

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,899  
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,338

Журнал издается с 2003 г.  
12 выпусков в год

Электронная версия журнала

[top-technologies.ru/ru](http://top-technologies.ru/ru)

Правила для авторов:

[top-technologies.ru/ru/rules/index](http://top-technologies.ru/ru/rules/index)

Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – ПА037

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

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

**Ответственный секретарь редакции**

*Бизенкова Мария Николаевна*

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

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

---

«СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.  
**Свидетельство ПИ № ФС 77 – 63399.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,899.**

**Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,338.**

**Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.**

Учредитель, издательство и редакция:  
ООО ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Адрес редакции и издателя: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

Ответственный секретарь редакции  
Бизенкова Мария Николаевна  
тел. +7 (499) 705-72-30  
E-mail: [edition@rae.ru](mailto:edition@rae.ru)

Подписано в печать – 30.12.2021  
Дата выхода номера – 31.01.2022

Формат 60×90 1/8  
Типография  
ООО «Научно-издательский центр Академия Естествознания»  
410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка  
Байгузова Л.М.  
Корректор  
Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный  
Распространение по свободной цене  
Усл. печ. л. 25,38  
Тираж 1000 экз.  
Заказ СНТ 2021/12  
Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

---

## СОДЕРЖАНИЕ

**Технические науки (05.02.02, 05.02.04, 05.02.07, 05.02.09, 05.02.10, 05.02.11, 05.02.13, 05.02.18, 05.02.22, 05.13.06, 05.13.10, 05.13.11, 05.13.17, 05.13.18)**

**СТАТЬИ**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ МАКЕТА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РЕГИОНАРНОГО ВЕНТИЛЯЦИОННО-ПЕРФУЗИОННОГО ОТНОШЕНИЯ ЛЕГКИХ ЧЕЛОВЕКА <i>Алексамян Г.К.</i> .....	9
СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ КЛИЕНТСКИХ СЛУЖБ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ <i>Алисултанова Э.Д., Моисеенко Н.А., Тасуев У.Р., Юсупова Р.В.</i> .....	15
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ГИБРИДНАЯ АРХИТЕКТУРА КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ПРОГРАММНЫМ ШЛЮЗОМ-АДАПТЕРОМ <i>Алпатов А.Н., Студенников М.Р.</i> .....	21
УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ <i>Анищенко Ю.В., Понушкова К.А.</i> .....	29
АНАЛИЗ И ПУТИ РАЗВИТИЯ АВТОПОДЪЕМНИКОВ ПОЖАРНЫХ КОЛЕНЧАТЫХ <i>Егоров А.Л., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Егоров М.А.</i> .....	35
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗАБАЛАНСОВЫХ РУД И ОТХОДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Жантасов К.Т., Жуматаева С.Б., Лавров Б.А., Дормеишкин О.Б., Сарыпбекова Н.К., Жантасов М.К., Зият А.Ж., Жантасова М.К., Бекаулова А.А.</i> .....	40
АССЕМБЛИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ XXIV ЗИМНИХ ОЛИМПИЙСКИХ ИГР 2022 <i>Крутиков А.К., Мельцов В.Ю., Страбыкин Д.А., Подковырин В.Д.</i> .....	45
ВЕКТОРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СЛОВ РУССКОГО ЯЗЫКА ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СВЕРТОЧНОГО АВТОЭНКОДЕРА <i>Лихачев А.Ю., Трубянов А.Б.</i> .....	52
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГЕБРЫ ГИПЕРРАЗМЕРНЫХ ВЕКТОРОВ <i>Мартышкин А.И., Трокоз Д.А., Пащенко Д.В., Калашиников В.А., Синев М.П.</i> .....	60
ДИНАМИЧЕСКАЯ ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ <i>Медведев А.В.</i> .....	67
ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Никитина Л.Н., Шиков П.А., Шиков Ю.А., Зрелова А.Л.</i> .....	73
МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОГО БАЙЕСОВСКОГО КЛАССИФИКАТОРА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ <i>Певнева А.Г., Обухов А.В., Зимовец А.И.</i> .....	78
О ГРАНИЦАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОРНЕЙ ПОЛИНОМОВ НА ОСНОВЕ УСТОЙЧИВОЙ АДРЕСНОЙ СОРТИРОВКИ <i>Ромм Я.Е.</i> .....	84

ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ ЗАЯВКИ НА ПРОЕКТНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ  
В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНТОВ

*Сироткин А.В., Копченко В.К.* ..... 109

**Педагогические науки (13.00.01, 13.00.02, 13.00.03, 13.00.04, 13.00.05, 13.00.08)**

**СТАТЬИ**

ОСОБЕННОСТИ ВОСПИТАНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ БУДУЩИХ  
ВОЕННЫХ ЛЕТЧИКОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВОЕННОГО ВУЗА

*Абдалина Л.В., Гончаров С.А.* ..... 114

ПРОБЛЕМЫ ПРОВЕРКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ  
МАЛЫХ ВЫБОРОК В ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТЕ

*Абдрахманова И.В., Луцник И.В.* ..... 119

ВЛИЯНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПРИ ОСВОЕНИИ ФИЛОЛОГИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

*Антонова Е.А.* ..... 124

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУППОВОЙ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ВУЗА В ЭЛЕКТРОННОЙ СРЕДЕ  
ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ

*Арасланова М.Н., Бутакова С.М., Мансурова Т.П.* ..... 130

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ДИДАКТИЧЕСКИХ ИГР  
В ОЗНАКОМЛЕНИИ СТАРШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ С ТРУДОМ ВЗРОСЛЫХ

*Бичева И.Б., Грахова Н.Е., Новикова Е.Н., Автамонова О.В., Раскатова С.И.* ..... 138

ВЗАИМОСВЯЗЬ МОТИВОВ ВЫБОРА ПРОФЕССИИ И УЧЕБНОЙ МОТИВАЦИИ  
СТУДЕНТОВ ЛЕЧЕБНОГО ФАКУЛЬТЕТА МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА

*Братухина Е.А., Братухин А.Г., Буторин А.В., Васькова А.В.,  
Медведева Е.А., Никулина Е.Е., Прокопьева В.А., Сизова Д.М.* ..... 143

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

*Гетман Н.А., Котенко В.В., Котенко Е.Н., Русаков В.В., Сукач Л.И.* ..... 148

АНАЛИЗ УРОВНЯ ОБУЧЕННОСТИ СТУДЕНТОВ КУЛЬТУРЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАМКАХ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

*Доржу У.В.* ..... 153

ОСОБЕННОСТИ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ШКОЛЬНИКОВ  
С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА  
ОТ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО К ПОДРОСТКОВОМУ ВОЗРАСТУ

*Кисова В.В., Конева И.А.* ..... 157

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ

*Кузнецова Ю.Н., Калимуллина О.А., Иванова А.В., Сироткина О.В.* ..... 162

ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ СТУДЕНТОВ ХАБАРОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНСТИТУТА КУЛЬТУРЫ СРЕДСТВАМИ РАБОТЫ МУЗЕЯ

*Орлова Е.Н., Демидько Е.В.* ..... 168

ОСНОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ  
У ОБУЧАЮЩИХСЯ НА СТУПЕНИ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Прохорова Т.П.* ..... 173

---

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ БРОСКОВ БАСКЕТБОЛИСТАМИ 15–16 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ ШКОЛЬНОЙ СЕКЦИИ БАСКЕТБОЛА	
<i>Смородинова Р.В.</i> .....	179
АКТУАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ	
<i>Стерхова Н.С., Милованова Л.А., Разливинских И.Н.</i> .....	186
ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	
<i>Черкасова Г.В., Айрапетова А.Ю., Гольбякова Х.Н., Масловская Е.А.</i> .....	193
ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ СПОРТСМЕНОВ	
<i>Юшкин В.Н.</i> .....	199

