х курсов обучения факультета по подготовке специалистов для подразделений полиции и 33 командира подразделений курсантов.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования была разработана типология чувства патриотизма, согласно которой патриотизм состоит из восьми типов (каждый из которых состоит из восьми компонентов, одинаковых в каждом типе).

1. Государственный тип чувства патриотизма. Любовь к Родине проявляется в чувствах к государству как объекту этих чувств. Для людей данного типа восприятие государства (в данном случае – Российской Федерации) синонимично с образом Родины. Они не делают глубоких различий между понятиями «государство» и «Родина». Этот тип патриотизма не всегда приемлем для людей, которые родились и выросли в других странах и имеют сильную эмоционально-психологическую, культурную или иную связь с местом рождения. К данному понятию относятся рассматриваемые в различных классификациях гражданский, российский, конституционный, имперский, державный виды патриотизма. Наибольшая связь у такого типа патриотизма существует с религией, территорией, нацией и историей. А.Н. Томилин, С.Н. Томилина и Н.Е. Хекерт отмечают, что особую актуальность сегодня представляет «активное использование для формирования курсантов как патриотов-государственников авторских целевых программ, содержащих разнообразные учебные модули, предусматривающие изучение нового материала, который не входит в учебные программы, относящегося к сфере патриотизма и патриотического воспитания, а также содержащего комплекс воспитательных и культурно-досуговых мероприятий, экскурсионную и поисковую работу» [5]. Для подтверждения разработанных программ авторами статьи выбран флэшмоб как актуальная форма патриотического воспитания.

2. Национальный тип чувства патриотизма. Здесь в качестве объекта патриотических чувств выступают нация, народ, этнос. К данному понятию относятся рассматри-

ваемые в различных классификациях русский, народный, этнический, славянский виды патриотизма. Для его формирования использовались методы тренинг и дебаты.

3. Религиозный тип чувства патриотизм. Вера как сфера проявления патриотических чувств рассмотрена в различных классификациях, где описаны такие типы патриотизма, как православный, духовный, христианский или церковный. Здесь человек ассоциирует понятие «Родина» со своей религией и ее ценностями. В.В. Жуков и Е.Н. Павлов пишут о том, что «традиционные ценности являются основой формирования патриотизма. История, культура и духовность олицетворяют ценности, которые питают чувство любви и преданности к родной стране. Сохранение и передача этих ценностей является важным аспектом образования и воспитания» [6].

4. Исторический тип чувства патриотизма. История как основа Отечества воспринимается человеком в качестве объекта чувства патриотизма. Родина не может восприниматься без временной перспективы, и ее история здесь выступает патриотическим базисом. В.А. Тишков говорит о том, что «история не только вариативна, но и неисчерпаема в своей способности поставлять материал для новых открытий и ревизий. Каждое поколение людей как бы создает свою версию истории, в большей степени соответствующую вопросам и проблемам, которые встают перед живущим поколением. История – это не просто “писать, как было”, но и писание с определенной целью» [7]. Отмечается сильнейшая связь у исторического типа чувства патриотизма с социокультурным, а также с семейно-бытовым и религиозным типами. Для его формирования использовалась технология стрит-арта.

5. Языковой тип чувства патриотизма. Язык народа выступает основой его культуры и одной из форм понимания человеком нации и Отечества. Его можно рассматривать в качестве объекта патриотических чувств. К данному понятию относятся рассматриваемые в различных классификациях языковой (или лингвистический) тип чувства патриотизма. Наибольшую связь языковой тип чувства патриотизма имеет с культурой, историей, нацией. Меньше он связан с религией, бытом. Одним из средств формирования уважения и любви к родному языку является изучение литературы. Б.О. Саидов отмечает следующее: «Поскольку молодые люди воспитываются на идеологических концепциях, важно изначально сформировать в них патриотический дух. Их национальные ценности должны быть основаны

на народных традициях, на родном языке, на национальной психике» [8].

6. Территориальный тип чувства патриотизма. Восприятие места рождения как основы патриотизма. Выбор образа «родной земли» как базиса патриотического чувства происходит из-за неразвитости других, имеющих более сложную структуру, символов. К данному понятию относятся рассматриваемые в различных классификациях территориальный, региональный, областной, городской типы патриотизма. Наибольшую связь территориальный патриотизм имеет с культурой, историей, нацией. Как и языковой, меньше он связан с религией, бытом. Для его формирования использовался метод косплея.

7. Социокультурный тип чувства «патриотизм». Культура лежит в основе патриотических чувств, бывает духовной и материальной. В содержании культуры особенно выделяется искусство (литература, скульптура, живопись и иные формы), которое является объектом чувства патриотизма. При этом стоит отметить угрозу традиционной российской культуре. И.С. Кузьменко говорит о том, что «новые информационно-компьютерные технологии – глобальная деревня, блип-культура, мозаичная культура – формируют пространство нравственных ценностей и идеалов в их специфической “интерпретации” – глобализация экономического, культурного и медиапространства, Интернет, спутниковое телевидение, культ потребительства, наживы и успеха. Это вступает в конфликт с традиционными нравственными ценностями и идеалами сотрудников правоохранительных органов» [9]. К данному типу патриотизма относятся такие подтипы, как культурный, традиционный, идеологический патриотизм. Наибольшая связь социокультурного типа патриотизма проявляется в отношении к обществу, нации, государству и своей истории.

8. Семейно-бытовой тип чувства патриотизма. Суть его состоит в рассмотрении семьи в качестве объекта патриотических чувств и понимании организации быта и воспитания детей как формы проявления патриотизма. К данному понятию относятся рассматриваемые в различных классификациях бытовой, семейный, личностный, трудовой виды патриотизма. Наибольшую связь семейно-бытовой патриотизм имеет с историей, культурой, религией. Меньше он связан с территорией, государством, языком. Кроме того, каждый человек понимает патриотизм по-своему, у каждого имеется индивидуальная структура чувства патриотизма, главным элементом в которой и определяющей, движущей силой является какой-либо из его типов. Следует упо-

мянуть мнение К.Д. Поповой и Р.В. Еремина: «Патриотические чувства выражаются в осознанном и бережном отношении к природе, истории отечества, в осознании своего долга и ответственности перед Родиной и другими людьми, в заботе об общем благе. Благодаря патриотизму и героизму людей удавалось выходить из самых тяжелых ситуаций в самые сложные периоды нашей истории» [10].

Особенности развития поведенческого компонента чувства патриотизма у сотрудников российской полиции заключаются в их особом отношении к законности и организации патриотической деятельности, обусловленном характером профессиональной деятельности и системой взаимоотношений между полицейскими и гражданами. Каждый тип чувства патриотизма в опроснике структурно разделен на восемь компонентов, которые определяют суть и содержание представленных выше типов.

Когнитивный. Он включает в себя: использование исторических знаний для формирования патриотизма; знания о своем государстве, способствующие формированию патриотизма; осознание национальной идентичности, позволяющее сформировать патриотические чувства; знание о том, что родной язык способствует осознанию себя патриотом; знание о механизме повышения уровня патриотизма в результате изучения основ своего вероучения; знания о своей культуре (обычаях и традициях); знания о том, как нужно проявлять свой патриотизм в повседневной жизни. Когнитивный критерий подразумевает наличие у респондентов системных и глубоких знаний о структуре патриотизма; принятие духовно-нравственных ценностей в качестве лично значимых ориентиров.

Мотивационный. Он состоит из: мотивации на деятельность во благо Отечества благодаря осознанию причастности к истории своей страны; возникновения вдохновения и чувства гордости за политические успехи и экономические достижения государства; чувства любви к родной земле, региону, вдохновляющего на деятельность во благо Отечества; мотивации на активную жизнедеятельность ввиду осознания своей национальной принадлежности; осознания мотивационного значения для патриотического воспитания родного языка; конфессиональной мотивации на труд во благо Отечества; вдохновения на труд во благо Отечества через культуру; получения мотивации от своей бытовой деятельности во благо Отечества.

Операционный. Основан на понимании респондентами роли государства

и истории Отечества в деле формирования чувства патриотизма, его территориальных и региональных особенностей для воспитания патриотизма; отношении к своей национальности, родному языку, религии и культуре; значения личной деятельности в интересах Отечества.

Поведенческий. Наличие взглядов на то, что: государство является высшим символом патриотизма; патриотизм необходимо проявлять в практических делах, родной язык нужно развивать и охранять от влияния других языков; побуждению своей веры к любви к Родине; необходимости жить сообразно традициям и обычаям русской культуры; деятельности в интересах семьи как важного проявления патриотизма.

Продуктивный. Сформированность понятий о том, что: развитие нашей страны невозможно без изучения ее истории; государство способствует развитию патриотических чувств; развитие региона способствует формированию у людей чувства патриотизма; национальное самосознание способствует любви к родине; в ходе развития родного языка растет уровень патриотизма в нашей стране; развитие религиозных институтов ведет к росту патриотизма; соблюдение культурных традиций и обычаев способствует развитию патриотизма; каждый человек должен любить свою семью и заботиться об окружающих, чтобы росло благосостояние Отечества.

Регуляторный. Понимание процессов: что история моей страны влияет на формирование патриотических чувств; государственная власть должна организовывать патриотическое воспитание граждан; от территориальных особенностей страны зависит уровень патриотизма ее жителей; национальная идея определяет развитие патриотических чувств; язык регулирует процессы формирования чувства патриотизма; отношение к родине определяют конфессиональная принадлежность, культура, работа.

Ценностный. Возникновение следующих интересов и осознание важности: истории нашей страны для осознания себя патриотом; способности к совершению героических поступков, подвигов ради благополучия родины; обладания родной землей высшим патриотическим смыслом; признание высшей ценностью национальности и ее определяющего влияния на Родину; понимание как важнейшей ценности родного языка; признание принадлежности к религии ценностью, равной патриотизму; понимание в качестве главнейших ценностей культуры, детей и семьи, их равенство с понятием Родины.



Уровни сформированности поведенческого компонента чувства патриотизма курсантов экспериментальной и контрольной групп (в %)

Эмоционально-волевой. Наличие чувств: чувства гордости за политические и исторические победы своего отечества; чувства возмущения и желания покарать тех, кто оскорбляет честь страны; чувства любви к родной земле; радости при получении информации об успехах своих соотечественников; испытания удовольствия от разговора на родном языке и желания вносить вклад в его поддержку; чувства глубокой любви и уважения в отношении своей веры; чувства радости от своей причастности к родной культуре; удовлетворения от труда ради пользы своих близких [11].

Количественные данные о сформированности поведенческого компонента чувства патриотизма у курсантов экспериментальной и контрольной групп по результатам формирующего эксперимента показаны на рисунке.

Подавляющее большинство участников исследования достигли высокого уровня сформированности патриотических чувств, что было подтверждено наблюдениями и индивидуальными беседами с респондентами. Число курсантов, имеющих уровень патриотизма «низкий» и «ниже среднего», были невелики. Респонденты, у которых выявлен «высокий» уровень развития патриотизма в целом и различных его типов и компонентов в частности, также оказались способными осознать необходимость и важность использования духовно-нравственных ценностей в деле воспитания патриотизма. А.В. Поповкин и М.Е. Буланенко указывают на то, что «...патриотизм

может стать новой российской идеологией, но для того, чтобы она была принята и усвоена обществом, в ее основу должны быть положены ценности, отражающие духовное своеобразие России, выражающие духовный характер ее народа» [12]. Проведенное авторами исследование согласуется с данными работ, в которых для патриотического воспитания применялись передовые (новаторские) педагогические технологии и методы: тренинги, флэшмоб (2-й и 3-й курс), специальные квесты, интеллектуальные игры (1–2-й курс), косплей, дебаты, розыгрыш, метод кейсов (3-й курс), стрит-арт, и другие, где основной упор был сделан на роли личности в деле патриотического воспитания [13].

Заключение

Благодаря деятельности воспитательных структур образовательной организации у основной массы курсантов обеих диагностических групп чувство патриотизма было сформировано, при этом участники экспериментальной группы смогли лучше проявить патриотические эмоции и чувства, выражая их в деятельности во благо своего Отечества. При этом воспитательная практика показала, что особую актуальность имело привлечение к участию в лекциях и семинарах героев специальной военной операции в нынешних педагогических условиях, это способствовало повышению эффективности патриотических мероприятий.

Формирующий эксперимент, осуществлявшийся в схожих условиях для экспери-

ментальной и контрольной групп, показал эффективность использования для патриотического воспитания современных педагогических технологий и новаторских подходов к патриотическому воспитанию, а разработанный опросник выступил в качестве средства, способного объективно диагностировать уровень сформированности патриотических чувств у испытуемых.

Список литературы

1. Нор Л.Н., Степанищева С.Н., Пыхтунова А.Ю., Ваганова О.С. Организация патриотического воспитания как неотъемлемая часть образования // Вестник научных конференций. 2023. № 5-1 (93). С. 87-88.
2. Никандров Н.Д. Воспитание и информационная среда общества // Известия Российской академии образования. 2022. № 2 (58). С. 7-20.
3. Туркова Е.В. Сущностные основы патриотического воспитания молодежи // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2023. № 17. С. 199-203.
4. Остапенко А.А., Зелинский К.В. Методологические основания православной // Вопросы теологии. 2022. Т. 4, № 4. С. 673-692.
5. Томилин А.Н., Томилина С.Н., Хекерт Н.Е. Особенности моделирования процесса патриотического воспитания курсантов морского вуза // Мир науки, культуры, образования. 2021. № 2 (87). С. 108-110.
6. Жуков В.В., Павлов Е.Н. Особенности формирования патриотизма под влиянием традиционных ценностей: историко-педагогический аспект // Мир педагогики и психологии. 2024. № 4 (93). С. 13-22.
7. Тишков В.А., Шабаяев Ю.П. Историческая память: формы сохранения, конструирования и презентации // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2019. № 4 (40). С. 62-71.
8. Саидов Б.О. Некоторые замечания о научно-психологическом исследовании проблемы патриотического воспитания // Мир образования – образование в мире. 2022. № 3 (87). С. 65-71.
9. Кузьменко И.С. К вопросу о формировании нравственных ценностей и идеалов у современной российской молодежи посредством информационного пространства // Общество и право. 2013. № 1 (43). С. 255-258.
10. Попова К.Д., Еремин Р.В. Духовно-нравственное и патриотическое воспитание // Наука-2020. 2024. № 2 (69). С. 124-130.
11. Кипреев С.Н. Образование в период импортозамещения: долой культурно-языковую интервенцию! // Народное образование. 2023. № 6 (1501). С. 91-99.
12. Поповкин А.В., Буланенко М.Е. Может ли патриотизм стать новой идеологией России? // Россия и АТР. 2023. № 4 (122). С. 10-21.
13. Кипреев С.Н. Проблемы и особенности формирования семейно-бытового чувства патриотизма в условиях современного общества // Современное образование. 2023. № 1. С. 17-28.

УДК 37.04:372.8
DOI 10.17513/snt.40101

ОБУЧЕНИЕ АНАЛИЗУ ЗАПИСИ ЧИСЕЛ И ПРОВЕРКЕ ИХ ДЕЛИМОСТИ В ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON В ШКОЛЕ

¹Козлов С.В., ²Быков А.А.

¹ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», Смоленск,
e-mail: svkozlov1981@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Смоленский филиал, Смоленск, e-mail: alex1by@mail.ru

Приложения анализа значений числовых выражений и проверки их делимости играют важную роль при исследовании многих практических ситуаций. Прикладной характер этого вопроса обуславливает поиск оптимальных путей их решения. В связи с этим использование инструментов языков программирования приобретает особую значимость. Обучение решению таких задач оптимальным образом, наряду с изучением базовых алгоритмических конструкций, образует ядро линии программирования в школьном курсе информатики. Ввиду этого в статье обсуждаются возможности применения средств языка программирования Python для решения таких задач. Основное внимание при составлении алгоритмов анализа чисел из заданного отрезка на соответствие указанному шаблону и проверке их на делимость уделяется вопросу оптимальности. Авторами сравниваются особенности переборного и оптимального вариантов решения задачи. Переборный вариант решения сначала предусматривает проверку всех чисел на соответствие маске. После чего выбранные числовые значения проверяются на делимость. Оптимальный подход основывается на проверке маски только чисел, которые делятся на указанное в задании число. В связи с чем в статье демонстрируется принцип программной реализации, при которой задается шаг перехода от одного числа, удовлетворяющего критерию делимости, к другому числу. В ходе исследовательской работы, представленной авторами, показана необходимость овладения навыками организации оптимальной обработки числовых данных при обучении информатике в школе на профильном уровне.

Ключевые слова: информатика, программирование, алгоритм, арифметическое выражение, числа, делимость, язык Python, компьютерная программа, образовательный процесс

LEARNING TO ANALYZE NUMBER RECORDING AND CHECK THEIR DIVISIBILITY IN THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE AT SCHOOL

¹Kozlov S.V., ²Bykov A.A.

¹Smolensk State University, Smolensk, e-mail: svkozlov1981@yandex.ru;

²National Research University MPEI, Smolensk branch, Smolensk, e-mail: alex1by@mail.ru

Applications of analyzing the values of numerical expressions and testing their divisibility play an important role in the study of many practical situations. The applied nature of this issue determines the search for optimal ways to solve them. In this regard, the use of programming language tools becomes especially important. Teaching to solve such problems in an optimal way, along with studying basic algorithmic structures, forms the core of the programming line in the school computer science course. In view of this, the article discusses the possibilities of using the Python programming language to solve such problems. When developing algorithms for analyzing numbers from a given segment for compliance with a specified pattern and testing them for divisibility, the main attention is paid to the issue of optimality. The authors compare the features of exhaustive and optimal solutions to the problem. The exhaustive version of the solution first involves checking all numbers for compliance with the mask. After which the selected numerical values are checked for divisibility. The optimal approach is based on checking the mask only for numbers that are divisible by the number specified in the task. In this connection, the article demonstrates the principle of software implementation, in which the step of transition from one number that satisfies the divisibility criterion to another number is specified. In the course of the research work presented by the authors, the need to master the skills of organizing optimal processing of numerical data when teaching computer science at school at the profile level is shown.

Keywords: computer science, programming, algorithm, arithmetic expression, numbers, divisibility, Python language, computer program, educational process

Введение

Тема «Системы счисления» является сквозной при изучении школьного курса информатики [1]. Знания и умения по этой теме выступают не только предметом изучения, они используются при решении многих заданий из смежных тем [2]. Напри-

мер, при изучении способов кодирования и декодирования данных, при анализе вычислительных алгоритмов для формальных исполнителей, при составлении таблиц истинности для логических функций, при обработке IP-адресов в компьютерных сетях. При этом в профильном курсе информатики

в старших классах особое внимание уделяется анализу операндов арифметических выражений [3]. В частности, обучающиеся изучают вопрос о значении цифр в записи числовых выражений, выборе чисел из указанного диапазона, удовлетворяющих заданному шаблону и критериям делимости. Для этого им необходима фундаментальная подготовка в области теоретических знаний из математики и получение навыков решения практических заданий. Однако заметим, что во многих случаях в школе ограничиваются только разбором теоретических подходов и решением некоторого набора задач «вручную».

Привлечение к решению таких задач инструментальных средств современных систем программирования [4] существенным образом смещает акценты при анализе чисел в различных системах счисления. Ученик получает действенный инструмент приложения своих теоретических знаний. Он «видит» результаты работы алгоритмов обработки числовых значений и получает их эффективным образом, избегая громоздких вычислений на бумаге. В то же время проверка умения выполнять задания на анализ чисел, удовлетворяющих заданным условиям отбора, на ЕГЭ по информатике говорит о том, что обучающиеся в недостаточной степени овладевают навыками их решения. В связи с этим необходимо отводить в системе обучения информатике в школе на профильном уровне при решении таких заданий с использованием систем программирования, например таких как Python, больше времени.

Цель исследования – оценка эффективности объяснения обучающимся методов анализа записи чисел и проверки их делимости в языке программирования Python.

Научная новизна заключается в апробации методологии внедрения функциональных инструментов языка программирования Python среды PyCharm при решении задач выборки чисел и анализа полученных значений, которые удовлетворяют заданным критериям делимости.

Материалы и методы исследования

Начало изучения среды программирования Python относится к средней школе [5, 6]. В старших классах обучающиеся профильных классов учатся применять изученные алгоритмические конструкции и базовые алгоритмы на практике решения разных прикладных заданий. Так, например, многие из этих заданий сводятся к анализу числовых значений в указанном диапазоне [7, 8], а затем последующему выбору из них числового выражения по представленному шаблону и проверке полученного результата на делимость числа n на m . В ЕГЭ по информатике в таком задании диапазон указан сразу, при этом его границы сознательно расширяют так, чтобы он содержал числа с восемью и более цифрами. Это усложняет не только проводимый в задании анализ, но и предполагает написание для решения оптимального эффективного программного кода, а не использование в нем переборного варианта. В связи с этим обучающиеся должны понимать, что в таком случае лучше «отталкиваться» от делимости чисел. Для этого необходимо для организации цикла сначала вычислить начальное значение из заданного диапазона, которое удовлетворяет критерию делимости. Затем с шагом, равным делителю, проверять в цикле числа на соответствие указанному шаблону. Эти действия следует повторять до тех пор, пока не будет достигнут правый конец диапазона.

Обобщим подходы к решению таких примеров и проанализируем способы их решения.

Задача. Сколько среди чисел из отрезка [12436578; 45653317] удовлетворяют маске $3?3215*7$ и делятся на 24 без остатка? В ответе укажите все найденные числа в порядке возрастания и результат их деления на 24 в виде пар значений.

Представим сначала решение данной задачи на языке программирования Python переборным способом:

```
for i in range(12436578, 45653317 + 1):
    if str(i)[0] == '3' and str(i)[2:6] == '3215' and str(i)[-1] == '0':
        if i % 24 == 0:
            print(i, i // 24)
```

Искомым ответом будет следующий набор пар чисел:

```
31321560 1305065
32321520 1346730
34321560 1430065
35321520 1471730
37321560 1555065
38321520 1596730
```

В данном решении для организации проверки чисел на соответствие шаблону и критерию делимости использован цикл с параметром `for`. Обратим внимание, что для определения искомого отрезка проверки чисел в операторе `range` левый конец включается, а правый нет. Поэтому к правому числу полуинтервала необходимо прибавить единицу.

В цикле с помощью первого оператора `if` анализируется, подходит ли текущее число под заданный шаблон. Для этого обучающиеся должны владеть навыками работы со срезами списков. Проверяемое число переводится в строковый формат, после чего становятся доступны операции срезов. Так как нумерация в языке Python начинается с нуля, то проверка первого символа шаблона осуществляется с помощью команды `str(i)[0] == '3'`. Второй символ может быть любым, поэтому его проверка не требуется. С третьего по шестое место в числе должны стоять символы '3215'. Их проверка осуществляется с помощью среза `str(i)[2:6]`, так как, напомним, в Python диапазон представляет собой полуинтервал, левый конец которого включен в него, а правый – нет. Вместо седьмого символа в шаблоне указана '*', а не как на втором месте '?', в связи с этим на ее месте может быть последовательность символов любой длины, в том числе

и нулевой. Поэтому для того, чтобы указать, что последний символ строки – это цифра '0', необходимо воспользоваться двойной нумерацией позиций в списках языка программирования Python. Так, при нумерации элементов списка с конца, справа налево, они имеют индексы, начиная с -1 в обратную сторону по порядку. То есть последний символ строки будет иметь индекс -1, несмотря на то, находится ли он на седьмой, восьмой или иной позиции в числе.

С помощью второго оператора `if` осуществляется проверка на делимость на 24. Для этого вычисляется остаток от деления числа, удовлетворяющего заданному шаблону, на 24 и сравнивается с нулем. Если проверка завершена успешно, то искомое число из заданного отрезка найдено, и оно выводится на экран вместе с результатом его целочисленного деления на 24 с помощью команды `print`.

Вывод шести пар найденных значений в рассмотренном варианте для диапазона восьмизначных чисел будет занимать около 5 с. Расширение заданного промежутка еще больше увеличит время выполнения программы, что становится на экзамене критичным. В связи с этим обучающимся необходимо предложить вариант оптимизации представленного программного кода. Рассмотрим его:

```
for i in range(12436578 // 24 + 1, 45653317 // 24 + 1):
    num = str(24 * i)
    if num[0] == '3' and num[2:6] == '3215' and num[-1] == '0':
        print(num, i)
```

В данном программном коде цикл с параметром `for` осуществляется только по числам, которые делятся на 24. Для этого левый и правый конец заданного диапазона восьмизначных чисел делится нацело на 24 и к полученным результатам прибавляется единица. Затем в цикле для каждого из полученных значений формируется строка, которая является результатом их умножения на 24. Таким способом получаем набор чисел в строковом формате с шагом 24, что сокращает количество витков цикла 24 раза. Последующая проверка чисел, которые уже делятся на 24, на соответствие заданному шаблону осуществляется тем же самым способом. Такой подход к решению поставленной задачи позволяет значительно выиграть во времени выполнения программы [9, 10]. В представленном решении результат становится доступным мгновенно в течение нескольких миллисекунд. При этом заметим, что в представленном способе решения обучающиеся, изучая

приемы оптимизации программного кода, параллельно знакомятся с организацией циклов с указанным шагом в соответствии с критериями делимости натуральных чисел [11]. А в контексте ЕГЭ по информатике это позволяет им получить ответ на задание оптимальным способом за минимальный промежуток времени.

Такие задания были предложены обучающимся на формирующем и констатирующем этапах педагогического эксперимента, которые позволили сформировать методологическую базу исследования. В ходе экспериментальной деятельности для обработки полученных результатов были применены математические методы анализа, в частности статистические методы, математический аппарат имплицитивных матриц и соответствие Галуа. Гипотеза исследования заключалась в том, что использование алгоритмических конструкций языка программирования Python, его структур данных и инструментов работы с ними

в школе при анализе записи чисел и проверке их на делимость заданному числу повышает эффективность обучения.

Педагогический эксперимент по обучению разным подходам к анализу записи чисел и проверке их делимости в языке программирования Python проводился в течение четырех недель в двух образовательных учреждениях Смоленской области. А именно, в Смоленском физико-математическом лицее при МИФИ и средней школе № 6 г. Смоленска. Информатика в этих учебных заведениях в физико-математическом классе и IT-классе соответственно изучается на профильном уровне. В экспериментальной работе приняли участие 32 обучающихся.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты педагогического исследования, полученные в ходе диагностических работ, обобщены в табл. 1 и 2.

Констатирующий этап эксперимента состоял в изучении теоретического материала и решении заданий без применения возможностей сред программирования. Учащиеся сначала познакомились с понятием «маска», выясняли отличия между используемыми в ней для отбора произвольных значений символами «?» и «*». Затем они повторяли критерии делимости и исследовали способы обработки чисел в зависимости от заданных промежутков отбора и значений делителей. Решение предложенных заданий преимуще-

ственно осуществлялось переборными способами. В случаях небольшого набора данных обучающиеся решали задачи вручную, а в ситуациях обработки чисел с указанных отрезков соизмеримой длины, как правило, в диапазоне от четырехзначных до семизначных чисел, они применяли инструменты для организации прогрессий, фильтров и вычислений делителей из электронных таблиц. На завершающей стадии этого этапа эксперимента обучающимся был предложен тест, который состоял из шести заданий. Все задания было необходимо решить без использования средств обработки данных в системах программирования, в частности алгоритмических конструкций и функций языка Python, иными словами, без программных инструментов оптимизации.

Формирующий этап эксперимента предполагал для решения таких задач широкое применение языка программирования Python. Сначала обучающиеся тренировались в программной реализации переборных алгоритмов для определения количества чисел, соответствующих заданной маске и делящихся на указанное число без остатка. Затем они учились оптимизировать составленные ими алгоритмы, сравнивали их сложность и время выполнения программы. При этом особое внимание также уделялось эффективности используемых алгоритмических подходов не только по времени, но и по памяти. Это требовало от них расширения круга своих знаний и умений при решении таких задач.

Таблица 1

Результаты констатирующего этапа педагогического эксперимента

Группа	Число обучающихся, достигших уровня усвоения знаний и освоения умений			Всего
	Высокий	Повышенный	Базовый	
СФМЛ при МИФИ	3	6	9	18
IT-класс школа № 6	1	6	7	14
Всего	4	12	16	32

Таблица 2

Результаты формирующего этапа педагогического эксперимента

Группа	Число обучающихся, достигших уровня усвоения знаний и освоения умений			Всего
	Высокий	Повышенный	Базовый	
СФМЛ при МИФИ	8	7	3	18
IT-класс школа № 6	7	5	2	14
Всего	15	12	5	32

На завершающей стадии формирующего этапа эксперимента обучающимся также был предложен диагностический тест. Данный итоговый тест содержал шесть заданий. Все задания было необходимо решить с помощью языка программирования Python. Отметим, что вычислительная сложность заданий была такова, что обработка данных задачи без использования средств оптимизации в алгоритмах было невозможно. Данные, полученные в ходе экспериментальной работы, были обработаны в интеллектуальной программной оболочке «Advanced Tester». При этом программное приложение «Advanced Tester», используемое в эксперименте, позволяло не только анализировать полученные результаты диагностических срезов знаний и умений обучающихся, но и моделировать на всем его протяжении индивидуальные и групповые образовательные карты учащихся с помощью математического аппарата имплицитных матриц и соответствия Галуа [12, 13]. Кроме того, возможности удаленного использования этого программного средства открывали дополнительные горизонты совершенствования своих навыков обучающимися во внеучебное время [14, 15]. Данные о текущем характере обучения фиксировались и обрабатывались в программной среде «Advanced Tester» автоматически.

Качественный анализ условий и результатов эксперимента. Результаты, полученные в ходе исследования и отраженные в таблицах, позволяют утверждать, что уровень знаний и умений обучающихся увеличивается во всех диапазонах измерений. Это указывает на то, что применение инструментов языка программирования, в частности Python в среде PyCharm, упрощает анализ условий отбора данных по шаблону и проверку делимости выражения на заданное натуральное число. Кроме того, существенно расширяется диапазон рассматриваемых в задачах чисел. Применение эффективного алгоритма обеспечивает выполнение программы за доли миллисекунды для больших многозначных чисел, содержащих от десяти до двадцати знаков. Обучающиеся, изучая на углубленном уровне алгоритмы оптимизации отбора чисел по заданным критериям, пишут программный код решения задачи с более сложными условиями. При этом принципы его построения инвариантны относительно исследуемого диапазона числовых выражений. Это обуславливает преимущество использования программной среды языка Python от решения задач по анализу записи чисел и проверке их делимости «вручную» и средствами электронных таблиц.

Также отметим, что использование при проведении эксперимента программной среды «Advanced Tester» позволило более точно подойти к формированию ориентиров из зоны ближайшего развития обучающихся. Автоматизация подбора индивидуальных заданий от простого к сложному в соответствии с неусвоенными в ходе практики элементами знаний отражает качественный переход учащихся в группы с более высокими показателями учебных достижений. Как во время занятий, так и во внеурочное время обучающиеся имели доступ к непрерывной работе в системе «Advanced Tester», что открывало перед ними перспективы дополнительной тренировки при отработке полученных навыков применения алгоритмов в новых условиях и при необходимости коррекции базовых учебных действий. Формирование подвижных малых групп отражало текущий уровень знаний и умений обучающихся и позволяло гибко адаптировать учебный процесс под их индивидуальные и групповые запросы. В совокупности это как создает прочную основу для решения заданий базового уровня сложности, так и формирует потребность в переходе обучающихся к исследованию более сложных ситуационных аспектов. Обучающиеся не боятся изучать углубленный курс информатики, они видят общие закономерности в его построении и успешно осваивают их. Учащиеся выполняют учебный план с опережением, тем самым высвобождая необходимое время на изучение дополнительного профильного материала. Таким образом, формируется фундаментальная база их знаний и умений, как будущего специалиста в сфере цифровых технологий. Это говорит о том, что гипотеза исследования о повышении эффективности обучения анализу записи чисел и проверке их делимости в школе с использованием возможностей языка программирования Python находит свое доказательство.

Заключение

Итак, экспериментальная работа указывает на целесообразность применения инструментов языка программирования Python при решении задач анализа соответствия записи чисел указанной маске и проверке их делимости на заданное число. Осваивая знания по этой теме, обучающиеся на практике могут понять в какой ситуации лучше использовать то или иное программное средство, либо не использовать его вовсе. При этом они видят всестороннее применение методов и средств программирования, как основополагающей учебной единицы школьного курса

профильной информатики. Обучающиеся апробируют на практике применение теоретических подходов при решении разных прикладных задач. При таком подходе к обучению они учатся после проведенного анализа осознанно применять тот или иной программный инструмент, который в данной ситуации обеспечивает эффективность и позволяет получить ответ на поставленный в задаче вопрос в кратчайшие сроки с меньшими функциональными вложениями. Это способствует пониманию всех нюансов применяемого алгоритма, а не только общих принципов его работы. Тем самым у обучающихся происходит формирование профессиональных навыков своей будущей деятельности в области использования цифровых технологий в разных отраслях науки и техники.