---

**CONTENTS**

**Technical sciences 05.02.02, 05.02.04, 05.02.07, 05.02.09, 05.02.10, 05.02.11, 05.02.13, 05.02.18, 05.02.22, 05.13.06, 05.13.10, 05.13.11, 05.13.17, 05.13.18)**

**ARTICLES**

EXPERIMENTAL APPROBATION OF THE LAYOUT OF THE INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR MONITORING THE REGIONAL VENTILATION-PERFUSION RATIO OF HUMAN LUNGS <i>Aleksanyan G.K.</i> .....	9
NEURAL NETWORK-BASED CUSTOMER SERVICE OPTIMIZATION SYSTEM <i>Alisultanova E.D., Moiseenko N.A., Tasuev U.R., Yusupova R.V.</i> .....	15
MATHEMATICAL MODEL AND HYBRID ARCHITECTURE OF A CLIENT-SERVER APPLICATION WITH A SOFTWARE GATEWAY-ADAPTER <i>Alpatov A.N., Studennikov M.R.</i> .....	21
RISK MANAGEMENT OF GAS BOILER HOUSE <i>Anishchenko Y.V., Ponushkova K.A.</i> .....	29
ANALYSIS AND WAYS OF DEVELOPMENT OF FIRE CRANKSHAFT LIFTS <i>Egorov A.L., Kostyrchenko V.A., Madyarov T.M., Egorov M.A.</i> .....	35
ENVIRONMENTALLY SAFE TECHNOLOGIES FOR PROCESSING OFF-BALANCE SHEET AND WASTE FROM VARIOUS ENTERPRISES <i>Zhantasov K.T., Zhumataeva S.B., Lavrov B.A., Dormeshkin O.B., Sarypbekova N.K., Zhantasov M.K., Ziyat A.Zh., Zhantasova M.K., Bekaulova A.A.</i> .....	40
ASSEMBLING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO PREDICT THE RESULTS OF THE XXIV OLYMPIC WINTER GAMES 2022 <i>Krutikov A.K., Meltsov V.Yu., Strabykin D.A., Podkovyrin V.D.</i> .....	45
VECTOR REPRESENTATION OF WORDS OF THE RUSSIAN LANGUAGE WITH THE USE OF NEURAL NETWORK MODELS OF CONVOLUTIONAL AUTOENCODER <i>Likhachev A.Yu., Trubyanov A.B.</i> .....	52
DESIGNING THE TOOLING SOFTWARE SYSTEM FOR SUPPORTING THE METHODOLOGY OF DESIGNING COMPLEX SYSTEMS BASED ON AUTOMATIC MODELS USING THE ALGEBRA OF HYPERDIMENSIONAL VECTORS <i>Martyshkin A.I., Trokoz D.A., Paschenko D.V., Kalashnikov V.A., Sinev M.P.</i> .....	60
DYNAMIC LINEAR OPTIMAL CONTROL MODEL INVESTMENT AND PRODUCTION PROCESSES IN SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS <i>Medvedev A.V.</i> .....	67
THE MAIN APPROACHES TO IMPROVING THE EFFICIENCY OF PERSONNEL MANAGEMENT OF LIGHT INDUSTRY ENTERPRISES <i>Nikitina L.N., Shikov P.A., Shikov Yu.A., Zrelova A.L.</i> .....	73
MODEL OF A FUZZY BAYESIAN CLASSIFIER FOR INFORMATION PROCESSING <i>Pevneva A.G., Obukhov A.V., Zimovets A.I.</i> .....	78
ON THE BOUNDS OF THE POLYNOMIALS' ROOTS IDENTIFICATION BASED ON STABLE ADDRESS SORTING <i>Romm Ya.E.</i> .....	84

---

ASSESSMENT OF THE RELEVANCE OF AN APPLICATION FOR PROJECT FINANCING  
IN AN AUTOMATED GRANT DISTRIBUTION SYSTEM

*Sirotkin A.V., Kopchenko V.K.* ..... 109

**Pedagogical sciences (13.00.01, 13.00.02, 13.00.03, 13.00.04, 13.00.05, 13.00.08)**

**ARTICLES**

SOME FEATURES OF FUTURE MILITARY PILOTS CIVIL LIABILITY MENTORING  
IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF A MILITARY INSTITUTE

*Abdalina L.V., Goncharov S.A.* ..... 114

PROBLEMS OF TESTING STATISTICAL HYPOTHESES IN THE STUDY  
OF SMALL SAMPLES IN PHYSICAL CULTURE AND SPORTS

*Abdrakhmanova I.V., Luschik I.V.* ..... 119

THE INFLUENCE OF PEDAGOGICAL CONDITIONS ON THE FORMATION  
OF THE PROFESSIONAL ORIENTATION OF STUDENTS IN THE DEVELOPMENT  
OF PHILOLOGICAL DISCIPLINES

*Antonova E.A.* ..... 124

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF GROUP EDUCATIONAL ACTIVITIES  
OF ENGINEERING STUDENTS OF THE UNIVERSITY IN THE ELECTRONIC  
ENVIRONMENT WHEN STUDYING MATHEMATICS

*Araslanova M.N., Butakova S.M., Mansurova T.P.* ..... 130

THE USE OF COMPUTER DIDACTIC GAMES IN INTRODUCING SENIOR  
PRESCHOOLERS WITH THE WORK OF ADULTS

*Bicheva I.B., Grakhova N.E., Novikova E.N., Avtamonova O.V., Raskatova S.I.* ..... 138

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MOTIVES OF CHOOSING A PROFESSION  
AND THE EDUCATIONAL MOTIVATION OF STUDENTS OF THE MEDICAL FACULTY  
OF A MEDICAL UNIVERSITY

*Bratukhina E.A., Bratukhin A.G., Butorin A.V., Vaskova A.V.,  
Medvedeva E.A., Nikulina E.E., Prokopeva V.A., Sizova D.M.* ..... 143

PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF CORPORATE CULTURE  
OF AN EDUCATIONAL ORGANIZATION

*Getman N.A., Kotenko V.V., Kotenko E.N., Rusakov V.V., Sukach L.I.* ..... 148

ANALYSIS OF THE LEVEL OF STUDENTS TRAINING IN THE CULTURE OF LIFE SAFETY  
IN THE FRAMEWORK OF A COMPETENCE APPROACH

*Dorzhu U.V.* ..... 153

PECULIARITIES OF PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL SUPPORT  
FOR PUPILS WITH DELAYED MENTAL DEVELOPMENT DURING  
THE PERIOD OF TRANSITION FROM YOUNG SCHOOL TO ADOLESCENT AGE