Список литературы

1. Латышева Е.В. Тема «Системы счисления» в школьном курсе информатики // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы. Материалы XV Всероссийской научно-практической конференции / Редакция: Р.М. Чудинский (науч. ред.) и др. Воронеж, 2021. С. 269–273.
2. Аванесян А.А., Разумова И.В., Донов Д.Д. Системы счисления в математике и их применение в жизни // Университетская наука. 2022. № 1 (13). С. 131–136.
3. Иорданский М.А., Мухин Н.А. Использование информационно-педагогических технологий при изучении систем счисления и компьютерной арифметики // Информатика и образование. 2017. № 9 (288). С. 51–53.
4. Козлов С.В., Быков А.А. Обучение школьников выполнению и анализу алгоритмов для формального исполнителя с использованием систем программирования // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32491> (дата обращения: 15.04.2024).
5. Бровка Н.В., Францкевич А.А. Обучение учащихся основам алгоритмизации и программирования // Педагогика информатики. 2020. № 3. С. 1–9.
6. Козлов С.В. Особенности обучения школьников информатике в профильной школе // Концепт. 2014. № 1. С. 31–35. URL: <http://e-koncept.ru/2014/14006.htm> (дата обращения: 17.05.2024).
7. Архангельская Е.В. Организация обучения основам алгоритмизации и программирования с использованием анализа математических задач // Информатизация образования и науки. 2022. № 4 (56). С. 166–175.
8. Каган Э.М. Применение визуальных языков программирования для повышения эффективности обучения разделу «Алгоритмизация и программирование» школьного курса информатики // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. 2018. № 1 (43). С. 99–104.
9. Пономарев Д.А. Решение олимпиадных задач по информатике по теме «Системы счисления» на языке программирования Python // Информационные технологии в образовании. 2021. № 4. С. 193–198.
10. Ильченко О.Ю., Сырицына В.Н., Кадеева О.Е. Решение задач ЕГЭ по информатике средствами языка Python // Высшее образование сегодня. 2021. № 11–12. С. 42–54.
11. Рослякова Е.А., Химич А.М. Преимущества использования языка программирования Python при изучении раздела «Алгоритмизация и программирование» в школьном курсе информатики // Современные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук: материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции / Под ред. С.А. Коньшаковой. 2018. С. 148–152.
12. Козлов С.В., Быков А.А. Особенности изучения междисциплинарных тем школьных курсов математики и информатики с помощью методов математического моделирования // Проблемы современного образования. 2021. № 5. С. 250–261.
13. Козлов С.В., Быков А.А. Применение методов математического моделирования для диагностики знаний школьников // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 4. С. 157–162.
14. Киселева О.М. Программные средства поддержки удаленного обучения // Вызовы цифровой экономики: тренды развития в условиях последствий пандемии COVID-19: сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к Году науки и технологий в России. Брянск, 2021. С. 143–146.
15. Senkina G.E., Timofeeva N.M., Kiseleva O.M. Modernization of traditional educational forms in the context of distance learning // Journal of Higher Education Theory and Practice. 2022. Т. 22, № 3. P. 160–165.

УДК 378.14
DOI 10.17513/snt.40102

ФОРМИРОВАНИЕ У СТУДЕНТОВ ВУЗА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ТОЧНОСТИ И НАДЁЖНОСТИ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ

¹Краснощеков В.В., ¹Семенова Н.В., ²Аббас А., ²Шибб Х.

¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
Санкт-Петербург, e-mail: krasno_vv@spbstu.ru;

²Высший институт прикладных наук и технологий, Дамаск,
e-mail: ali.abbas95@yandex.com

Авторы провели исследование связи точности и надёжности оценки вероятности с целью получить наглядные средства для демонстрации студентам характеристик этой связи при различных значениях самой вероятности и объёма выборки. Статья продолжила исследования авторов в области точности вероятностных моделей, представления о которой способствуют формированию вероятностного подхода студентов к научному познанию. Оценка вероятности проводилась методом доверительных интервалов. Для построения доверительного интервала оценки вероятности авторы использовали формулу Муавра-Лапласа. Авторы провели большое число вычислительных экспериментов. Авторы представили результаты этих экспериментов в виде графиков. Эти графики дают убедительную картину зависимости точности оценки вероятности от её надёжности при четырёх значениях объёма выборки и пятнадцати значениях оцениваемой вероятности. Авторы предложили две модели аппроксимации полученных зависимостей, не содержащих трансцендентных функций. Авторы исследовали погрешности обеих моделей аппроксимации зависимости точности оценки вероятности от её надёжности. Результаты исследования могут использоваться в учебных пособиях для студентов вузов. На основании анализа семейств кривых студенты получают представления о приемлемых в статистической практике значениях точности и надёжности вероятности исследуемых явлений и процессов, а также оптимальных для достижения этих параметров объёмах статистических данных.

Ключевые слова: вероятность, статистика, формула Муавра-Лапласа, доверительный интервал, точность, надёжность, объём выборки

FORMING THE CONCEPT OF ERROR AND RELIABILITY OF PROBABILITY ASSESSMENT FOR UNIVERSITY STUDENTS

¹Krasnoshchekov V.V., ¹Semenova N.V., ²Abbas A., ²Shbib H.

¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg,
e-mail: krasno_vv@spbstu.ru;

²Higher Institute for Applied Science and Technology, Damascus,
e-mail: ali.abbas95@yandex.com

The authors conducted a study of the relationship between the margin of error and reliability of probability estimation in order to obtain a visual means to demonstrate to students the characteristics of this relationship for various values of probability itself and sample size. The article continued the authors' research in the field of accuracy of probabilistic models, ideas about which contribute to the formation of students' probabilistic approach to scientific knowledge. The authors used the confidence interval method for probability assessment. To construct a confidence interval for assessing the probability, the authors used the Moivre-Laplace theorem. The authors conducted a large number of computational experiments. The authors presented the results of these experiments in the form of graphs. These graphs give a convincing picture of the dependence of the margin of error of the probability estimate on its reliability for four values of the sample size and fifteen values of the estimated probability. The authors proposed two models for approximating the obtained dependencies that do not contain transcendental functions. The authors examined the errors of both models for approximating the dependence of the margin of error of probability estimation on its reliability. The research results are suitable for university student's textbooks. Based on the analysis of families of curves, students gain an understanding of the values of margin of error and reliability of the probability of the studied phenomena and processes that are acceptable in statistical practice, as well as the optimal sizes of statistical data to achieve these parameters.

Keywords: probabilities, statistics, Moivre-Laplace theorem, confidence interval, margin of error, reliability, sample size

Введение

Вероятностные и статистические методы становятся всё более востребованными в научных исследованиях, инженерных и экономических расчетах. В то же время многие инструменты и средства вероятностно-статистического анализа носят эвристический характер. Соответственно возрастает роль качественной подготовки

специалистов различных областей по теории вероятностей и математической статистике. В противном случае как отсутствие глубокого понимания сути используемых методов, так и недостаток практики могут привести к неточным результатам и ошибочным выводам. Проблема освоения студентами вероятностных разделов математики справедливо беспокоит исследователей

сферы образования [1, 2]. Авторы приложили немало усилий для обоснования необходимости формирования вероятностного подхода к научному познанию студентов, считая этот подход элементом профессиональной культуры специалиста [3].

Среди проблематики применения вероятностно-статистических методов большое место занимают вопросы точности и надежности статистических оценок [4, 5]. С ними тесно связаны поиски оптимального размера выборки [6]. Неадекватный размер выборки, полученный, например, вследствие произвольного толкования уровня надёжности, может послужить источником ошибочных выводов [7]. В настоящее время выявлены многочисленные факты непонимания терминологии и сущности интервального оценивания как исследователями в области психологии, медицины, биологии [8], так и педагогами и учащимися [9]. Более того, подвергается сомнению сама идея существующего метода интервального оценивания. Дело в том, что произвольная трактовка понятий «доверительный интервал (confidence interval)», «точность/ошибка (margin of error)», «доверительная вероятность/надёжность (confidence probability/reliability)» может привести к манипуляции данными с целью получить обоснование выдвигаемой гипотезы [10]. Предлагаются альтернативные способы построения доверительных интервалов, оценки и интерпретации их параметров [11, 12]. Таким образом, актуальной является задача формирования адекватных представлений студентов о связи точности и надёжности при оценке вероятности.

Настоящая работа продолжает исследование авторов в области разработки средств формирования у студентов вузов вероятностного подхода к научному познанию. Этому аспекту преподавания теории вероятности и математической статистики обычно не уделяется достаточного внимания, несмотря на то, что роль стохастических методов в инженерной и экономической практике постоянно возрастает.

В статье [13] были исследованы границы применимости приближенной формулы Пуассона, а также интегральной теоремы Лапласа, заменяющих точную формулу Бернулли при повторных испытаниях. Варьируемым параметром является число испытаний. При этом авторы большинства учебных материалов рассматривают случай симметричного распределения Бернулли при $p = 0,5$. Разумеется, в этом случае сходство с колоколообразной гауссовой кривой нормального распределения достигается при относительно небольшом числе

испытаний n . В цитируемой статье рассматривается несимметричное распределение с $p = 0,25$. Авторы, в частности, показали, что уже при $n = 20$ несимметричный полигон распределения достаточно хорошо аппроксимируется симметричным гауссовым аналогом. Полученные графики используются авторами при чтении лекций, способствуя формированию у студентов 2 курса вероятностного подхода к научному познанию.

В работе [14] исследования точности приближенных вероятностных моделей были продолжены. Фокус исследования направлен на изучение зависимости от вероятности p величин абсолютной и относительной ошибки приближенной формулы Пуассона по сравнению с точной формулой Бернулли. Полученные графики дают возможность выбирать ту или иную вероятностную модель на основании допустимой величины ошибки.

Основное содержание работы [15] заключено в сопоставлении моделей выбора из конечных и условно бесконечных банков элементов. Показано, что приемлемая точность достигается уже при выборе из банка объемом 100 элементов. Например, вероятно, столько случаев необходимо рассмотреть, чтобы дать обоснование принципа Парето «20 на 80»: 20% усилий дают 80% результата.

По сути, эти выводы не являются отвлечёнными, а имеют большое практическое значение, например, в теории надёжности. Они связаны со статистическим определением вероятности. Наиболее важный случай – определение вероятности практически невозможного события, которая зависит от опасности для жизни, здоровья людей, размера экологического ущерба и т.д., которые может вызвать реализация практически невозможного события. Например, вероятность аварии на атомной станции полагается приблизительно

$$p \approx \frac{1}{50000000}.$$

Ясно, что история ядерной энергетики слишком коротка для того, чтобы накопить опыт такого рода аварий для назначения практически невозможного события с такой вероятностью. Поэтому здесь величина p определяется эвристически, или экспертно. Вероятность же выхода из строя электрической или иной сети, успеха или неуспеха инвестиции, предполагаемого роста объёма продаж и т.п. вполне может быть смоделирована на конечном числе опытов, хотя, выражаясь в процентах, демонстрирует как бы выбор из бесконечного банка вариантов.

Цель настоящего исследования – во-первых, получить простые и наглядные инструменты (графики, формулы), которые в максимально доступной форме продемонстрировали бы студентам связь точности и надёжности оценки вероятности при различных значениях самой вероятности и объёма выборки; во-вторых, подобрать относительно простые аппроксимации для зависимостей точности оценки вероятности от её надёжности; в-третьих, исследовать погрешность найденной аппроксимации для разных значений объёма выборки.

Материалы и методы исследования

Для определения точности и надёжности оценки вероятности при больших объёмах выборки обычно предполагается близкий к нормальному закон распределения случайной величины. Это делает возможным применение формулы Муавра-Лапласа:

$$2\Phi\left(\varepsilon\sqrt{\frac{n}{p(1-p)}}\right)=\gamma,$$

где p – оценка вероятности, Φ – интегральная функция Лапласа, ε – точность (ошибка) оценки вероятности, γ – надёжность оценки вероятности (доверительная вероятность), n – объём (размер) выборки. Приведённые в скобках названия являются переводами терминов, наиболее частотных в англоязычных источниках. В настоящем исследовании преимущественно будут использоваться термины «ошибка» и «надёжность», которые лучше отражают специфику анализа проблемы.

Ввиду имплицитного характера формулы Муавра-Лапласа относительно ε и n , а также недостатка времени, отведенного для изучения вероятностных разделов математики, студенты обычно слабо представляют характер связи между надёжностью оценки вероятности и её ошибкой (точностью). Это означает недостаточность сформированности компетенции в области интервального оценивания, которая может привести либо к неправильным выводам относительно надёжности практических расчётов, либо к сознательному или неосознанному навязыванию ошибочных представлений клиентам, заказчикам и т.п. В худшем случае ошибка оценки и её надёжность рассматриваются как независимые параметры при фиксированном объёме выборки.

В настоящем исследовании проблематика точности вероятностных моделей исследуется с точки зрения обеспечения требуемой точности оценки вероятности.

Основным методом исследования является вычислительный эксперимент.

Результаты исследования и их обсуждение

Приведённая выше формула Муавра-Лапласа связывает три параметра выборки: ошибку оценки ε , надёжность оценки γ и объём выборки n . Варьируемым в дидактических целях параметром является величина оценки вероятности p . В так называемых прямых задачах исследуется зависимость надёжности от заданной точности оценки. При этом надёжность

$$\gamma = 2\Phi\left(\varepsilon\sqrt{\frac{n}{p(1-p)}}\right)$$

выражается эксплицитно. Практически во всех учебных пособиях для вузов приводятся графики интегральной функции Лапласа Φ , поэтому для студентов не будет затруднительным представить характер изменения надёжности при варьированной точности оценки. Возможно, в целях обеспечения наглядности при формировании вероятностного подхода преподавателям следует привести семейство подобных зависимостей γ от ε при изменении n и/или p в качестве параметров.

В случае же решения так называемых обратных задач исследуется зависимость ε от γ , или n от ε и γ . При этом

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\Phi^{-1}\left(\frac{\gamma}{2}\right),$$

$$n = p(1-p)\left(\frac{\Phi^{-1}\left(\frac{\gamma}{2}\right)}{\varepsilon}\right)^2.$$

Поведение обратной функции Лапласа хорошо представляют себе студенты физико-математических направлений подготовки. Студенты же технических, экономических и, особенно, гуманитарных направлений обычно не обладают достаточными компетенциями в области теории обратных функций. Этот раздел математики в настоящее время обычно преподаётся в конспективном стиле, без выполнения практических, тем более контрольных заданий. Авторы не раз сталкивались, например, с неправильными представлениями о взаимосвязи характеристик возрастания-убывания прямой и обратной функции. Это значит, что для формирования компетенций студентов в области интервального оцени-

вания вероятности необходимо иметь средства, обеспечивающие доступность и наглядность информации. Тем более это справедливо для оценивания объёма выборки ввиду возможности варьирования двух параметров ε и γ одновременно. Такими средствами обычно служат графики, которые можно построить, не обращаясь к теории отображений.

Были проведены следующие вычислительные эксперименты:

1. Для четырёх значений $n = 20; 100; 500; 1000$ и пятнадцати значений $p = 0,0001; 0,0005; 0,001; 0,005; 0,01; 0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50$ проведены расчеты зависимости ошибки ε от надёжности γ в диапазоне значений надёжности от 75% до 100%.

2. Построены графики найденных эмпирических зависимостей.

3. Подобраны аппроксимации найденных эмпирических зависимостей с помощью полиномиальных и иррациональных функций.

Ясно, что в силу симметрии формулы Муавра-Лапласа по p относительно 0,5, нет необходимости проводить вычислительные

эксперименты для значений $p > 0,5$, и детализировать их для значений p , близких к 1.

Для наглядности приведены два графика из серии вычислительных экспериментов, обозначенных в п.1 (рис. 1, 2).

Анализ приведённых графиков показал, что с ростом объёма выборки величина ошибки существенно снижается. Так, при надёжности $\gamma = 75\%$ ошибка ε будет минимальной для рассматриваемых областей вариации параметров при $p = 0,05$. Так, для $n = 20$ получается $\varepsilon_{min} = 5,61\%$, в то время как для $n = 1000$ оказывается $\varepsilon_{min} = 0,79\%$. Это означает, что доверительный интервал для оценки 5%-ной вероятности составляет:

$$\begin{aligned} & (5\% - 5,61\%; 5\% + 5,61\%) = \\ & = (-0,61\%; 10,61\%) \text{ для } n = 20, \text{ и} \\ & (5\% - 0,79\%; 5\% + 0,79\%) = \\ & = (4,21\%; 5,79\%) \text{ для } n = 1000. \end{aligned}$$

Ясно, что для $n = 20$ такая оценка вообще лишена смысла, поскольку величина ошибки превосходит само оцениваемое значение вероятности. Этот факт иллюстрирует положение о важности оценки минимального объёма выборки.