*Kisova V.V., Koneva I.A.* ..... 157

PEDAGOGICAL DESIGN IN THE DESIGN OF E-COURSES

*Kuznetsova J.N., Kalimullina O.A., Ivanova A.V., Sirotkina O.V.* ..... 162

PATRIOTIC EDUCATION OF STUDENTS OF THE KHABAROVSK STATE INSTITUTE  
OF CULTURE BY MEANS OF THE MUSEUM

*Orlova E.N., Demidko E.V.* ..... 168

REASON FOR FORMATION OF BASIC LOGICAL ACTIONS IN STUDENTS  
AT THE STAGE OF BASIC GENERAL EDUCATION

*Prokhorova T.P.* ..... 173

---

IMPROVING THE TECHNIQUE OF MAKING THROWS BY BASKETBALL PLAYERS AGED 15–16 IN THE CONDITIONS OF THE SCHOOL BASKETBALL SECTION <i>Smorodinova R.V.</i> .....	179
ACTUALIZATION OF THE POTENTIAL OF PRODUCTIVE FORMS OF ORGANIZATION OF RESEARCH ACTIVITIES OF FUTURE PRIMARY SCHOOL TEACHERS <i>Sterkhova N.S., Milovanova L.A., Razlivinskikh I.N.</i> .....	186
ORGANIZATION OF TRAINING FOR FOREIGN STUDENTS AT THE MEDICAL- PHARMACEUTICAL INSTITUTE USING DISTANCE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES <i>Cherkasova G.V., Airapetova A.Yu., Gulbjakova Ch.N., Maslovskaya E.A.</i> .....	193
INFORMATION MODELING IN THE ATHLETES' TRAINING MANAGEMENT SYSTEM <i>Yushkin V.N.</i> .....	199

СТАТЬИ

УДК 004.9

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ МАКЕТА  
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА  
РЕГИОНАРНОГО ВЕНТИЛЯЦИОННО-ПЕРФУЗИОННОГО  
ОТНОШЕНИЯ ЛЕГКИХ ЧЕЛОВЕКА**

**Александян Г.К.**

*ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: graer@yandex.ru*

В работе приведены первые результаты экспериментальной оценки работоспособности разработанной и изготовленной информационно-измерительной системы длительного мониторинга регионарной вентиляции и вентиляционно-перфузионного отношения легких человека на основе многочастотной электроимпедансной томографии. Данные исследования были выполнены на добровольцах из числа разработчиков системы. При этом массив измерительной информации был получен с применением нагрузочного спирометра Coach2, с помощью которого испытуемые самостоятельно устанавливали дыхательные объемы. Экспериментальные исследования выполнялись на разработанном автором ранее медико-техническом стенде для проведения исследований методом электроимпедансной томографии. Таким образом, в лабораторных условиях на здоровых людях (испытуемых) в упрощенном виде и безопасным способом моделировался процесс искусственной вентиляции легких в части задания и изменения дыхательных объемов, а также выполнялась оценка возможности получения измерительной информации для левого и правого лёгкого в отдельности. По результатам первичной экспериментальной апробации можно сделать вывод, что предложенные решения позволяют вести непрерывный длительный мониторинг вентиляции и вентиляционно-перфузионного отношения лёгких человека (в том числе и регионарный) без необходимости выполнения дополнительных перенастроек. Работоспособность системы сохранялась в установленном диапазоне дыхательных объемов (от 500 мл до 4000 мл) в заданном частотном диапазоне инжектируемого тока (от 50 кГц до 400 кГц). Предложенные решения позволяют визуализировать регионарную вентиляцию и вентиляционно-перфузионное отношение лёгких (левого и правого лёгкого в отдельности).

**Ключевые слова:** многочастотная электроимпедансная томография, информационно-измерительная система, дыхательные объемы, испытуемые, вентиляция легких, вентиляционно-перфузионное отношение

**EXPERIMENTAL APPROBATION OF THE LAYOUT  
OF THE INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR MONITORING  
THE REGIONAL VENTILATION-PERFUSION RATIO OF HUMAN LUNGS**

**Aleksanyan G.K.**

*Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, e-mail: graer@yandex.ru*

The paper presents the first results of an experimental assessment of the operability of the developed and manufactured information-measuring system for long-term monitoring of regional ventilation and ventilation-perfusion ratio of human lungs based on multi-frequency electrical impedance tomography. These studies were performed on volunteers from among the developers of the system. At the same time, an array of measuring information was obtained using a Coach2 load spirometer, with which the subjects independently set respiratory volumes. Experimental studies were carried out on a medical and technical stand developed by the author earlier for conducting research by electrical impedance tomography. Thus, in laboratory conditions on healthy people (subjects), the process of artificial lung ventilation was modeled in a simplified form and in a safe way in terms of tasks and changes in respiratory volumes, as well as an assessment of the possibility of obtaining measuring information for the left and right lungs separately. Based on the results of the initial experimental approbation, it can be concluded that the proposed solutions allow continuous long-term monitoring of ventilation and ventilation-perfusion ratio of human lungs (including regional) without the need for additional reconfigurations. The operability of the system was maintained in the established range of respiratory volumes (from 500 ml to 4000 ml) in the specified frequency range of the injected current (from 50 kHz to 400 kHz). The proposed solutions make it possible to visualize regional ventilation and the ventilation-perfusion ratio of the lungs (left and right lungs separately).

**Keywords:** multifrequency electrical impedance tomography, information and measurement system, respiratory volumes, subjects, lung ventilation, ventilation-perfusion ratio

Многочастотная электроимпедансная томография (МЭИТ) является одним из направлений развития метода ЭИТ [1], при котором объект исследования (ОИ) инжектируется переменным током в заданном диапазоне частот. Это позволяет в режиме реального времени получать дополни-

тельную диагностическую информацию об изменении свойств исследуемой области (ИО), в том числе обусловленную индивидуальными особенностями самого ИО. Наибольшее практическое применение метод ЭИТ получил в области мониторинга функционального состояния легких челове-

ка при выполнении реанимационных мероприятий по искусственной вентиляции легких (ИВЛ) [2–5]. Это объясняется тем, что применение ЭИТ позволяет преодолеть ряд клинических проблем, которые невозможно решить с помощью других современных способов медицинской визуализации. К таким задачам, например, относится выявление изменений функционального состояния в отдельных (регионарных) областях легких, например, мониторинг и оценка вентиляции правого и левого лёгкого в отдельности, регионарной перфузии и регионарного вентиляционно-перфузионного отношения (ВПО)) [6]. При этом применение МЭИТ создает предпосылки для повышения качества персонализированной визуализации и достоверности мониторинга состояния легких человека, находящегося на респираторной поддержке. Таким образом существует практическая необходимость в создании медико-технических средств МЭИТ, позволяющих реализовать комплекс алгоритмов, методов и подходов для сбора, обработки, реконструкции и визуализации изменений функционального состояния ОИ. В рамках данной работы проводится начальная экспериментальная апробация разработанной автором информационно-измерительной системы многочастотной электроимпедансной томографии (ИИС МЭИТ) для задач мониторинга процесса вентиляции и ВПО легких человека.

Целью настоящих исследований является первичная оценка работоспособности разработанных и изготовленных аппаратно-программных средств мониторинга регионарной вентиляции и ВПО легких человека на основе многочастотной электроимпедансной томографии. Ключевая особенность данных исследований заключается в том, что массив измерительной информации получен с добровольцев из числа разработчиков ИИС МЭИТ с применением реанимационного нагрузочного спирометра. Таким образом, в лабораторных условиях на здоровых людях (испытуемых) в упрощенном виде и безопасным способом моделируется процесс ИВЛ в части задания и изменения дыхательных объемов, а также производится оценка возможности получения измерительной информации для левого и правого лёгкого в отдельности. Полученные данные использованы для реконструкции изменений поля проводимости и динамической визуализации процесса вентиляции и ВПО при разных частотах инжектируемого тока и дыхательных объемах.