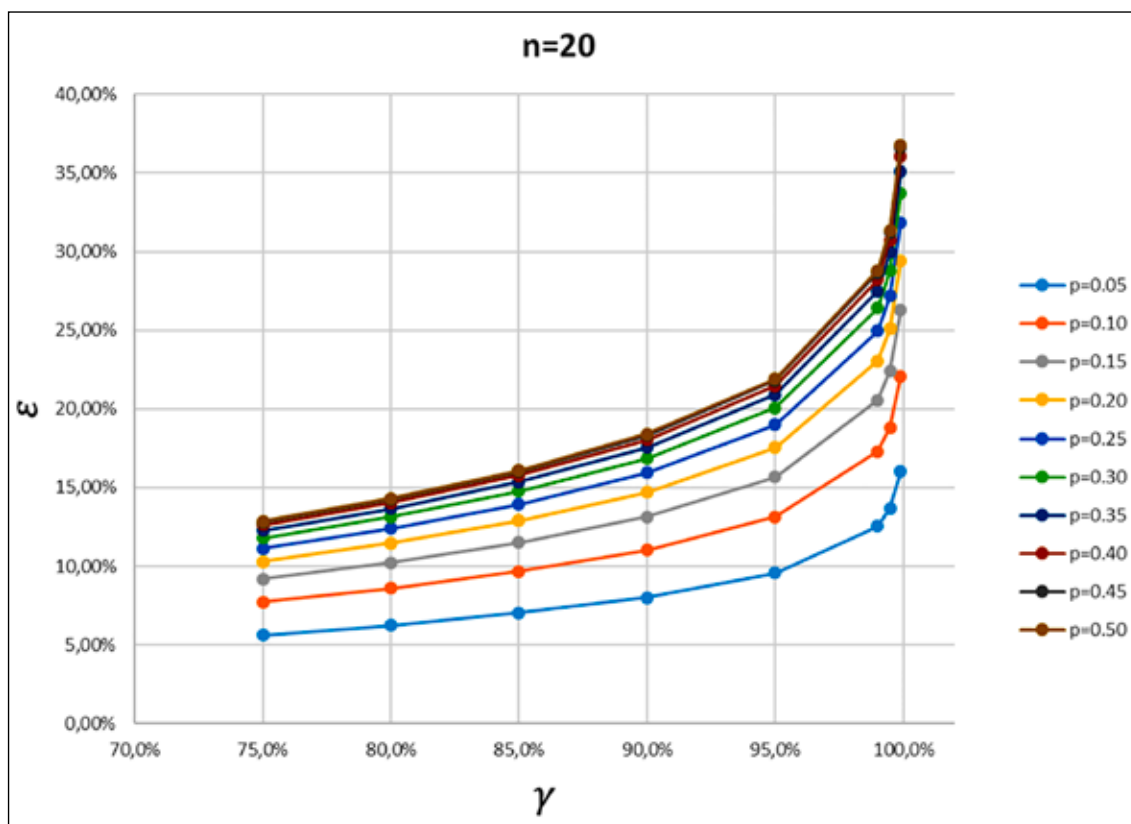


Рис. 1. Зависимость точности оценки вероятности ε от надёжности оценки γ для объёма выборки $n = 20$ при десяти различных значениях оценки вероятности p от 0,05 до 0,50

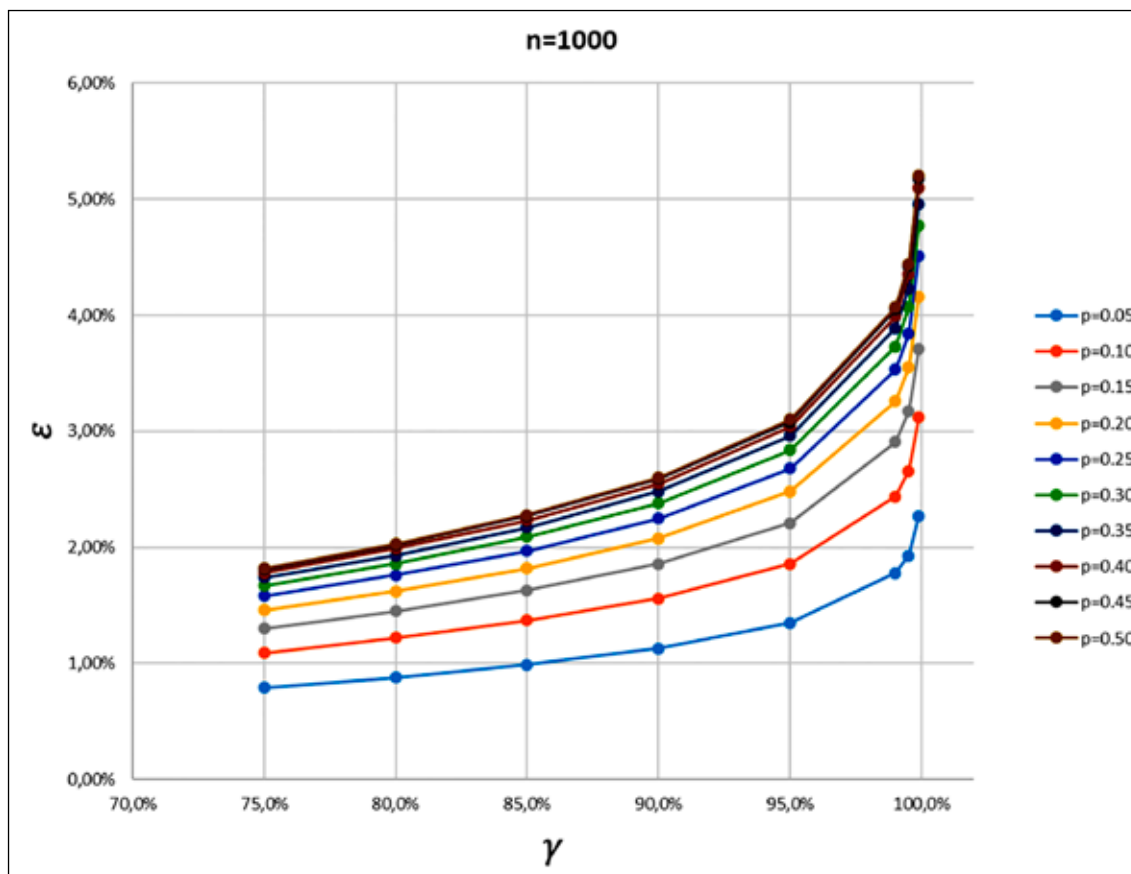


Рис. 2. Зависимость точности оценки вероятности ε от надёжности оценки γ для объема выборки $n = 1000$ при десяти различных значениях оценки вероятности p от 0,05 до 0,50

Необходимо акцентировать внимание студентов на недопустимости таких «оценок» в практических расчётах. С ростом n от 20 до 1000 доверительный интервал уменьшился в 6,7 раза, что говорит о достаточно высокой точности исследования при, однако, не слишком большом 75%-ном значении надёжности оценки.

Если взять приемлемые значения надёжности, например $\gamma = 95\%$, то ошибка при $p = 0,05$ для $n = 20$ получается $\varepsilon_{0,95} = 9,55\%$, в то время как для $n = 1000$ оказывается $\varepsilon_{0,95} = 1,35\%$. Это означает, что доверительный интервал для оценки 5%-й вероятности составляет:

$$\begin{aligned} & (5\% - 9,55\%; 5\% + 9,55\%) = \\ & = (-4,55\%; 15,55\%) \text{ для } n = 20, \text{ и} \\ & (5\% - 1,35\%; 5\% + 1,35\%) = \\ & = (3,65\%; 6,35\%) \text{ для } n = 1000. \end{aligned}$$

Ясно, что, как и в случае минимальной ошибки, оценка 5%-ной вероятности для $n = 20$ не должна приниматься в расчёт. С ростом n от 20 до 1000 доверительный интер-

вал уменьшился в 7,4 раза. Его половина составляет 27% от самой оценки, что, разумеется не свидетельствует в пользу высокой точности оценки, но в некоторых случаях грубой прикидки такой выбор параметров может быть приемлемым.

Также характер зависимости ε от γ для всех графиков в целом представляется одинаковым: относительно линейный участок до значения $\gamma = 90\%$ (или 95%) сменяется участком быстрого нелинейного роста. Особенно наглядно это выразилось при построении графиков для одного и того же значения оценки вероятности в одних осях для разных объёмов выборки n . На рис. 3 для примера выбрано $p = 0,05$.

Это означает, что выбирать величины надёжности, большие 95% следует с осторожностью, поскольку это сопровождается резким ростом ошибки оценки. Например, при объёме выборки $n = 500$ в пограничной точке $\gamma = 95\%$ значение ошибки оценки составляет $\varepsilon_{0,95} = 4,38\%$, что в некоторых случаях может ещё рассматриваться в качестве приемлемой точности вычислений.

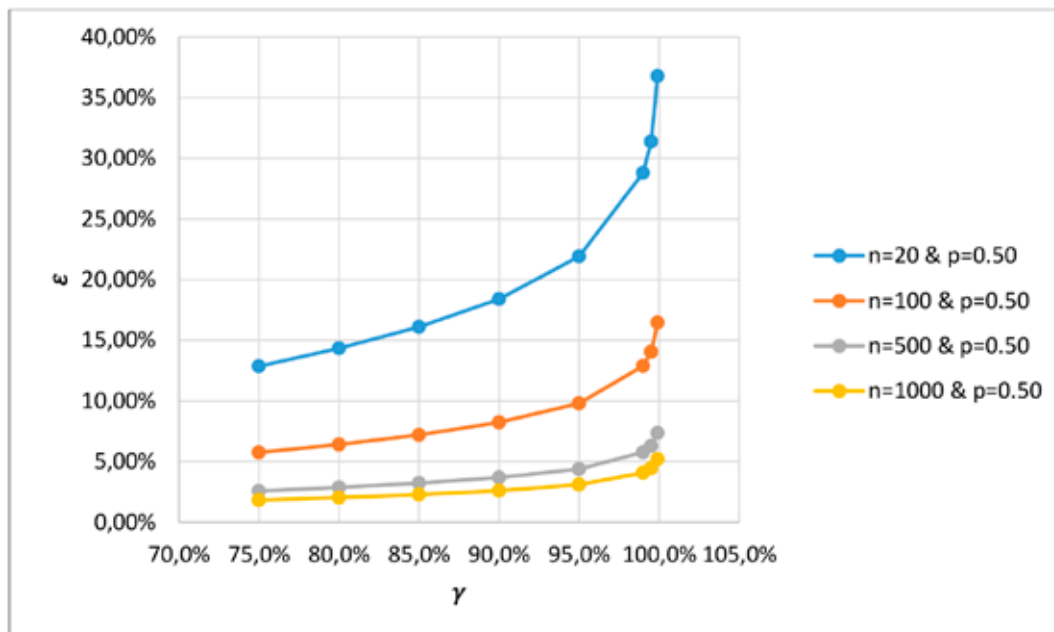


Рис. 3. Зависимость точности оценки вероятности ε от надёжности оценки γ для $p = 0,5$ и при различных объёмах выборки n в диапазоне от 20 до 1000

Это же значение при объёме выборки $n = 100$ составляет уже $\varepsilon_{0,95} = 9,8\%$, что вызывает сомнение в качестве исследования. Действительно, доверительный интервал 50%-ной оценки вероятности составляет:

$$\begin{aligned} & (50\% - 9,8\%; 50\% + 9,8\%) = \\ & = (40,2\%; 59,8\%) \text{ для } n = 100. \end{aligned}$$

Это означает, например, что рейтинг некоей компании может колебаться в широком диапазоне практически от 40% до 60% с надёжностью оценки в 95%. Представляется, что малая информативность такого опроса с такой оценкой не вызывает сомнений, несмотря на высокую степень его надёжности. Можно предполагать, что гипотетически точные оценки, приводимые в средствах массовой информации, имеют низкий уровень надёжности.

Наконец, для быстрой оценки величины точности ε в зависимости от величины надёжности γ были предложены аппроксимации, включающие только степенные (целые и дробные) функции. Были предложены две модели аппроксимации.

Модель 1 предполагает использование единой приближённой формулы для аппроксимации зависимости $\varepsilon(\gamma)$:

$$\varepsilon_1 \approx 0.6287 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \frac{1}{\sqrt{1,045-\gamma}}.$$

Модель 2 предполагает использование различных формул для аппроксимации за-

висимости $\varepsilon(\gamma)$ на двух смежных интервалах изменения надёжности γ :

$$\varepsilon_2 \approx 0.7585 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \frac{1}{1,2495-\gamma}$$

при $75\% \leq \gamma \leq 90\%$,

$$\varepsilon_2 \approx 0.9427 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \frac{1}{\sqrt[4]{1,0066-\gamma}}$$

при $\gamma > 90\%$.

Для анализа точности моделей были найдены абсолютные погрешности оценки точности моделей 1 и 2 по сравнению с табличными значениями обратной интегральной функции Лапласа $\varepsilon_{\text{табл}}$:

$$\Delta_1 = |\varepsilon_1 - \varepsilon_{\text{табл}}|; \Delta_2 = |\varepsilon_2 - \varepsilon_{\text{табл}}|.$$

Была исследована зависимость абсолютных погрешностей вычислений значения ошибок оценки вероятности Δ_1 и Δ_2 от величины самой оценки p . Объём выборки принят $n = 500$. Графики этих зависимостей приведены на рис. 4.

Следует пояснить, что на рис. 4 на логарифмической шкале по оси абсцисс отложены условные единицы, соответствующие

$$1 \rightarrow p = 0,00001; 2 \rightarrow p = 0,0001;$$

$$3 \rightarrow p = 0,001; 4 \rightarrow p = 0,01; 5 \rightarrow p = 0,1.$$

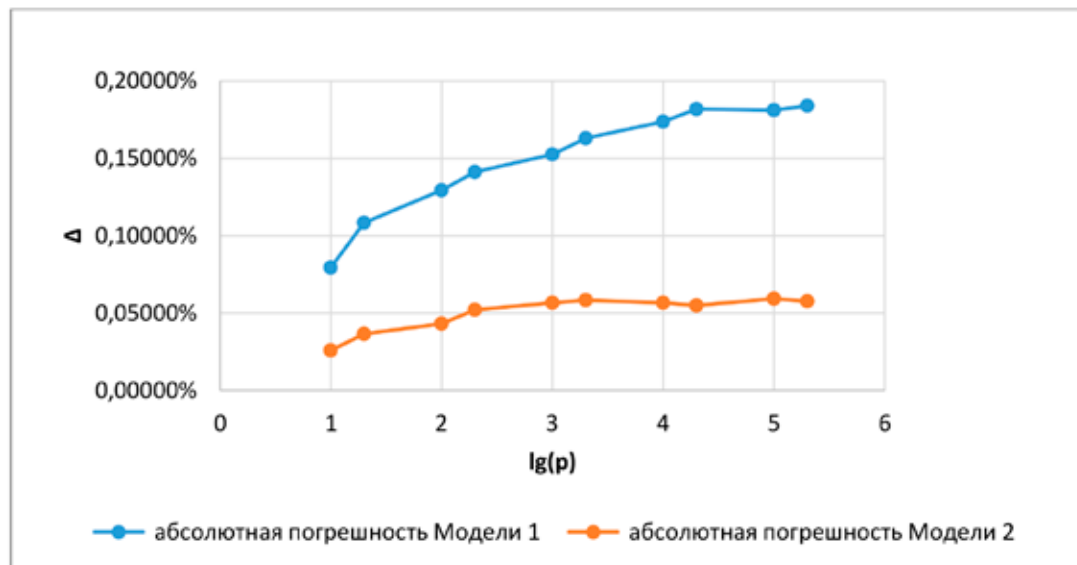


Рис. 4. Зависимость абсолютных погрешностей Δ_1 и Δ_2 вычисления ошибки ε оценки вероятности p двух приближённых моделей по сравнению с табличными значениями

Анализ графиков, приведенных на рисунке 4, показал, что самое большое по модулю значение абсолютной ошибки при $p = 0,5$ не превышает 0,2%, что свидетельствует о высокой точности аппроксимации обеих моделей. Близкий к монотонному характер поведения функций абсолютной ошибки, отсутствие пересечения графиков демонстрирует превосходство модели 2 над моделью 1 по точности аппроксимации. Это значит, что обе модели могут быть внедрены в методическое обеспечение университетского курса теории вероятностей и математической статистики для поддержки освоения студентами методов интервального оценивания. Причем графики, подобные приведенным на рис. 1 – рис. 3, могут быть рекомендованы для демонстрации подходов, связанных с интервальным оцениванием долей и вероятностей, даже для студентов физико-математических направлений подготовки.