#### Материалы и методы исследования

В основу проведения исследований был положен метод многочастотной элек-

троимпедансной томографии. Информационно-измерительная система МЭИТ позволяет визуализировать изменения поля проводимости  $\Delta\Omega$  в области наложения электродной системы (ЭС), обусловленные процессами вентиляции и перфузии легких в отдельности. Задание дыхательных объемов  $V_i$  и моделирование мероприятия ИВЛ выполнены с применением нагрузочного спирометра Coach 2, который был использован также в работе [7]. Количество циклов исследований – 5. Сила инжектируемого тока  $I$  – 5 мА. Диапазон изменения частоты инжектирования тока  $f_i$  – от 50 кГц до 400 кГц. При этом переключение частоты тока инжектирования  $f_i$  выполняется автоматически каждые 20 секунд. Данные значения обеспечиваются с помощью источника тока и микроконтроллерным блоком ИИС МЭИТ. Электродная система реализована на основе 16 многоцветных металлических электродов, конструктивно соединенных с резиновым растяжимым поясом в единое устройство. Данная ЭС показала высокую надежность выполнения ЭИТ на предыдущих этапах исследований. Использованный тип электродного геля – гель для выполнения электрокардиографии. Зарегистрированные измерительные потенциалы  $\phi N$  с каждого электрода ЭС были программно сгруппированы на два массива, а именно: с левой стороны –  $\Psi L$ , а с правой стороны –  $\Psi R$ . Программное обеспечение ИИС МЭИТ разработано на языке C++. Интерфейс пользователя позволяет выводить динамические изображения наблюдаемых процессов (изменение вентиляции и ВПО легких). Конструктивное исполнение ИИС МЭИТ – портативное устройство с собственными вычислительными мощностями. Все электронные блоки безопасны для человека и имеют необходимые линии гальванической развязки. Количество добровольцев (И), принявших участие в исследовании, – 3 чел. (И1, И2 и И3), отличающихся друг от друга разным индексом массы тела, внешним видом и строением. Они являются одними из основных разработчиков ИИС МЭИТ и дали согласие на участие в испытаниях. Место проведения исследований – экспериментальный стенд для проведения медико-технических исследований методом ЭИТ (рис. 1), спроектированный и собранный автором ранее [8]. Сроки проведения исследований: с 13 сентября 2021 г. по 15 ноября 2021 г. Каждый испытуемый находился в положении «стоя» и самостоятельно задавал вдыхаемый объем, ориентируясь на шкалу спирометра Coach 2. При этом одновременно

выполнялась МЭИТ легких, а на экране прикроватного монитора выводилось значение SpO<sub>2</sub>. Таким образом, для каждого испытуемого были получены значения  $\Psi_L$  и  $\Psi_R$  при разных величинах дыхательных объемов  $V_i$  при разных частотах  $f_i$  инжектируемого тока  $I$ . Обобщенная схема, поясняющая суть проводимых исследований, а также введенные обозначения, представлена на рис. 2.

В процессе выполнения МЭИТ на постоянной основе выполнялся мониторинг качества крепления электродов к телу испытуемого как с помощью соответствующего программного модуля, встроенного в ИИС МЭИТ, так и визуально.

В целом при подключении каждого испытуемого решались следующие основные задачи:

1) оценка возможности длительного непрерывного мониторинга регионарной вентиляции и ВПО легких (плановое время непрерывного мониторинга – не менее 3 ч) с помощью разработанной ИИС МЭИТ в лабораторных условиях на испытуемых И (И1, И2 и И3);

2) мониторинг работоспособности ИИС МЭИТ при заданных дыхательных объемах  $V_i$  при разных частотах  $f_i$  инжектируемого тока  $I$  на испытуемых И, а также оценка визуализации регионарного ВПО и динамических изображений регионарной вентиляции лёгких (левого и правого лёгкого в отдельности) каждого И (И1, И2 и И3);

3) оценка зависимостей регионарных измерительных потенциалов  $\Psi_L$  и  $\Psi_R$  от величины дыхательного объема  $V_i$  при разных частотах  $f_i$  для каждого И1, И2 и И3.

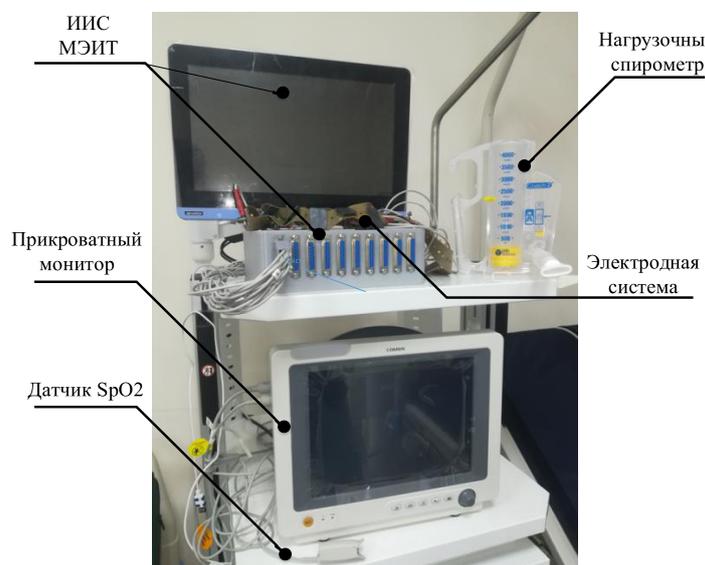


Рис. 1. Фотография медико-технического стенда для проведения экспериментальных исследований методом ЭИТ

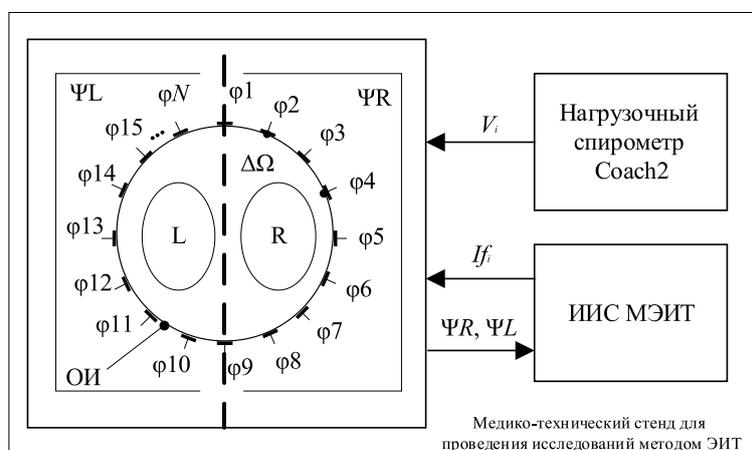
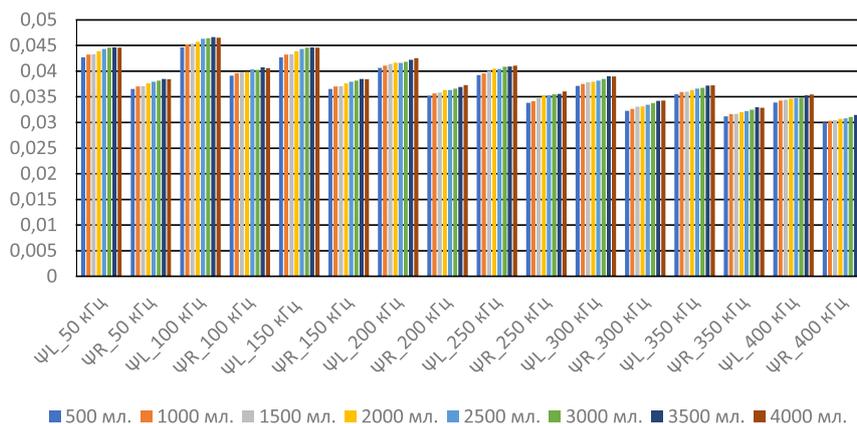