Заключение

Проведенные вычислительные эксперименты позволили авторам, во-первых, получить визуализацию зависимости ошибки оценки вероятности от надёжности этой оценки при различных значениях самой оценки вероятности и объёмов выборки, во-вторых, указать необходимые объёмы выборки для достижения приемлемых значений точности и надёжности оценки вероятности в практически значимых случаях. Эти результаты, несомненно, могут быть использованы в учебном процессе для фор-

мирования у студентов компетенции в области построения доверительных интервалов, недостаток которых отмечают многие источники.

Список литературы

1. Кузнецова Е.В., Фомина Т.П. Исследование отношения студентов к изучению теории вероятностей и математической статистики // Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология. 2019. Т. 25, № 1. С. 82–89. DOI: 10.18287/2542-0445-2019-25-1-82-89.
2. Салехова Л.Л. Отношение к математической статистике студентов – будущих учителей математики // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 3. С. 167-171. DOI: 10.17513/snt.39965.
3. Krasnoshchekov V.V., Semenova N.V. Forming Of Probabilistic Approach To Cognition As Component Of Students Professional Culture // O.D. Shipunova, D.S. Bylieva (Eds) European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS. 20th Professional Culture of the Specialist of the Future (PCSF 2020) & 12th Communicative Strategies of Information Society (CSIS 2020). St. Petersburg, 26 – 27 November, 2020 & 23 – 24 October, 2020. European Publisher, 2020. V. 98. P. 139-149. DOI: 10.15405/epsbs.2020.12.03.14.
4. Wood Michael. How Big is the Error? Confidence Intervals // Making Sense of Statistics: A Non-Mathematical Approach. 3-rd edition. Red Globe Press, London. 2003. Ch. 6. P. 105-121. DOI: 10.1007/978-0-230-80278-0_7.
5. Metsämuuronen J. How to obtain the most error-free estimate of reliability? Eight Sources of Deflation in the Estimates of Reliability to Avoid // Practical Assessment, Research, and Evaluation. 2022. Vol. 27, Is. 10. P. 1-27. DOI: 10.7275/7nkb-j673.
6. Memon M., Ting H., Cheah J.-H., Ramayah T., Chuah F., Cham T.-H. Sample Size for Survey Research: Review and Recommendations // Journal of Applied Structural Equation Modeling. 2020. Vol. 4, Is. 2. P. i-xx. DOI: 10.47263/JASEM.4(2)01.
7. Ahmad H., Halim H. Determining Sample Size for Research Activities // Selangor Business Review. 2017. Vol. 2, Is. 1. P. 20-34. URL: <https://sbr.journals.unisel.edu.my/ojs/index.php/sbr/article/view/12> (access data 22.06.2024).

8. Belia S., Fidler F., Williams J., Cumming, G. Researchers Misunderstand Confidence Intervals and Standard Error Bars // *Psychological Methods*. 2005. Vol. 10, Is. 4. P. 389–396. DOI: 10.1037/1082-989X.10.4.389.
9. Gilliland D., Melfi V. A Note on Confidence Interval Estimation and Margin of Error // *Journal of Statistics Education*. 2010. Vol. 18, Is. 1. DOI: 10.1080/10691898.2010.11889474.
10. Zhang W. Confidence intervals: Concepts, fallacies, criticisms, solutions and beyond // *Network Biology*. 2022. Vol. 12, Is. 3. P. 97-115. URL: [http://www.iaees.org/publications/journals/nb/articles/2022-12\(3\)/2-Zhang-Abstract.asp](http://www.iaees.org/publications/journals/nb/articles/2022-12(3)/2-Zhang-Abstract.asp) (access data 22.06.2024).
11. Yan L., Xu X. A new confidence interval in measurement error model with the reliability ratio known // *Communications in Statistics – Theory and Methods*. 2017. Vol. 46, Is. 19. P. 9636–9650. DOI: 10.1080/03610926.2016.1217018.
12. Luh, W.-M. Probabilistic Thinking is the Name of the Game: Integrating Test and Confidence Intervals to Plan Sample Sizes // *Methodology*. 2022. Vol. 18, Is. 2. P. 80-98. DOI: 10.5964/meth.6863.
13. Краснощеков В.В., Семенова Н.В., Алдармини С.С. Методы формирования компетенций студентов в области точности вероятностных моделей // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30142> (дата обращения: 29.05.2024). DOI: 10.17513/spno.30142.
14. Краснощеков В.В., Семенова Н.В., Алсалама А.М., Михолитсис А.Г. О точных и приближенных моделях в вузовском курсе теории вероятности // *Современные наукоемкие технологии*. 2021. № 10. С. 149-154. DOI: 10.17513/snt.38869.
15. Краснощеков В.В., Семенова Н.В., Мухамед Б.М.М., Баккар М.М.А. О выборе из конечного и бесконечного поля в курсе теории вероятности // *Современные наукоемкие технологии*. 2022. № 9. С. 138-143. DOI: 10.17513/snt.39322.

УДК 373.1:004:378
DOI 10.17513/snt.40103

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ШКОЛОЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Максимова Н.А.

*ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», Смоленск,
e-mail: ruta-baga@yandex.ru*

Целью работы является описание практического опыта использования современных систем управления школой в учебном процессе. В работе рассматриваются ключевые аспекты создания и применения автоматизированных систем управления в образовательной среде. Основное внимание уделяется возможностям автоматизированных систем управления школой для повышения эффективности управленческих процессов, улучшения качества образования и оптимизации коммуникации между участниками учебного процесса. Анализируются преимущества интеграции систем управления в школьную среду, включая автоматизацию рутинных задач, централизацию управления ресурсами, улучшение доступа к образовательным данным и поддержку принятия обоснованных решений на основе аналитики. Также рассматриваются вызовы и трудности, связанные с разработкой и внедрением таких систем, в том числе технические, организационные и психологические аспекты. Исследование подчеркивает важность адаптации подобных систем к специфике образовательного учреждения и необходимость обучения персонала для эффективного их использования. Кроме того, рассматриваются конкретные примеры, которые решают студенты направления «Педагогическое образование» в рамках курса по выбору «Проектирование информационно-образовательной среды». Материалы статьи могут быть использованы при подготовке практических занятий в вузах, а также для организации повышения.

Ключевые слова: профессионально-педагогическая деятельность, информационно-образовательная среда, цифровая трансформация образования, цифровые инструменты, автоматизированные системы управления школой

FEATURES OF THE DEVELOPMENT AND USE OF AUTOMATED SCHOOL MANAGEMENT SYSTEMS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Maksimova N.A.

Smolensk state University, Smolensk, e-mail: ruta-baga@yandex.ru

The purpose of the work is to describe the practical experience of using modern school management systems in the educational process. The paper examines the key aspects of the creation and application of automated control systems in the educational environment. The main attention is paid to the possibilities of automated school management systems to increase the efficiency of management processes, improve the quality of education and optimize communication between participants in the educational process. The advantages of integrating management systems into the school environment are analyzed, including automation of routine tasks, centralization of resource management, improved access to educational data and support for informed decision-making based on analytics. The challenges and difficulties associated with the development and implementation of such systems, including technical, organizational and psychological aspects, are also considered. The study highlights the importance of adapting such systems to the specifics of an educational institution and the need for staff training to use them effectively. In addition, specific examples are considered, which are solved by students of the Pedagogical Education direction within the framework of the elective course «Designing an information and educational environment». The needs of the student. The materials of the article can be used in the preparation of practical classes at universities, as well as for the organization of advanced training.

Keywords: professional and pedagogical activity, information and educational environment, digital transformation of education, digital tools, automated school management systems

Введение

Современное общество характеризуется активным внедрением средств современных информационно-коммуникационных технологий во все области человеческой деятельности, в том числе и в образовательную среду. Информатизация системы образования является ключевым фактором развития данной системы, способствующим повышению степени образованности и формированию компетенций XXI века. В условиях становления цифровой экономики и цифровизации общества в школах

все чаще находят применение современные системы автоматизированного управления.

В Федеральном законе от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» прописаны новые требования к результатам образовательной деятельности, что на практике влечет за собой использование нового содержания и современных методов в работе преподавателей всех уровней образовательных организаций. При этом ряд российских и зарубежных ученых занимались вопросами цифровизации учебного процесса. В науч-

ных работах П. Свярда [1, с. 61] рассматриваются вопросы возможности управления информационной инфраструктурой образовательного учреждения и цифровым контентом. Одним из важных компонентов использования цифровых технологий в образовании является технология дистанционного обучения; данную сферу исследовали такие ученые, как К. Уайт, С.П. Кудрявцева, Е.С. Полат, А.В. Хуторской, и многие другие [2]. М. Кларо, Салинас и Т. Кабелло-Хатт [3] в своем исследовании по теме «Обучение в цифровой среде» провели анализ тестирования способности чилийских учителей обучать студентов решению информационных и коммуникационных задач в цифровой среде. Все эти ученые в своих работах акцентируют свое внимание на раскрытии потенциала современных цифровых технологий и подчеркивают важность современного уровня компьютерной грамотности специалистов различных сфер деятельности. В работах М. Шульца и К. Шольц [4] отмечается, что использование информационно-коммуникационных технологий на сегодняшний день дает возможность собирать информацию о ходе обучения, его траектории и проводить мониторинг результатов. Это позволяет разрабатывать индивидуальную траекторию обучения с использованием современных цифровых технологий. Проблемы интеграции информационных образовательных ресурсов на уровне информационно-образовательного пространства рассматривали С.Г. Григорьев и В.В. Гриншкун [5, 6].

Целями исследования являются теоретическое обоснование и описание дидактических элементов курса «Проектирование информационно-образовательной среды» средствами 1С: Предприятие 8.3.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели в исследовании использовался комплекс теоретических и эмпирических методов. Ведущие теоретические методы: анализ методической и научной литературы по теме исследования, изучение исторического аспекта данного вопроса с целью обобщения передового педагогического опыта. Активно применялись следующие эмпирические методы: беседа, анкетирование [7]. Кроме того, осуществлялся сравнительный анализ платформ, на которых возможно проведение лабораторных занятий по разработанному и описанному курсу.

Результаты исследования и их обсуждение

Для ознакомления студентов с работой автоматизированных систем был разработан специальный курс «Проектирование

информационно-образовательной среды», предназначенный для изучения на 5-м курсе направления подготовки «Педагогическое образование» профиль «Математика, информатика».

При разработке элементов специального курса «Проектирование информационно-образовательной среды» вначале была проведена анкетирование, которое позволило установить значимость рассматриваемого материала, включенного в курс, и определить его основное содержание. Исследование проводилось на базе ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет» в городе Смоленске на физико-математическом факультете.

Для определения уровня интереса к разработанному курсу студентам были предложены несколько вопросов.

1. «Заинтересованы ли вы в освоении изучения возможностей автоматизации учебного процесса в рамках курса “Проектирование информационно-образовательной среды”?» При ответе на данный вопрос опрашиваемые были единодушны, положительно восприняли возможность научиться проектировать автоматизированные модули информационно-образовательной среды и согласились пройти предлагаемый специальный курс.

2. При опросе, в какой системе обучающиеся бы хотели научиться создавать элементы информационной среды, были получены следующие ответы:

- 1) продукты фирмы 1С – 68%;
- 2) Яндекс.документы – 12%;
- 3) системы программирования – 9%;
- 4) онлайн-приложения (сайты, «Моя школа» и т.д.) – 11%.

Таким образом, в результате проведенного анкетирования были выявлены высокий уровень интереса к курсу «Проектирование информационно-образовательной среды» и желание его изучать. На основании анализа ответов на второй вопрос в качестве программного обеспечения для данного курса нами была выбрана среда разработки 1С.

Остановимся на основных возможностях данной системы. Автоматизированные средства управления образовательной системой – это программные решения, которые помогают автоматизировать и оптимизировать процессы управления. Они могут включать в себя следующие функции:

- 1) учет учеников и персонала: электронный журнал, база данных учеников и учителей, система контроля доступа;
- 2) управление расписанием: автоматическое создание расписания занятий, учет изменений и отмен занятий;

3) учет успеваемости и оценок: автоматический расчет среднего балла, выставление оценок, формирование отчетов;

4) управление финансами: учет платежей за обучение, оплата услуг, формирование отчетов;

5) коммуникация с родителями: электронная почта, SMS-уведомления, онлайн-чаты;

6) управление библиотекой: автоматический учет книг, выдача и возврат книг, формирование отчетов;

7) управление ресурсами: учет инвентаря, расходов на материалы и оборудование.

Автоматизированные средства управления позволяют значительно сократить время, затрачиваемое на рутинные процессы, повысить эффективность управления и улучшить качество образования [8, 9].

Информационные системы, применяемые в образовательном учреждении, можно условно разделить на две группы:

1) системы управления образовательным процессом;

2) системы автоматизированного образования.

Существует множество программ для образовательных учреждений, которые помогают автоматизировать и оптимизировать учебный процесс и управление. Перечислим некоторые из них.

1. Электронный журнал: позволяет вести учет успеваемости и оценок учеников, формировать отчеты и анализировать данные.

2. Системы управления обучением (LMS): предоставляют возможность создавать и проводить онлайн-курсы, выставлять задания и проверять их выполнение, оценивать знания учеников.

3. Организация расписания: автоматически формирует расписание занятий, принимая во внимание доступность преподавателей и учебных помещений.

4. Управление библиотекой: обеспечивает учет книг, их выдачу на руки и контроль сроков возврата.

5. Системы видеоконференций: позволяют проводить онлайн-уроки, вебинары и конференции.

6. Управление финансами: позволяет вести учет платежей за обучение, оплату услуг, формирование отчетов.

7. Системы контроля доступа: обеспечивают безопасность школьных помещений, контролируют доступ персонала и учеников.

8. Управление сайтом школы, форумы, чаты и доски объявлений.

Программы для школы помогают повысить эффективность образовательного процесса, сократить время на рутинные задачи и улучшить качество образования.

В линейке программных продуктов 1С есть модуль Общеобразовательное учреждение, который представляет собой информационную систему, предназначенную для автоматизации управления основной деятельностью образовательных учреждений:

– государственных и частных школ, гимназий, лицеев;

– центров детского творчества и развития;

– детских садов.

Данная программа включена в реестр российского ПО. Благодаря гибким настройкам учебного процесса программа также может с успехом использоваться в художественных, музыкальных школах и других учреждениях образования с нестандартными программами обучения. Именно поэтому нами в рамках курса была выбрана система 1С: Предприятие 8.3. Кроме того, данная система предоставляет учебную версию своего продукта для использования в учебном процессе бесплатно.

Опишем данный курс и приведем примеры разработок студентов.

Дисциплина «Проектирование информационно-образовательной среды» читается на протяжении одного семестра обучения. Дисциплина включает в себя раздел «Основы цифровизации образования». Данный курс состоит из 4 модулей.

Модуль 1. Теоретико-методологические основы педагогического проектирования. В данном модуле рассматриваются основные понятия педагогического проектирования (педагогический проект, проектирование, прогнозирование, моделирование, конструирование), формы и способы организации проектной деятельности [10].

Модуль 2. Информационная образовательная среда (ИОС) и информационное образовательное пространство учебного заведения. Студенты знакомятся с понятием «информационная образовательная среда», работают с описанием факторов формирования информационно-образовательной среды [10].

Модуль 3. Отбор и формирование содержательного наполнения ИОС учебного заведения. В данном модуле рассматриваются понятия «интернет-ресурсы при построении ИОС», «иерархическая структура учебного материала». На лабораторных занятиях разрабатываются собственные ресурсы на доступных площадках.

Модуль 4. Проектирование ИОС учебного заведения. На теоретических занятиях приводится обзор современных средств управления обучением (LMS, LSMC). На практике происходит проектирование ИОС учебного заведения средствами 1С [10].

Данный курс содержит как лекционные занятия, так и лабораторные работы.

В рамках теоретического обучения студенты узнали общие принципы построения информационно-образовательной среды, познакомились со спецификой среды разработки 1С. Следует отметить, что при выполнении лабораторных работ студенты хоть и работали в системе 1С: Конфигуратор, но при этом не занимались программированием, и им совершенно не нужно было знать встроенный язык. Они выполняли настройку системы под те задачи, которые стоят перед ними. На лабораторных занятиях им предлагались практико-ориентированные задания по разработке модулей в конфигураторе системы 1С: Предприятие 8.3.

1. Разработка конфигурации для организации хранения информации об обучающихся и изучаемых ими предметах (учащиеся должны быть разбиты на группы/классы, в базе должна храниться и редактироваться следующая информация: Ф.И.О.; номер телефона в формате +7(111)111-11-11; место жительства; дата начала учебы; дата окончания учебы; перечень ЕГЭ и их результаты. Кроме того, должна быть предусмотрена возможность формирования отчетов по предметам и по обучающимся в зависимости от запросов). Пример решения представлен на рисунке 1.