Рис. 2. Общая схема получения измерительных данных

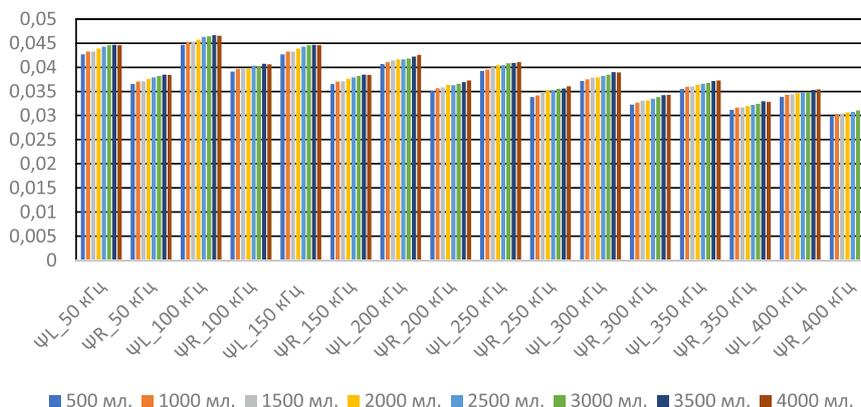
### Результаты исследования и их обсуждение

В результате выполненных экспериментальных исследований при установленном диапазоне дыхательных объемов (от 500 мл до 4000 мл) в заданном частотном диапазоне инжектируемого тока (от 50 кГц до 400 кГц) были получены временные ряды регионарных измерительных данных  $\Psi_L$  и  $\Psi_R$

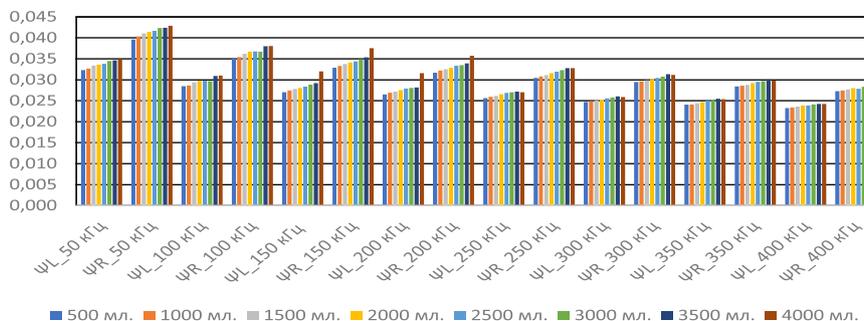
для каждого из И. Данные значения были обработаны с целью их наглядного графического представления и удобства интерпретации. На рис. 3 представлены графики зависимостей  $\Psi_L$  и  $\Psi_R$  от величины дыхательного объема  $V_i$  при разных частотах  $f_i$  для И1 (рис. 3, а), И2 (рис. 3, б) и И3 (рис. 3, в). По оси ординат показаны зарегистрированные величины  $\Psi_L$  и  $\Psi_R$  (единица измерения – мВ).



а)



б)



в)

Рис. 3. Зависимость регионарных измерительных потенциалов  $\Psi_L$  и  $\Psi_R$  от величины дыхательного объема  $V_i$  при разных частотах  $f_i$  для И1 (а), И2 (б) и И3 (в)

Пример динамической визуализации вентиляции легких для И1, И2 и И3

И	Дыхательные объемы, заданные нагрузочным спирометром Coach 2							
	500 мл	1000 мл	1500 мл	2000 мл	2500 мл	3000 мл	3500 мл	4000 мл
И1								
И2								
И3								

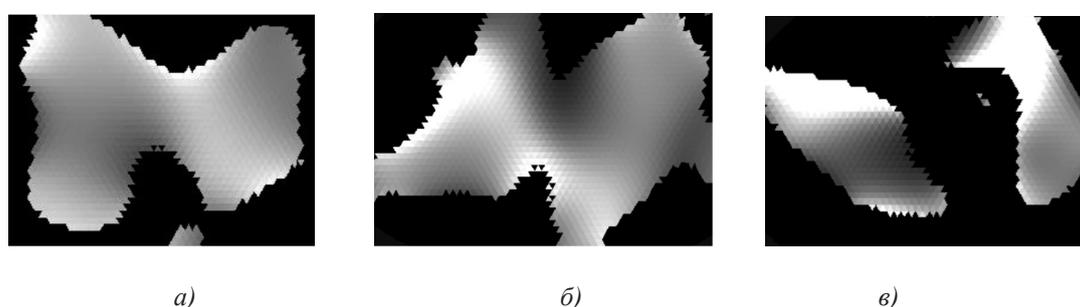


Рис. 4. Пример динамической визуализации ВПО

Анализируя сведения, представленные на рис. 3, можно заключить, что для И1, И2 и И3 с ростом  $f_i$  наблюдается уменьшение средней величины зарегистрированных  $\Psi L$  и  $\Psi R$  в пределах заданного  $V_i$ . Однако на фиксированной  $f_i$  значения  $\Psi L$  и  $\Psi R$  возрастают с увеличением  $V_i$ . Причем скорость изменений значений  $\Psi L$  и  $\Psi R$  при изменении  $f_i$  различна для каждого И. Таким образом, применение МЭИТ позволяет учесть особенности ОИ и персонализировать ЭИТ под конкретного обследуемого. Количественная оценка и разработка алгоритмов по выбору требуемых параметров ЭИТ является предметом дальнейших исследований.

При выполнении программы и всего цикла экспериментальных исследований на экране ИИС МЭИТ непрерывно выводились динамические изображения процесса вентиляции легких. Они были получены по результатам реконструкции и визуализации изменений поля проводимости  $\Delta\Omega$  в плоскости наложения ЭС при установленных  $V_i$  и  $f_i$ . К сожалению, предоставить весь спектр получаемых изображений на каждый цикл дыхания для каждого испытуемого И не представляется возможным. В этой

связи в таблице для иллюстрации приведен пример динамической визуализации вентиляции как стоп-кадр для момента максимального вдоха для каждого И.

Из таблицы видно, что ИИС МЭИТ позволяет выполнять регионарный мониторинг вентиляции легких человека (правого и левого в отдельности) в установленных диапазонах  $V_i$  и  $f_i$ . При этом незначительные отклонения изображений в правую или в левую стороны связаны с артефактами, вызванными несимметричным наложением ЭС на поверхность грудной клетки испытуемого. Данная особенность свойственна методу ЭИТ и требует дальнейших работ по минимизации отклонений. Пример динамической визуализации ВПО (стоп-кадр для момента максимального вдоха) приведен на рис. 4 (на частоте тока инъектирования 100 кГц) для И1 (рис. 4, а), И2 (рис. 4, б) и И3 (рис. 4, в).

Изображение ВПО является малодинамичным, что согласуется с теоретическими исследованиями и справочными данными, в соответствии с которыми у здорового человека коэффициент ВПО должен постоянно находиться на уровне 0,8–1 [9]. Любые отклонения или периодические изменения

свидетельствуют о наличии проблем с функцией внешнего дыхания. Так как в экспериментальных исследованиях принимали участие здоровые добровольцы без наличия патологий в функции внешнего дыхания, то изменений в значении ВПО не наблюдается. Данное обстоятельство подтверждается и показаниями пульсоксиметра (SpO<sub>2</sub>) прикроватного монитора пациента, встроенного в медико-технический стенд. Для всех испытуемых значение SpO<sub>2</sub> не опускалось ниже 98–99% (положение стоя).

### Заключение

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сформулировать следующие основные выводы.

1. Предложенные решения позволяют вести непрерывный длительный мониторинг вентиляции и ВПО лёгких человека (в том числе и регионарный) без необходимости выполнения дополнительных перенастроек ИИС МЭИТ. Единственной особенностью является потребность в периодическом мониторинге качества крепления ЭС и необходимость добавления электродного геля.

2. Работоспособность ИИС МЭИТ сохранялась в установленном диапазоне дыхательных объемов (от 500 мл до 4000 мл) и в заданном частотном диапазоне инжeksiруемого тока (от 50 кГц до 400 кГц). Все режимы работы ИИС МЭИТ, связанные с переключением частоты тока инжeksiрования, визуализацией изменений реконструированного поля проводимости, сохранением результатов измерения, отображением качества крепления электродов к телу испытуемого, программным мониторингом длительности исследования и др., находились в рабочем состоянии. Изменение степени функционирования ИИС МЭИТ и нестабильность в ее работе не наблюдались.

3. Предложенные решения позволяют длительно и непрерывно визуализировать

регионарную вентиляцию лёгких и ВПО (левого и правого лёгкого в отдельности). Данная информация адекватно отображается на экране ИИС МЭИТ и позволяет наблюдать в режиме реального времени за процессом регионарного воздухонаполнения лёгких.

*Работы выполняются в рамках проекта СП-21.2019.4.*

### Список литературы

1. Пеккер Я.С., Бразовский К.С., Усов В.Н. Электроимпедансная томография. Томск: НТЛ, 2004. 192 с.
2. Blankman P., Shono A., Hermans B.J.M., Wesselius T., Hasan D., Gommers D. Detection of optimal PEEP for equal distribution of tidal volume by volumetric capnography and electrical impedance tomography during decreasing levels of PEEP in post cardiac – surgery patients. *British Journal of Anaesthesia*. 2016. Vol. 116. No. 6. P. 862–869.
3. Cinnella G., Grasso S., Raimondo P., D’Antini D., Mirabella L., Rausedo M., Dambrosio M. Physiological effects of the open lung approach in patients with early, mild, diffuse acute respiratory distress syndrome: An electrical impedance tomography study. *Anesthesiology*. 2015. Vol. 123. No. 5. P. 1113–1121.
4. Hough J.L., Shearman A.D., Liley H., Grant C.A., Schibler A. Lung recruitment and endotracheal suction in ventilated preterm infants measured with electrical impedance tomography. *Journal of Paediatrics and Child Health*. 2014. Vol. 50. No. 1. P. 884–889.
5. Bialka S., Copik M., Rybczyk K., Misiolok H. Electrical impedance tomography for diagnosis and monitoring of pulmonary function disorders in the intensive care unit – case report and review of literature. *Anaesthesiology intensive therapy*. 2017. Vol. 49. No. 3. P. 222–226.
6. Науменко Ж.К., Черняк А.В., Неклюдова Г.В., Чучалин А.Г. Вентиляционно-перфузионное отношение // *Практическая пульмонология*. 2018. № 4. С. 86–89.
7. Aleksanyan G. Experimental dependences of measurement data on the volume of inhaled air in multi-frequency electrical impedance tomography. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 5. No. 113. P. 39–50.
8. Aleksanyan G. Designing a bench for testing medically and technically an information and measuring system for multi-frequency electrical impedance tomography of human lungs. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4. No. 112. P. 27–40.
9. Мирошкина Т.А., Шустова С.А., Пономарева И.Б. Вентиляционно-перфузионное отношение в норме и патологии // *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. 2020. Т. 8. № 3. С. 422–432. DOI: 10.23888/HMJ202083422-432.

УДК 004.85

## СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ КЛИЕНТСКИХ СЛУЖБ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Алисултанова Э.Д., Моисеенко Н.А., Тасуев У.Р., Юсупова Р.В.**

*ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет  
имени академика М.Д. Миллионщикова», Грозный, e-mail: esmira59@mail.ru,  
namoi@mail.ru, tasuevusman@gmail.com, yu.raikhann@mail.ru*

В данной статье рассматриваются инструменты для создания системы распознавания речи малораспространённых языков, в частности чеченского языка. Технологии распознавания речи – одна из актуальных проблем современного цифрового общества. Данные технологии в программной реализации дают возможность вычислительным системам воспринимать устную речь, интерпретировать ее и генерировать в текстовом формате. Инструментарий распознавания речи уже стала частью нашей повседневной жизни, но пока все еще ограничивается относительно простыми отработанными командами. Учитывая современные тенденции, технология распознавания речи будет быстрорастущим (и меняющим мир) подмножеством обработки сигналов на долгие годы. Программная разработка предназначена для автоматизации сбора входных данных и их качественной обработки для реализации системы эффективной обратной связи с потребителем товаров и услуг в call-центре. Поставленная задача разработки программного приложения для записи и проверки аудиозаписей на чеченском языке решена технологией машинного обучения в анализе больших аудиоданных. Описаны разработка интерфейса для анализа и мониторинга работы Call-центра, проектирование приложения сбора данных для записи и проверки аудиозаписей на чеченском языке.

**Ключевые слова:** машинное обучение, call-центр, сервер, чеченский язык, автоматизированные системы, распознавание речи, дуальная модель распознавания, большие данные, стенографирование, фреймворк, Python, обучение модели

## NEURAL NETWORK-BASED CUSTOMER SERVICE OPTIMIZATION SYSTEM

**Alisultanova E.D., Moiseenko N.A., Tasuev U.R., Yusupova R.V.**

*Grozny State Oil Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny,  
e-mail: e-mail: esmira59@mail.ru, namoi@mail.ru, tasuevusman@gmail.com, yu.raikhann@mail.ru*

This article discusses tools for creating a speech recognition system for minority languages, specifically the Chechen language. Speech recognition technologies are one of the pressing problems of the modern world of digital society. Software implementation of such technology enable computing systems to perceive spoken speech, interpret it and generate it in text format. Speech recognition tools have already become a part of our daily life, but are still limited to relatively simple, generic commands. Given current trends, speech recognition technology will be a fast-growing (and world-changing) subset of signal processing for years to come. The software under development is designed to automate the collection and processing of input data for the implementation of an effective feedback system with the consumer of goods and services in the Call Center. The set task of developing a software application for recording and checking audio recordings in the Chechen language is solved by machine learning technology in the analysis of large audio data. The development of an interface for analyzing and monitoring the operation of the Call-center, designing a data collection application for recording and checking audio recordings in the Chechen language are described.

**Keywords:** Machine learning, call center, server, Chechen language, automated systems, speech recognition, dual recognition model, big data, verbatim, framework, Python, model training

В последнее десятилетие наблюдается бурное развитие сферы машинного обучения в анализе больших данных. Различные организации внедряют технологии, основанные на машинном обучении. Они решают задачи автоматизации, ведения статистики и анализа деятельности. Крупные IT-компании предоставляют доступ к проприетарному программному обеспечению, функционирующему на их собственных серверах. Это является проблемой для организаций, в которых действуют особые требования к защите конфиденциальной информации. Кроме того, стоимость пользования такими услугами может быть

достаточно высокой, что может служить препятствием для использования этих технологий для малых организаций.

Другая проблема – это отсутствие системы распознавания малораспространённых языков, в частности чеченского языка. Для носителей таких языков нет возможности перевести записанную речь в текст. Пример ситуаций, при которых это критично – общение с туристами, коммуникация с людьми с ограниченными возможностями, работа региональных клиентских сервисов и т.д.