N	Предмет
1	Математика
2	История
3	Информатика
4	Физика

Рис. 1. Справочник студентов

2. Разработка конфигурации для учета работы обучающихся на занятиях (учащиеся должны быть разбиты на группы/классы,

в базе должна храниться и редактироваться следующая информация: Ф.И.О.; предметы, оценки. Кроме того, должна быть предусмотрена возможность формирования отчетов по текущей успеваемости в табличной и графической формах). Пример решения представлен на рисунке 2.

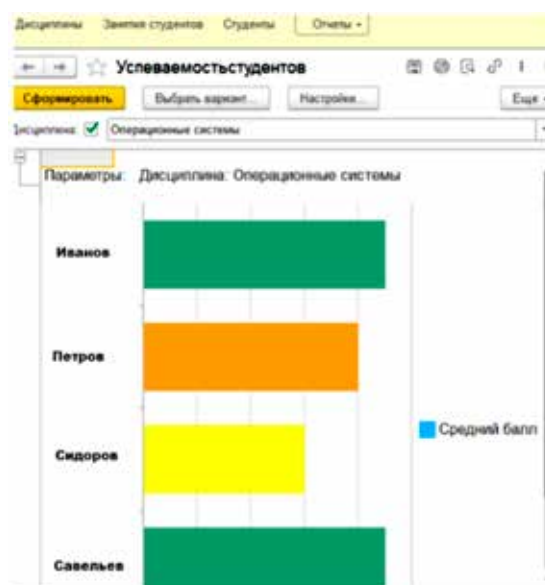


Рис. 2. Инфографика по успеваемости

3. Разработка информационной системы для библиотеки (необходимо осуществить регистрацию выдачи и возврата книг, сформировать отчет по наличию книг и должникам).

Завершающим разделом курса являлось выполнение итогового проекта. Итоговое задание могло быть групповым или индивидуальным – в зависимости от степени трудоемкости и сложности выбранной темы. Итоговый проект был направлен на отработку обучающимся знаний, умений и навыков, приобретенных в рамках рассматриваемого курса.

Выводы

В заключение можно отметить следующее.

1. Интеграция автоматизированных систем в составе информационно-образовательной среды школы в учебный процесс является неотъемлемой частью современного образовательного пространства. Она способствует повышению эффективности управления образовательными учреждениями, оптимизации административных и учебных процессов, а также улучшению качества образования.

2. Обучение студентов работе с подобными системами является ключевым факто-

ром для достижения максимальной отдачи от внедрения таких систем. Важно, чтобы все пользователи системы обладали необходимыми навыками и знаниями для их эффективного использования. Поэтому описанное решение является одним из вариантов знакомства студентов с подобного рода системами до начала их профессиональной деятельности.

3. В целом, использование автоматизированных систем в учебном процессе открывает новые возможности для образовательных учреждений, но требует внимательного и ответственного подхода к вопросам внедрения и эксплуатации таких систем.

Список литературы

1. Svärd P. Enterprise Content Management, Records Management and Information Culture Amidst e-Government Development. Oxford: Chandos Publishing, 2017. 112 p.
2. White K. Distance learning of foreign languages: research agenda // *Teaching languages*. 2014. Vol. 47 (4). P. 538–553. DOI: 10.1017/S0261444814000196.
3. Claro M., Salinas A., Cabello-Hutt T., San Martin E., Preiss D.D., Valenzuela S., Jara I. Teaching in a Digital Environment (TIDE): Defining and measuring teachers' capacity to develop students' digital information and communication skills // *Computers & Education*. 2018. 121. P. 162–174.
4. Schulze M., Scholz K. Learning trajectories and the role of online courses in a language program // *Computer assisted language learning*. 2018. Vol. 31, Is. 3 P. 185–205.
5. Максимова Н.А. Возможности формирования компетенций XXI века при изучении дисциплины «Цифровые технологии в образовании» // *Концепт*. 2021. № 4. С. 88–100.
6. Григорьев С.Г., Гриншкун В.В., Макаров С.И. Методико-технологические основы создания электронных средств обучения. Самара: Изд-во Самарской государственной экономической академии, 2002. 110 с.
7. Кутузова З.Ю. Экспериментальная работа по формированию профессиональной компетентности студентов педагогического колледжа средствами информационно-технологического обеспечения учебного процесса (на примере изучения иностранного языка) // *Концепт*. 2018. № 8. С. 26–36.
8. Адамский С.С., Попкова Т.Н., Мокиевская Н.Е. Разработка модулей электронной системы для управления общеобразовательной школой // *Современные наукоемкие технологии*. 2024. № 6. С. 82–89. DOI: 10.17513/snt.40068.
9. Миндалев И.В., Бронев С.А. Разработка информационной модели учебного процесса кафедры вуза на платформе «1С: Предприятие» // *Современные наукоемкие технологии*. 2022. № 6. С. 47–51. DOI: 10.17513/snt.39198.
10. Рабочая программа дисциплины «Проектирование информационно-образовательной среды». [Электронный ресурс]. URL: <https://smolgu.ru/educational-process/+/%D0%911.%D0%9E.38%20%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%0%BD%D0%BE-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8B.pdf.sig> (дата обращения: 11.06.2024).

УДК 378.4
DOI 10.17513/snt.40104

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК БАЗОВАЯ КАТЕГОРИЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Штагер Е.В., Зацаринная Т.А.

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток,
e-mail: elena-shtager@mail.ru; zatcarinnaya.ta@students.dvfu.ru

Целью статьи является обоснование возможности применения базового понятия технической диагностики «диагностическая модель» к построению дидактической единицы, выполняющей функции универсальной ориентировочной основы действий по решению инженерных проектно-исследовательских задач. Актуальность разработки данного понятия обусловлена, с одной стороны, активным формированием практико-ориентированной среды технических вузов, акцентирующей необходимость привлечения студентов начальных курсов обучения к проектным разработкам, а с другой – отсутствием в образовательных программах обучающих модулей, рассматривающих вопрос регламентации инженерных действий на уровне пропедевтической подготовки. Для адаптации представлений диагностической модели к цели исследования применен модельно-ориентированный подход, позволивший ввести определение модели как целостной структуры физико-математического описания объекта, формирующей алгоритм решения исследовательской задачи и выступающей валидной базой подбора информативных параметров технического состояния инженерных систем. Целостность модели обеспечивается использованием диалектического ряда общенаучных инвариантов естествознания для построения конкретно-научных представлений об инженерных объектах. Обоснована целесообразность включения диагностической модели в комплекс дидактических единиц общетехнических дисциплин, выполняющих функцию информационного перехода между блоком пропедевтического знания и циклом профессиональных предметов. В заключение подчеркиваются междисциплинарный характер и возможность использования категории «диагностическая модель» для разработки методики формирования навыков самостоятельной проектной работы студентов технических вузов.

Ключевые слова: инженерная подготовка, диагностическая модель, дидактическая единица, алгоритм проектных исследований, практико-ориентированный подход

DIAGNOSTIC MODEL AS A BASIC CATEGORY OF TRAINING OF SPECIALISTS IN THE SPHERE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY

Shtager E.V., Zatcarinnaya T.A.

Far Eastern Federal University, Vladivostok,
e-mail: elena-shtager@mail.ru; zatcarinnaya.ta@students.dvfu.ru

The purpose of the article is to substantiate the possibility of applying the basic concept of technical diagnostics – a diagnostic model, to the construction of a didactic unit that acts as a universal indicative basis for actions to solve engineering design and research problems. The relevance of the development of this concept is due, on the one hand, to the active formation of a practice-oriented environment for technical universities, emphasizing the need to involve primary students in design developments, and on the other hand, the absence of training modules in educational programs that consider the issue of regulating engineering actions at the level of propaedeutic training. To adapt the representations of the diagnostic model to the purpose of the study, a model-oriented approach was applied, which made it possible to define the model as an integral structure of the physical and mathematical description of the object, which forms an algorithm for solving the research problem and acts as a valid basis for selecting informative parameters of the technical state of engineering systems. The integrity of the model is ensured by the use of a dialectical series of general scientific invariants of natural science to build concrete scientific ideas about engineering objects. The feasibility of including a diagnostic model in the complex of didactic units of general technical disciplines that perform the function of an information transition between the block of propaedeutic knowledge and the cycle of professional subjects is justified. In conclusion, the interdisciplinary nature and the possibility of using the diagnostic model category to develop a methodology for forming the skills of independent project work of students of technical universities are emphasized.

Keywords: engineering training, diagnostic model, didactic unit, design study algorithm, practice-oriented approach

Введение

Современный этап развития высшей школы характеризуется активным формированием практико-ориентированной образовательной среды. Вступила в работу крупнейшая в истории страны программа

поддержки вузов «Приоритет – 2030» [1], основной целью которой заявлена организация в России флагманских университетов как лидеров в создании нового научного знания, технологий и разработок для внедрения в отечественную экономику

и социальную сферу. В Дальневосточном федеральном университете в целях реализации данной программы разрабатываются пять стратегических проектов: «Мировой океан», «Физика и материаловедение», «Науки о жизни», «Центр цифрового развития», «Центр высокотехнологичного инжиниринга». Основную часть научно-исследовательских команд сформировали студенты технических направлений вуза, решающие проектные задачи выраженного междисциплинарного свойства на базе студенческого технопарка ДВФУ «Остров науки». Интеграционные процессы науки и технологий потребовали внесения принципиальных изменений в образовательный процесс вузов. В ДВФУ проведена модернизация программ обучения 1–2-х курсов по всем инженерным направлениям – с 2017 года введена дисциплина «Основы проектной деятельности», предназначенная для освоения во втором и третьем семестрах. Комплекс целеполагания дисциплины сформирован блоком навыков самостоятельной проектной работы, под которыми понимаются методы управления проектами, создание проектной команды, разработка идеи проекта и др. Необходимость такого учебного курса несомненна, поскольку наиболее активное участие в работе технопарков принимают студенты начальных курсов. Однако, как показывает анализ содержания рабочей программы дисциплины, основы самой проектной деятельности как педагогической технологии, концептуально ориентированной на формирование у обучающихся критического мышления, способности применять системный подход для решения практических задач, умений интеграции компетенций из различных предметных областей, в программе не отражены, а значит, и не рассматриваются в учебном процессе. В принципе, это и понятно – базовые инженерные дисциплины еще не изучены, и значит, не сформирован необходимый знаниевый контент. Вместе с тем, принятая «конфигурация» содержания дисциплины «Основы проектной деятельности» провоцирует для студентов ситуацию неосознанности физического смысла проводимых проектных исследований.

Большинство выполняемых инженерных проектов по своей сути носит характер модернизационных задач, главной целью которых является комплексная оценка технического состояния объекта с целью выявления технологических параметров, которые могут быть тем или способом оптимизированы. Комплексность связывается «с работой» с научно обоснованным множеством параметров диагностики, позво-

ляющих целостно описать функциональные характеристики объекта. В парадигме методологии технического диагностирования такой комплекс параметров формирует структуру алгоритма диагностики как результата построения *диагностической модели*, под которой понимается формализованное описание объекта, необходимое для решения задач диагностирования [2]. Задачи диагностики имеют широкий спектр и рассматриваются в кластере дисциплин профессионального модуля 3–4-х курсов обучения – «Основы технической диагностики (по отраслям техники и технологий)», «Теория надежности», «Триботехника», «Вибрация в объектах машиностроения» и др. Анализ содержания учебных программ и методического обеспечения данных дисциплин показал, что под диагностической моделью, в основном, понимаются математические уравнения, описывающие поведение конкретной инженерной системы. Также используется понятие модели и как совокупности диагностических правил по всем потенциально опасным дефектам в объекте диагностики. Неоднозначность представлений диагностической модели и выраженный специализированный характер рассматриваемых учебных задач делают вопрос подбора и обоснования комплексности параметров технического состояния весьма специфическим. Анализ деятельности старшекурсников (отчеты НИРС, ВКР) проявил и глобальную тенденцию прагматизации инженерных знаний, связанную с использованием для решения технологических задач готовых профессиональных программных продуктов (например, ANSYS и др.), адаптация которых к конкретно-научным целям экспериментальных исследований «отправляет» измеряемые параметры в область случайных величин. Совершенно очевидно, что такой подход не акцентирует основного назначения диагностической модели как теоретической базы построения алгоритма исследовательских процедур. Вместе с тем, многофункциональный характер категории *диагностическая модель* позволяет говорить о возможности организации на ее основе дидактической единицы, «знакомство» с которой уже на уровне пропедевтической подготовки позволит решить задачу регламентации инженерной деятельности. Речь идет о проектировании совокупного образа диагностической модели (ДМ), имеющего общие основания для всех инженерных направлений подготовки и выступающего методологической основой проектных исследований. **Целями исследования** являются актуализация понятия, описание структуры, принципов построения и включения

в учебный процесс *диагностической модели* как базовой категории подготовки специалистов в области техники и технологий.

Материалы и методы исследования

Для реализации поставленной цели использовались методы анализа педагогических исследований в области применения практико-ориентированного подхода к организации обучения в техническом вузе, приемы классификации и обобщений научно-методических разработок по проблеме технического диагностирования инженерных систем. При разработке общей структуры и обосновании понятия ДМ используется модельно-ориентированный подход как методология целостности инженерного творчества [3, с. 191]. Для формирования внутренней структуры ДМ применена концепция научной картины мира как универсальный способ интеграции научной информации и моделирования реальности [4]. Основой проектирования принципов включения ДМ в учебный процесс выступила педагогическая технология системного синтеза политехнических дисциплин, реализующая идею конвергенции гуманитарного, естественно-научного и технического знания и названная дисциплинарной конвергенцией инженерного вуза [5].

Результаты исследования и их обсуждение

1. Построение общей структуры и актуализация понятия диагностической модели.

Необходимость актуализации обусловлена наличием противоречия между существующей практикой применения понятия ДМ и непосредственно содержанием инженерной деятельности, лежащей в основе решения исследовательских задач: физический анализ объекта, математический анализ задачи, техническая реализация. Во всех учебниках по технической диагностике постулируется необходимость описания физической сущности исследуемой конструкции как первоосновы диагностических процедур, однако под ДМ традиционно понимается только математическая модель инженерной системы, представленная в аналитической либо графической формах [6, с. 550]. Для реализации заявленной цели исследования целесообразно говорить о ДМ как о некоей обобщенной модели, отражающей существенные черты и закономерности инженерного творчества.

Для обоснования структуры проектируемой ДМ привлечена базовая идея модельно-ориентированного подхода – получение корректных результатов опытно-конструкторских работ возможно только путем объ-

единения описательных и численных моделей в связную систему. Применение принципа системности позволило раскрыть состав модели и установить основные связи между ее элементами. Системообразующим звеном в ДМ выступает физическая модель (ФМ), описывающая механизмы функциональной ориентированности инженерного объекта в общей структуре технического знания. Формализованное представление процессов, протекающих в объекте, – непосредственно математическая модель (ММ) как численный алгоритм исследовательских процедур для разрешения физической задачи. Структурно-логический анализ данного алгоритма формирует процедурный аспект выявления комплекса информативных технологических параметров (ТП), выступающих как результирующей целью построения самой диагностической модели, так и основанием подбора методов инженерного проектирования / оценки технического состояния объекта (МП). Следовательно, схему конструирования ДМ можно представить в виде следующего алгоритма: ФМ – ММ – ТП – МП. Необходимо отметить, что алгоритмизация исследовательских мероприятий формирует содержание основного принципа проектной деятельности [7]. В результате проведенного анализа предложено определение ДМ: под *диагностической моделью* будем понимать целостную структуру физико-математического описания объекта, формирующую алгоритм решения исследовательской задачи и выступающую валидной базой подбора информативных параметров технического состояния инженерных систем. Следует заметить, что такая ДМ носит характер эталонной модели, позволяющей оценивать эталонные значения технологических параметров.

2. Принципы построения внутренней структуры диагностической модели.

В качестве алгоритма, управляющего построением внутренней структуры ДМ, используется методологический аппарат концепции научной картины мира, выраженный взаимосвязанным рядом общенаучных инвариантов естествознания: *материя* (КП₁) – *движение* (КП₂) – *пространство-время* (КП₃) – *причинность/взаимодействие* (КП₄) – *закономерность* (КП₅). Данный ряд задает стандарт структуры научного знания, применение которого позволяет представить любой инженерный объект как системное образование с общим фундаментом в мегаструктуре современной науки. Для построения ДМ необходимо раскрыть каждую философскую категорию конкретно-научным пониманием свойств изучае-

мой инженерной системы (ИС), названных качественными признаками (КП).

В результате проведенного исследования сформированы следующие представления сущностного наполнения КП: КП₁ – модификация ИС; КП₂ – характер поведения ИС; КП₃ – границы исследования ИС; КП₄ – комплекс внешних силовых факторов; КП₅ – базовый концепт. Раскроем содержание каждого признака. Под модификацией ИС понимается выяснение принадлежности исследуемого объекта к определенному типу технической системы – механическая система, электротехническая система, теплотехническая система и др. Характер поведения фиксирует соответствующее состояние ИС – движение/равновесие, которое при формировании математической модели будет проявлять себя в виде специфических дифференциальных или алгебраических уравнений. Границы исследования отражают применяемый принцип методологического анализа поведения ИС, задающий уровень научности самой диагностической модели: теоретический (идеальная ИС), технико-ориентированный (реальная ИС). Внешние силовые факторы как комплекс внешних взаимодействий ИС выявляются непосредственно в результате анализа постановки самой задачи исследования. Базовый концепт фиксирует физическую теорию, описывающую процессы, протекающие в ИС, и выступающую основанием формирования математической модели задачи. Непосредственно математическая модель представляется в форме соответствующих уравнений состояния технической системы, решение которых позволяет получить уравнения рабочих процессов. Так, уравнения Ньютона характеризуют механическое движение объектов, уравнения Максвелла – электромагнетизм, уравнения Навье-Стокса – гидродинамические закономерности и т.д. Анализ математических моделей формирует максимально возможную совокупность информативных технологических параметров, включающую в себя физические величины, выраженные структурными элементами функциональных алгоритмов, коэффициенты алгебраических и дифференциальных уравнений, корни характеристических уравнений и др. Тем самым показано, что исследование проявлений КП₁, КП₂, КП₃, КП₄, КП₅ в конкретной задаче позволяет организовать «эффективную» физико-математическую модель инженерной системы и многоаспектно обосновать физическую природу диагностируемых параметров. К важному выводу теоретического анализа проблем диагностики следует отнести тот факт, что для реальных объектов, где

оценка технического состояния осуществляется на базе небольшого количества контролируемых признаков, математические модели представляются в виде графов причинно-следственных связей.

3. Принципы включения категории *диагностическая модель* в образовательное пространство инженерного вуза.

Формирование представлений о диагностической модели как теоретической базе построения исследовательского алгоритма инженерных задач предлагается организовать в рамках изучения специфических дисциплин, названных дисциплинами-концентрами в парадигме междисциплинарной образовательной технологии, разработанной и включенной в процесс обучения в Политехническом институте ДВФУ [5]. Такие дисциплины выполняют функцию системообразующего звена в структуре образовательных программ и выступают в качестве точки перехода между блоком пропедевтического знания и циклом профессиональных предметов. Характерной особенностью дисциплин-концентриров является выраженная междисциплинарность предметного содержания, проявляющаяся в одновременном сочетании ядра профессиональных знаний, представленного базовой физической теорией соответствующего инженерного направления, и практико-ориентированной оболочкой, демонстрирующей приложение физических основ к решению конкретных инженерных задач. Для большинства специализаций технического вуза в качестве дисциплины-концентра выступает «Теоретическая механика» (третий учебный семестр), организация изучения которой послужила своеобразной площадкой реализации идеи включения категории ДМ в комплекс базовых дидактических единиц. «Сценарий» представления понятия ДМ ориентирован на раскрытие структуры, принципов строения и целевого назначения непосредственно на вводной лекции. Специфической особенностью вводной части предметного содержания теоретической механики является необходимость систематизации и обобщения физических основ механики (первый раздел общего курса физики) по отношению к механическим системам как инженерным объектам. Предложено представлять вводное знание путем раскрытия качественных признаков механических систем на основе диалектического ряда общенаучных инвариантов естествознания, что позволяет одновременно сформировать комплекс конкретно-научных понятий теоретической механики и многоаспектно обосновать сущностное содержание ДМ. Целевое назначение ДМ как целостного ал-

горитма решения исследовательских задач акцентируется предоставлением ориентировочной основы действий, отражающей технологию проектирования самой диагностической модели: цель решаемой задачи – построение алгоритма исследования поведения ИС; средства достижения цели – физическая модель ИС (разработка КП₁ – КП₄); расчетный инструментарий – математическая модель (разработка КП₅); непосредственно расчет – получение уравнений рабочих процессов; анализ результата – моделирование информативного комплекса параметров технического состояния ИС. Такой подход автоматически конструирует методический инструмент решения учебно-профессиональных задач на практических занятиях по дисциплине. Сформированные навыки работы с алгоритмом ДМ в рамках аудиторных занятий служат основой всеобщей формы ориентировки студентов в процессе самостоятельного выполнения инженерных расчетов.

Демонстрация возможностей диагностической модели как процедурного знания осуществлена при организации проектной деятельности студентов четвертого семестра обучения направления «Нефтегазовое дело» на базе технопарка ДВФУ «Остров науки». Ставилась задача разработки алгоритма диагностики конструкционных узлов магистральных трубопроводов (трубопроводная арматура) и выявления на этой основе наиболее информативных технологических параметров. В результате построения физической модели сконструирован обобщенный образ конструкционного узла в виде ступенчатого катка. Сформирован комплекс внешних взаимодействий и построена математическая модель, выраженная системой алгебраических уравнений, отражающих приложение теоремы Лагранжа–Дирихле и принципа подвижного равновесия Ле Шателье – Брауна к описанию устойчивого равновесия несвободного твердого тела. Анализ математического алгоритма позволил «обнаружить» базовый фактор потери устойчивости и отнести к наиболее информативным параметрам диагностики трибологические коэффициенты трения скольжения и трения качения. По итогам проекта предложены конкретные эксплуатационные решения. Подробное описание целей, задач и результатов проведенного исследования представлено в работе [8].

Заключение

Разработка и включение в процесс подготовки инженеров представлений о диагностической модели как универсальной матрице проектно-исследовательских мероприятий выступают эффективным приемом реализации принципа практической ориентированности обучения. Универсальность обеспечивается технологией построения модели посредством конкретизации общенаучных инвариантов естествознания для любого образа инженерной системы, что с наглядностью проявляет междисциплинарный характер предложенной дидактической единицы. Акцентирование обучаемых на способах обработки информации на основе обобщенных методов и приемов деятельности позволяет говорить о метапредметности данного конструкта. Включение категории *диагностическая модель* в структуру предметного знания базовых общеинженерных дисциплин может служить основанием разработки и реализации эффективной методики формирования навыков самостоятельной проектной работы студентов технических вузов.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 13 мая 2021 г. № 729 «О мерах по реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030» [Электронный ресурс]. URL: government.ru/docs/all/134443/ (дата обращения: 01.04.2024).
2. ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2009. 11 с.
3. Левенчук А.И. Системное мышление. М.: Издательские решения, 2018. 440 с.
4. Рахматуллин Р.Ю. Научная картина мира как особая форма организации знания // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение // Вопросы теории и практики. 2013. № 12-2 (38). С. 166–168.
5. Штагер Е.В. Актуализация конвергентного подхода в образовательном процессе инженерного вуза // Философия образования. 2021. Т. 21, № 1. С. 7-22.
6. Бигус Г.А., Даниев Ю.Ф., Быстрова Н.А., Галкин Д.И. Диагностика технических устройств: монография. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 615 с.
7. Шекшаева Н.Н. Проектный метод реализации подготовки студентов к инновационной инженерной деятельности // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. 2020. № 2 (41). С. 34-39.
8. Штагер Е.В., Храмова А.В., Мун С., Усуи С. Об одном подходе к диагностике состояния конструкционных узлов магистральных трубопроводов // European Journal of Natural History. 2023. № 1. С. 94-98.

УДК 621.833.51
DOI 10.17513/snt.40105

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ ДВУХРЯДНОГО ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА ВНУТРЕННЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ С ЭЛЛИПТИЧЕСКИМИ ШЕСТЕРНЯМИ НА САТЕЛЛИТЕ

Приходько А.А., Поливода Н.А., Щетинин М.М.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,
e-mail: sannic92@gmail.com

Механизмы с некруглыми зубчатыми колесами вызывают интерес изобретателей и инженеров вследствие высокой компактности таких механизмов, а также реализации широкого спектра передаточных функций. В последние годы значительно увеличилось количество работ в данном направлении благодаря развитию систем компьютерного моделирования и снижению стоимости изготовления некруглых зубчатых колес. Целью работы является математическое моделирование кинематики планетарной передачи внутреннего зацепления с эллиптическими зубчатыми колесами, позволяющей реализовать возвратно-вращательное движение выходного вала. Построена кинематическая модель механизма с помощью плана скоростей его звеньев, определен закон движения в виде аналога скорости и функции положения выходного звена. Разработан экспериментальный стенд предлагаемой планетарной передачи, на базе которого исследованы три варианта механизма с различными кинематическими параметрами. Построена функция положения с помощью измерения углов поворота входного и выходного валов механизма, что позволило провести валидацию кинематической модели механизма. Статистический анализ ошибок измерения показал адекватность построенной модели кинематики, что позволяет ее использовать при динамических и силовых исследованиях.

Ключевые слова: планетарный механизм, эллиптические зубчатые колеса, кинематический анализ, функция положения, статистический анализ, неопределенность измерения, доверительный интервал

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта № НИП-20.1/135.

STUDY OF THE POSITION FUNCTION OF A DOUBLE-ROW PLANETARY INTERNAL GEAR MECHANISM WITH ELLIPTICAL GEARS ON A SATELLITE

Prikhodko A.A., Polivoda N.A., Schetin M.M.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: sannic92@gmail.com

Mechanisms with non-circular gears are of interest to inventors and engineers due to the high compactness of such mechanisms, as well as the implementation of a wide range of transmission functions. In recent years, the number of works in this direction has increased significantly due to the development of computer modeling systems and the reduction in the cost of manufacturing non-circular gears. The purpose of this paper is mathematical modeling of the kinematics of an internal planetary gear with elliptical gears, which allows for the reciprocating rotational motion of the output shaft. A kinematic model of the mechanism was constructed using the speed plan of its links, and the law of motion was determined in the form of an analogue of the speed and position function of the output link. An experimental stand for the proposed planetary gear has been developed, on the basis of which three variants of the mechanism with different kinematic parameters have been studied. A position function is constructed by measuring the rotation angles of the input and output shafts of the mechanism, which made it possible to validate the kinematic model of the mechanism. Statistical analysis of measurement errors showed the adequacy of the constructed kinematic model, which allows it to be used in the future in dynamic, power studies and design of machines based on the proposed planetary gear.

Keywords: planetary mechanism, elliptical gears, kinematic analysis, position function, statistical analysis, measurement uncertainty, confidence interval

The study was carried out with financial support from the Kuban Science Foundation within the framework of scientific and innovative project No. NIP-20.1/135.

Механические передачи с некруглыми зубчатыми колесами издавна привлекают внимание исследователей и изобретателей [1–3], однако их практическое применение было затруднено из-за недостаточного развития высокоточного металлообрабатывающего оборудования и слабой теоретической базы в области промышленного производства. В настоящее время повышается интерес исследователей к разработке различных

схем механизмов с некруглыми зубчатыми колесами именно благодаря значительным успехам и изготовлению различных типов некруглых передач: цилиндрических передач с внешним [4, 5] и внутренним [6, 7] зацеплением, а также косозубых [8] и конических передач [9, 10].

Одним из перспективных практических применений некруглых зубчатых колес является создание приводов возвратно-враща-

тельного движения, построенных на базе планетарных передач с одной [11] или несколькими парами [3, 7] некруглых шестерен. Преимуществами такой схемы по сравнению с традиционными рычажными механизмами являются более широкие кинематические характеристики, высокая точность и скорость работы, компактная и надежная конструкция передачи.

Как показывает литературный обзор, самыми распространенными на сегодняшний день являются некруглые зубчатые колеса с эллиптической центроидой [12, 13]. Разработано большое количество устройств на базе эллиптических зубчатых колес [14, 15], проанализирована геометрия и кинематика [11, 12, 16], решены задачи промышленного производства [17, 18].

Целью настоящего исследования является кинематический анализ двухрядного планетарного механизма внутреннего зацепления с эллиптическими шестернями на сателлите, а также его экспериментальная верификация путем анализа функций положения прототипов механизма с различными кинематическими параметрами.

Материалы и методы исследования

Построим кинематическую модель предлагаемой передачи. Рассмотрим план скоростей планетарного механизма внутреннего зацепления с эллиптическими шестернями на сателлите (рис. 1).

Согласно построенному плану скоростей, математическая модель кинематики механизма может быть выражена через ана-

лог угловой скорости выходного вала определится [19]:

$$\varphi'_3 = \frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{V_D \cdot AC}{V_C \cdot DE} = \frac{BD \cdot AC}{BC \cdot DE}. \quad (1)$$

Для определения расстояний BD , BC и DE рассмотрим уравнение эллипса в полярных координатах:

$$\rho(\varphi) = \frac{a(1-e^2)}{1-e \cos \varphi}, \quad (2)$$

где φ – угол поворота эллипса; e , a – эксцентриситет и большая полуось эллипса.

Обозначим радиусы зацепления эллиптических зубчатых колес 5 и 6 следующим образом:

$$BC = \rho_5 = \frac{a(1-e^2)}{1-e \cos \varphi_5}; \quad (3)$$

$$CD = \rho_6 = \frac{a(1-e^2)}{1-e \cos \varphi_6}, \quad (4)$$

где e – эксцентриситет эллиптических зубчатых колес, $\varphi_5 = \varphi_6 + \pi$ – угол поворота эллиптического колеса на сателлите:

В соответствии с рис. 1 и с учетом принятых обозначений (3), (4), длины отрезков в уравнении (1) определяются:

$$BD = \rho_6 - \rho_5; \quad (5)$$

$$AC = EC = 2a; \quad (6)$$

$$DE = 2a - \rho_6. \quad (7)$$

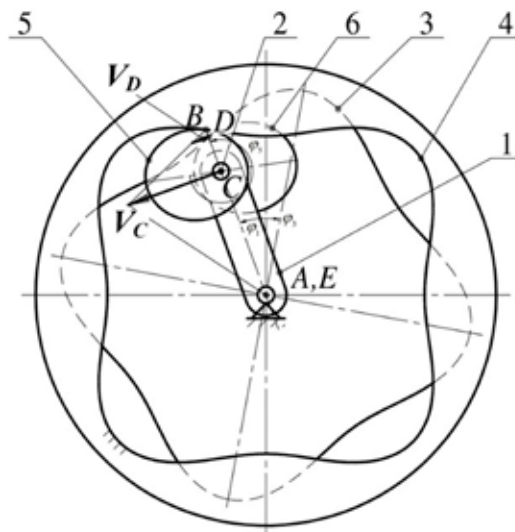


Рис. 1. План скоростей исследуемой планетарной передачи: 1 – водило; 2 – вал сателлита; 3 – некруглое зубчатое колесо на выходном валу; 4 – неподвижное некруглое зубчатое колесо (эпицикл); 5, 6 – эллиптические зубчатые колеса сателлита; А, С, Е – вращательные кинематические пары; В, D – зубчатые кинематические пары

Таким образом, учитывая (2)–(7), определим аналог угловой скорости выходного вала:

$$\varphi_3' = \frac{(\rho_6 - \rho_5) \cdot 2a}{\rho_5 \cdot (2a - \rho_6)} \quad (8)$$

Угол поворота выходного вала, определяющий функцию положения механизма, рассчитывается путем интегрирования (8) по углу поворота входного вала:

$$\varphi_3(\varphi_1) = \int \varphi_3' d\varphi_1 \quad (9)$$

Таким образом, уравнение (9) позволяет получить расчетную функцию положения исследуемого планетарного механизма.

В качестве примера исследуем механизмы с различными эксцентриситетами эллиптических зубчатых колес:

- вариант 1: $e = 0.28$;
- вариант 2: $e = 0.392$;
- вариант 3: $e = 0.475$.

Используя (9), построим функции положений для предлагаемых механизмов (рис. 2), цифрами обозначены исследуемые варианты.

Как видно из графиков, исследуемый механизм позволяет реализовать возвратно-вращательное движение, амплитуда которо-

го возрастает при увеличении эксцентриситета эллиптических зубчатых колес.

Результаты исследования и их обсуждение

С целью проведения валидации полученной математической модели кинематики механизма проведем натурный эксперимент. Объектом экспериментального исследования является прототип планетарного механизма, детали которого (рис. 3) выполнены как методами механической обработки (валы для обеспечения соосности выполнены из стали 45), так и с помощью аддитивных технологий (корпус механизма, крепления для датчиков выполнены из PETG-пластика).

Измерительная часть стенда содержит абсолютные энкодеры для измерения углов поворота входного и выходного валов, краткие характеристики которых представлены в табл. 1.

Сигнал от датчиков обрабатывается с помощью контроллера, который выполняет функцию аналого-цифрового преобразователя, а затем передается на персональный компьютер. Принципиальная схема и внешний вид экспериментального стенда показаны на рис. 4.