В данной статье будут рассмотрены инструменты для создания системы рас-

познавания речи на русском и чеченском языках, а также описана разработка интерфейса для анализа и мониторинга работы колл-центра.

Для сбора данных, необходимых при реализации услуг в call-центре, который является системой эффективной обратной связи с потребителем товаров и услуг (заказчиком), ставится задача разработки программного приложения для записи и проверки аудиозаписей на чеченском языке.

Технология распознавания речи позволяет компьютерам принимать устную речь, интерпретировать ее и генерировать из нее текст. Она уже стала частью нашей повседневной жизни, но пока все еще ограничивается относительно простыми командами. Учитывая современные тенденции, технология распознавания речи будет быстро развиваться (и меняющим мир) подмножеством обработки сигналов на долгие годы.

Для организации работы контакт-центров необходимо обеспечить отдел определенным оборудованием, в список которого входит: сервер, VoIP-шлюзы, GSM-шлюзы, IP-телефоны, гарнитура для операторов. Ключевая задача сервера в данном случае – это функция управления телефонными вызовами и распределения звонков между операторами центра. Все входящие и исходящие звонки предполагается осуществлять на основе внедрения в телекоммуникации серверного оборудования.

В случае если организация хочет проводить анализ и мониторинг содержания записей, она должна выделить персонал, который будет монотонно прослушивать записи и заполнять анкеты для каждого из них. Для этого необходимо использовать информационную систему для сбора этих анкет и анализа их результатов.

Другая значительная проблема – региональный язык. В данном случае чеченский язык. В настоящее время отсутствуют автоматизированные системы распознавания чеченской речи.

Существует потребность в разработке такой системы, которая должна соответствовать следующим требованиям:

- должна функционировать оффлайн;
- иметь дуальную модель распознавания;
- должна распознавать чеченский язык.

Система, описываемая в данной статье, решает одну из проблем – стенографирование аудиозаписей. Для анализа диалога требуется разработать алгоритмы для поиска и фильтрации диалогов, анализа корпоративной этики, появления конфликтной ситуации и др.

Для решения поставленной задачи нужно решить следующие задачи:

– определить систему для разработки системы распознавания и перевода речи в текст (проблема «Speech2Text») дуальной языковой модели – русской и чеченской;

– разработать решения для сбора аудиоданных чеченского языка;

– разработать приложение для мониторинга работы call-центра, а именно – стенографирование разговоров для дальнейшего анализа аудио.

### Материалы и методы исследования

Среди систем, предназначенных для разработки системы перевода речи в текст, наиболее распространены практики применения следующих инструментов:

- CMU Sphinx;
- Kaldi;
- Deepspeech.

CMU Sphinx сейчас является крупнейшим проектом по распознаванию человеческой речи, в инструментарий которого входят следующие программы и библиотеки [1]:

– Kaldi – это набор инструментов для распознавания речи на основе математических функций, предназначена для исследований в области распознавания речи;

– Deepspeech – система, предпочтительная в применении для дуальной модели, так как предлагает «end to end» – модель для распознавания двух языков.

В связи с возникшей ситуацией необходимости формирования огромного набора данных Deepspeech была выбрана в качестве подсистемы для распознавания чеченской речи в случае, если русский язык распознан с низким значением confidence – то есть уверенности в адекватном отображении [2].

Для обучения систем распознавания речи используются наборы данных со следующей структурой: аудиофайл с частотой 16 кГц, моноканальный, в формате wav; документ в формате csv/tsv со следующими данными – id, название аудиофайла, id пользователя, дата, количество подтверждений.

В открытом доступе отсутствует набор данных на чеченском языке, в связи с чем возникла необходимость разработки программного приложения для сбора данных. Размещение данного приложения рекомендовано на собственном сервере в связи с высокой себестоимостью использования способа аренды больших объемов памяти.

Для мониторинга деятельности call-центра были определены ключевые показатели эффективности, к которым относятся:

– индекс потребительской лояльности (NPS) – отражает вероятность того, что по-

ребитель порекомендует товар или услугу другому человеку;

- среднее время обработки контакта (АНТ) показывает, насколько быстро операторы обрабатывают контакты с абонентами.

Скорость обработки данных, в свою очередь, тесно связана с экономическими показателями деятельности call-центра. В общем случае, чем быстрее операторы работают, тем меньшее количество таких сотрудников необходимо, и, следовательно, тем меньший фонд оплаты труда потребует для содержания такого офиса.

Среднее время обработки контакта АНТ складывается из четырех компонентов:

- Ring Time – время, отсчет которого начинается с момента, когда автомат распределения нагрузки извлекает вызов из очереди и направляет его на рабочее место;

- Talk Time – время разговора без учета времени постановки абонента на удержание;

- Hold Time – время постановки абонента на удержание;

- Wrap-Up Time – время поствызовной обработки. Оно начинается в момент завершения соединения и заканчивается, когда система открывает доступ к оператору для следующего контакта [3].

Кроме вышеперечисленных критериев, будет преимуществом в данной разработке определять следующие показатели, влияющие на эффективность работы системы: эмоциональная окраска записи, класс обращений, уровень корпоративной этики, определение признаков конфликтной ситуации.

Наиболее популярными решениями, с точки зрения оптимальной работы, для call-центров являются следующие:

- «Оки-Токи»;
- Mango Office;
- Oktell.

При выборе платформы для реализации программного решения были проанализированы современные решения этой проблемы и обоснованно сделан оптимальный выбор «Оки-Токи», который является профессиональным облачным сервисом для организации работы контакт-центра. Главным достоинством этого решения является то, что «Оки-Токи» работает из браузера без дополнительного программного обеспечения и оборудования.

Платформа рассчитана поддерживать до 500 операторов и 1000 линий одновременно, а также ее надёжность обеспечивается резервным копированием и хранением данных в разных странах мира. При этом интеграция осуществляется с внешними системами через технологию Webhooks и API.

Отметим также основной функционал, который будет использован в решении на-

шей проблемной задачи распознавания речи и обработки данных:

- мультисканальная обработка обращений;
- проектирование сценария для IVR и операторов, с помощью различных инструментов;

- поддержка черных, белых и VIP списков для каждого проекта;

- интеграции и сценарии работы в чатах (Facebook, WhatsApp и др.);

- обработка обращений в личном кабинете;

- автоматический callback по утраченным звонкам;

- импорт и экспорт телефонной базы в CRM;

- настройка разных воронок продаж под разные проекты, используя библиотеку шаблонов и сценариев;

- нормализация номеров;

- автоматическая проверка загруженных контактов на уникальность, а также на наличие ошибок;

- хранение истории взаимодействий с клиентом (звонки, переписки, чаты);

- управление доступами к контактам;

- кастомизация отчетов;

- экспорт отчетов.

MANGO OFFICE – функциональное и производительное решение среди российских облачных сервисов телефонии. Описание основных возможностей данного продукта для реализации описываемой системы можно сконцентрировать на следующем перечне:

- подключение номеров и других каналов связи – многоканальные номера, единые номера, FMC-связь, виджеты звонков, мультисканальный чат, рассылки;

- внутренние коммуникации и совместная работа – адресная книга сотрудников, мессенджер, конференции;

- работа с входящими обращениями – переадресация, создание групп сотрудников, распределение звонков по операторам, голосовое меню, голосовая почта;

- работа с исходящими звонками – адресная книга контрагентов, автоподстановка номера, плагины;

- стандартизация и автоматизация бизнес-процессов – готовые интеграции с популярными бизнес-приложениями, Google Apps, конструктор API, записи разговоров, облачное хранилище.