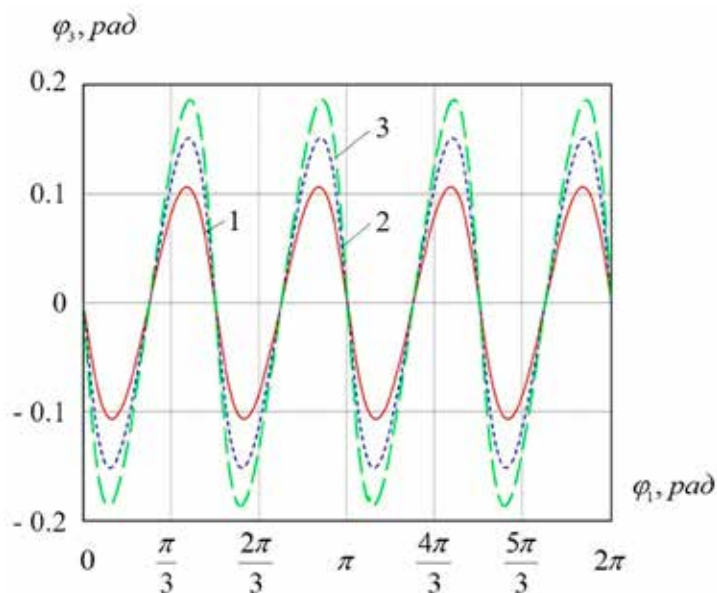


Рис. 2. Графики зависимостей $\varphi_3(\varphi_1)$ для различных конфигураций механизма

Таблица 1

Характеристики абсолютных энкодеров

Разрешение	Линейность	Скорость чтения	Выходной сигнал	Диаметр
$360^\circ/4096 \approx 0.088^\circ$	0,3 %	0,6 мс	0–5 В	22 мм



Рис. 3. Детали исследуемого прототипа

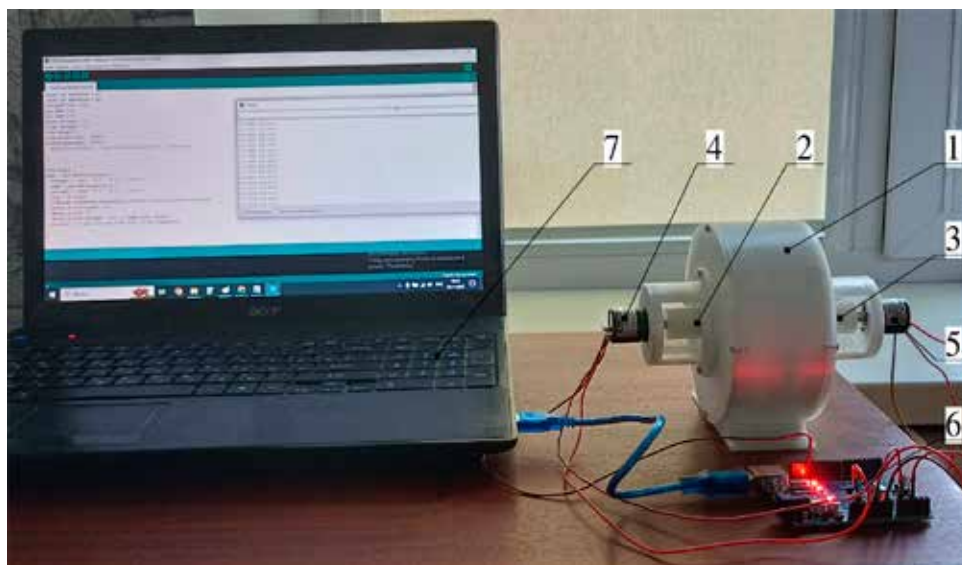
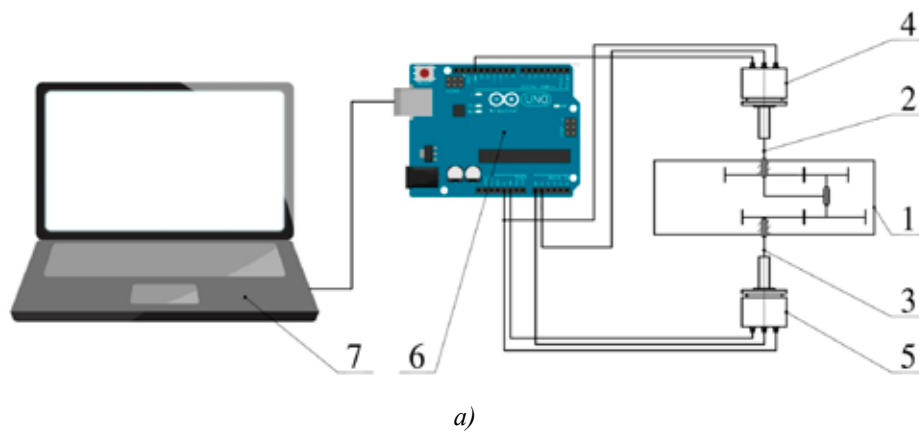


Рис. 4. Принципиальная схема (а) и внешний вид (б) экспериментального стенда:
 1 – корпус механизма; 2 – входной вал; 3 – выходной вал;
 4, 5 – датчики угла поворота; 6 – контроллер; 7 – ПК

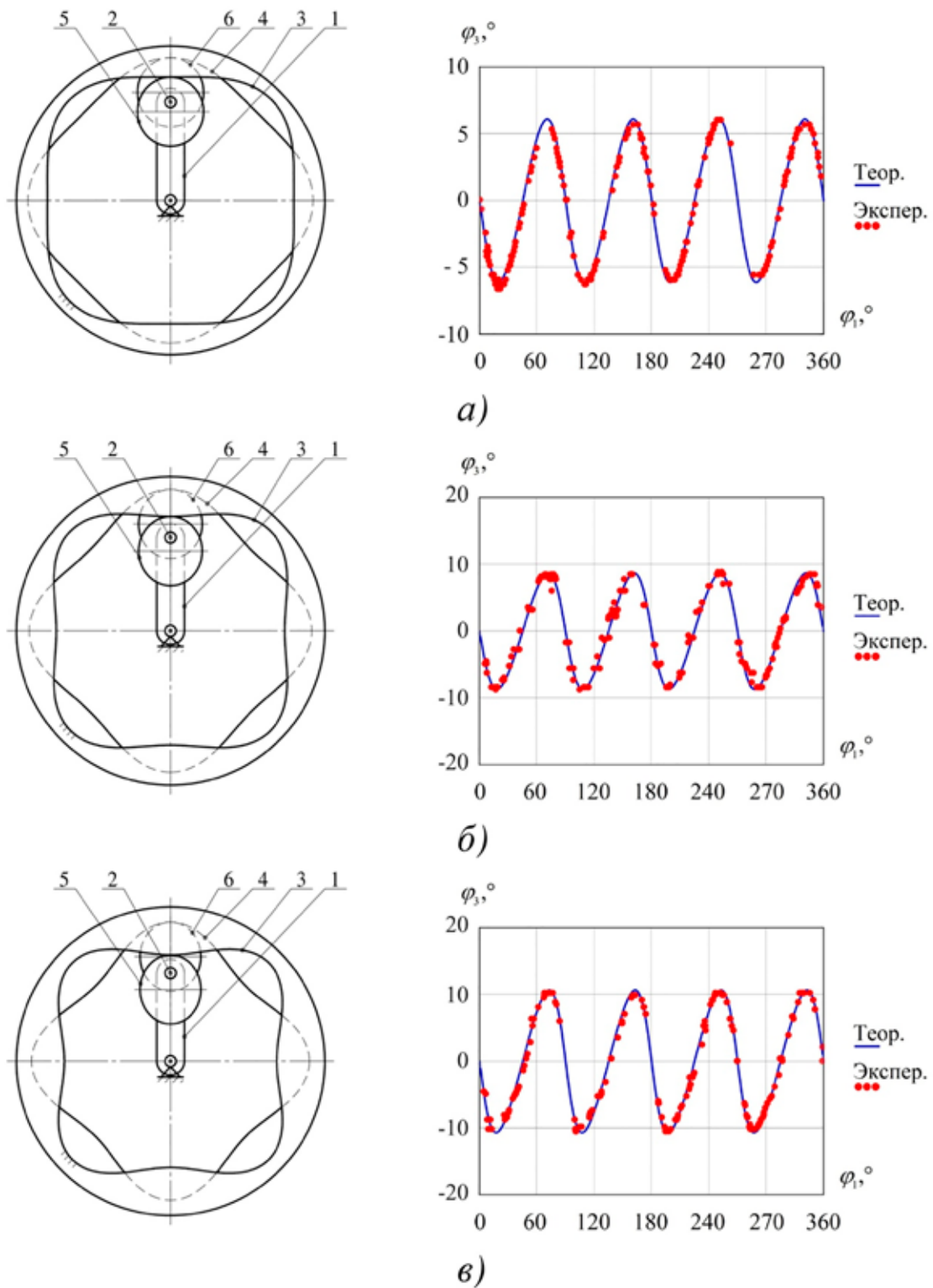


Рис. 5. Схемы механизмов, функции положений и результаты измерений: а – вариант 1, б – вариант 2, в – вариант 3

Для исследования функции положения измерялись углы поворота входного и выходного валов для трех предлагаемых вари-

антов планетарного механизма. Анализ данных и статистическая обработка выполнены в системе MathCAD.

Таблица 2

Результаты статистического анализа ошибок измерения

Исполнение механизма	Количество измерений	Среднее значение ошибки	Неопределенность измерения
Вариант 1	194	0.18°	0.03°
Вариант 2	194	- 0.09°	0.07°
Вариант 3	193	0.11°	0.06°

Схемы механизмов, теоретические функции положения и результаты измерений для исследуемых вариантов показаны на рис. 5.

Как показывает анализ графиков на рис. 5, измеренные функции положения для всех вариантов механизма адекватны построенной кинематической модели. Проведем статистический анализ ошибок измерения функций положения для более детальной оценки результатов эксперимента. Согласно [20], среднее значение ошибок измерения определится:

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k, \quad (10)$$

где n – количество независимых наблюдений q_k .

Выборочная дисперсия определяется по формуле

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2. \quad (11)$$

Оценку дисперсии среднего значения получим следующим образом:

$$s^2(q) = \frac{s^2(q_k)}{n}. \quad (12)$$

Далее, определим стандартную неопределенность измерений по типу А:

$$u(q) = \sqrt{s^2(q)}. \quad (13)$$

Применяя уравнения (10)–(13) к результатам экспериментального исследования и принимая за значения q_k ошибки измерения функций положения, получим значения неопределенности измерения для каждого из вариантов механизмов. Количество измерений n , среднее значение ошибок измерения \bar{q} и неопределенность измерения $u(q)$ для каждого варианта механизма приведены в табл. 2.

Анализ результатов эксперимента показывает адекватность построенной математической модели кинематики реальным механизмам, при этом доверительный интервал ошибок измерения при уровне достоверно-

сти 95 % определяется как $\bar{q} \pm 2u$ и составляет $0.18 \pm 0.06^\circ$ для варианта 1, $-0.09 \pm 0.14^\circ$ для варианта 2 и $0.11 \pm 0.12^\circ$ для варианта 3.

Заключение

В качестве перспективного привода возвратно-вращательного движения рассматривается планетарный механизм с внутренним зацеплением, имеющий в своем составе эллиптические зубчатые колеса. Кинематический анализ механизма показал осуществление возвратно-вращательного движения с различной амплитудой, которая зависит от эксцентриситета эллиптических зубчатых колес.

Проведен экспериментальный анализ функций положения для трех вариантов исследуемой передачи, который позволил провести валидацию кинематической модели механизма. Статистический анализ результатов измерения, проведенный с применением современных компьютерных технологий, показал адекватность построенной кинематической модели реальным механизмам, что позволяет использовать данную математическую модель при дальнейшем проектировании и расчете машин на базе предложенной схемы планетарного механизма.

Список литературы

1. Пожбелко В.И., Шагиахметов А.И., Ахметшин Н.И. Новый способ регулирования угла выстоя и классификация регулируемых зубчато-рычажных механизмов периодического поворота // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2005. № 1 (41). С. 181–184.
2. Тарабарин В.Б., Тарабарина З.И. Модели зубчатых передач с переменным передаточным отношением в коллекции МГТУ им. Н.Э. Баумана // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2014. № 12 (657). С. 84–91.
3. Zheng F., Hua L., Han X., Li B., Chen D. Synthesis of indexing mechanisms with non-circular gears // Mechanism and Machine Theory. 2016. Vol. 105. P. 108–128. DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2016.06.019.
4. Maláková S., Urbanský M., Fedorko G., Molnár V., Sivak S. Design of geometrical parameters and kinematic characteristics of a non-circular gear transmission for given parameters // Applied Sciences. 2021. Vol. 11, Is. 3. DOI: 10.3390/app11031000.
5. Jang H.S., Lee C.H., Park G.Y., Kim C. Study on Design of Non-Circular Gears for Speed Control of the Squid Belly

- Opening and Gutting Machine (SBOGM) // Applied Sciences. 2021. Vol. 11, Is. 7. DOI: 10.3390/app11073268.
6. Lin C., Xia X., Li P. Geometric design and kinematics analysis of coplanar double internal meshing non-circular planetary gear train // Advances in Mechanical Engineering. 2018. Vol. 10, Is. 12. DOI: 10.1177/1687814018818910.
7. Приходько А.А., Смелягин А.И. Кинематика планетарной передачи эллиптическими зубчатыми колесами с внутренним зацеплением // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021. № 5. С. 41–48.
8. Han J., Li D., Tian X., Xia L. Linkage model and interpolation analysis of helical non-circular gear hobbing // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2020. Vol. 42, Is. 11. DOI: 10.1007/s40430-020-02663-1.
9. Zhuang W., Hua L., Han X., Zheng F. Design and hot forging manufacturing of non-circular spur bevel gear // International Journal of Mechanical Sciences. 2017. Vol. 133. P. 129–146. DOI: 10.1016/j.ijmesci.2017.08.025.
10. Han X.H., Zhang X.C., Zheng F.Y., Xu M., Tian J. Mathematic model and tooth contact analysis of a new spiral non-circular bevel gear // Journal of Central South University. 2022. Vol. 29, Is. 1. P. 157–172. DOI: 10.1007/s11771-022-4898-8.
11. Приходько А.А., Смелягин А.И. Создание и исследование планетарных механизмов прерывистого движения с эллиптическими зубчатыми колесами // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Машиностроение. 2019. № 6. С. 77–88. DOI: 10.18698/0236-3941-2019-6-77-88.
12. Wunderlich W. Contribution to the geometry of elliptic gears // Mechanism and Machine Theory. 1975. Vol. 10, Is. 4. P. 273–278. DOI: 10.1016/0094-114X(75)90072-5.
13. Chang S.-L., Tsay C. B., Wu L.-L. Mathematical model and undercutting analysis of elliptical gears generated by rack cutters // Mechanism and Machine Theory. 1996. Vol. 31, Is. 7. P. 879–890. DOI: 10.1016/0094-114X(95)00121-E.
14. Zhao Y., Yu G. H., Wu C. Y. Circuit Simulation and Dynamic Analysis of a Transplanting Mechanism with Planetary Elliptical Gears // Transactions of the ASABE. 2011. Vol. 54, Is. 4. P. 1179–1188. DOI: 10.13031/2013.39016.
15. Приходько А.А., Герасименко Е.О. Исследование эффективности теплообмена в перемешивающем устройстве с неравномерным движением мешалки // Теоретические основы химической технологии. 2023. Т. 57, № 2. С. 228–237.
16. Bair B.-W. Computerized tooth profile generation of elliptical gears manufactured by shaper cutters // Journal of Materials Processing Technology. 2002. Vol. 122, Is. 2–3. P. 139–147. DOI: 10.1016/S0924-0136(01)01242-0.
17. Nguyen T.H. Shaping the tooth profile of elliptical gear with the involute ellipse curve // Science & Technology Development Journal-Engineering and Technology. 2021. Vol. 4, Is. 3. P. 1048–1056. DOI: 10.32508/stdjet.v4i3.820.
18. Yazar M. Design, manufacturing and operational analysis of elliptical gears // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2021. Vol. 22, Is. 8. P. 1441–1451. DOI: 10.1007/s12541-021-00549-3.
19. Prikhodko A.A. Experimental kinematic analysis of an intermittent motion planetary mechanism with elliptical gears // Journal of Measurements in Engineering. 2020. Vol. 8, Is. 3. P. 122–131. DOI: 10.21595/jme.2020.21583.
20. Бараш В.Я. Неопределенность и погрешность в современной метрологии // Законодательная и прикладная метрология. 2009. № 5. С. 15–20.