Кроме того, выбор Mango Office в данном исследовательском проекте обоснован его универсальным набором инструментов мониторинга, анализа и контроля: статистика и мониторинг, дашборд руководителя, доска мотивации, аналитика продаж, аналитика обслуживания, речевая аналитика.

Разработанная система распознавания чеченской речи в общем виде состоит из модулей, сформированных для исполнения функционала независимо друг от друга. Поэтому программные средства для каждого из них собственные, для которых можно привести краткую характеристику основных инструментов, использованных в данной разработке:

1) основной язык программирования – Python. Python с динамической типизацией и автоматическим управлением памяти [4];

2) JavaScript – это язык программирования, который в данном проекте использовался для добавления интерактивности веб-страницам;

3) Jupyter Notebook – удобный интерпретатор для использования языка Python, обычного текста, математических выражений и визуального представления данных;

4) Google Colab – Colaboratory, или сокращенно Colab – продукт компании Google Research, который особенно хорошо подходит для машинного обучения, анализа данных и образования;

5) Flask – фреймворк для создания веб-приложений на языке программирования Python, использующий набор инструментов Werkzeug, а также шаблонизатор Jinja2 [5];

6) CUDA – программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений, которая позволяет существенно увеличить вычислительную производительность бла-

годаря использованию графических процессоров фирмы Nvidia [6].

### Результаты исследования и их обсуждение

Сервер на данный момент выполняет 2 функции:

– обработка API запросов для распознавания речи;

– сохранение аудиозаписей для сбора набора данных.

При завершении обучения модели распознавания речи данную функцию следует отключить, поэтому доступ в Интернет при интеграции сервиса не требуется.

Для обучения моделей использовались 3 рабочие станции и облачные вычисления.

#### Обучение модели

На рабочую станцию для вычислений должна быть установлена операционная система Ubuntu версии 18.04 и библиотека cuDNN (рис. 1).

Для тестирования системы обучения нейронной сети следует использовать небольшой набор данных из 10 минут записей (рис. 2).

Созданы обработчики по следующим маршрутам: «/» – главная страница, отображает приветствие и счётчик записей (рис. 3). На этой странице размещается общая информация о проекте, для каких целей создано, а также текущий прогресс.

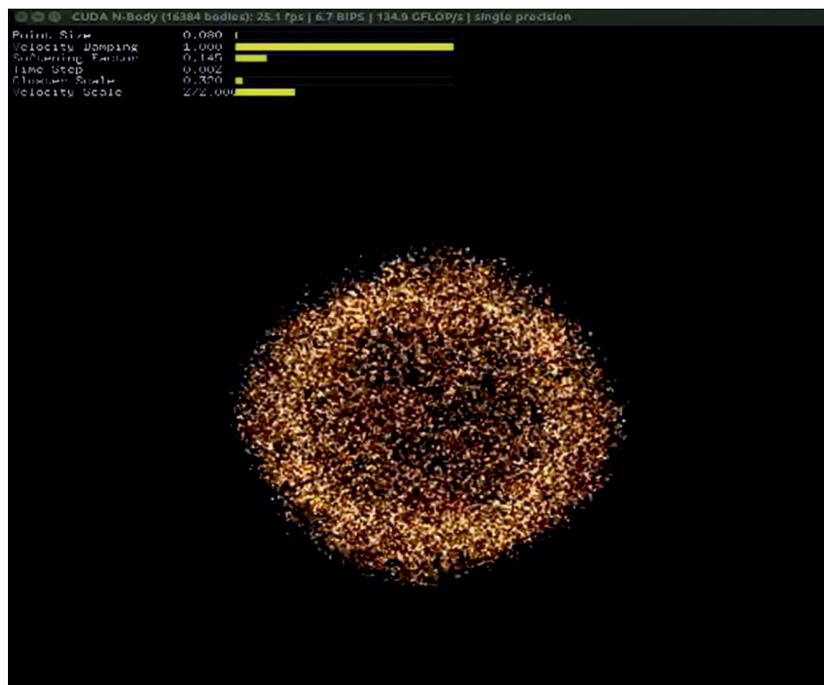


Рис. 1. Тест работы видеокарты в симуляции nbody

```
Test epoch | Steps: 349 | Elapsed Time: 0:05:46
Test on /content/drive/MyDrive/Colab_Data/clips/train.csv - WER
-----
Best WER:
-----
WER: 0.200000, CER: 0.095238, loss: 19.835438
- wav: file:///content/drive/MyDrive/Colab_Data/clips/58_2021_
- src: "нохчи мот ма хаь хьун"
- res: "нохчи мот ма х хьун"
-----
WER: 0.333333, CER: 0.083333, loss: 14.185292
- wav: file:///content/drive/MyDrive/Colab_Data/clips/36_2021_
- src: "ледер ма хил"
- res: "едер ма хил"
```

Рис. 2. Тест модели

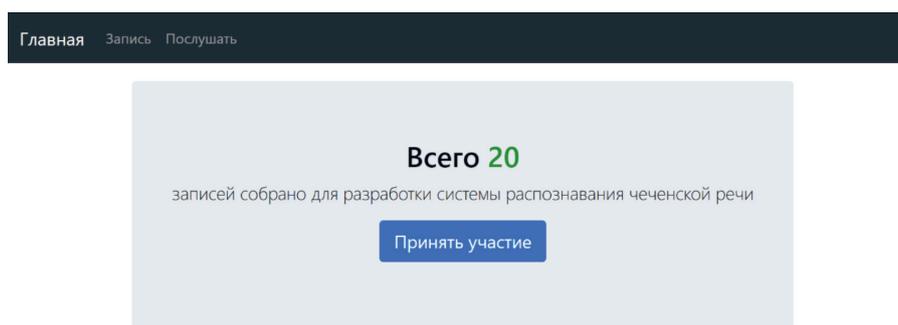


Рис. 3. Главная страница atdar

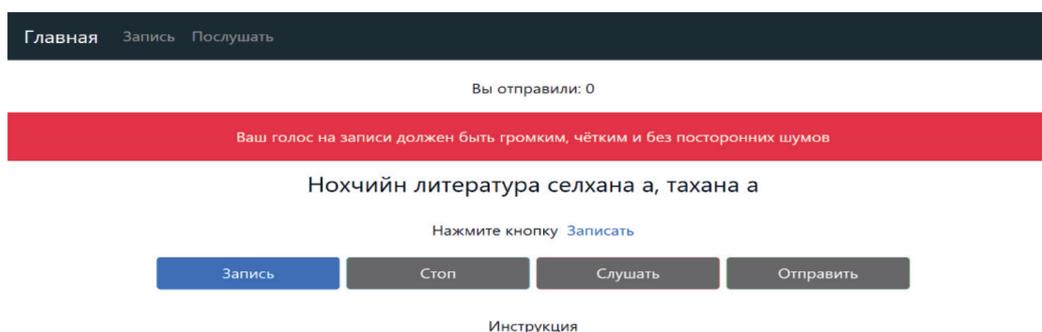


Рис. 4. Страница для записи

На рис. 4 представлен интерфейс базовой пользовательской страницы «Records», с необходимыми атрибутами: микрофоном, текстом и инструкцией.

Для работы описываемого в этой статье программного приложения рекомендовано использовать WPS-сервер и достаточно большой объём доступной памяти для создания и обработки банка данных. Для хранения файлов может декларироваться минимальный порог количественной характеристики объёма хранилища – от 1.5 Тбайта в RAID-массиве.

## Заключение

Рассмотрим приложение для работы пользователя, а именно мониторинга и анализа работы call-центра, которое разработано с помощью фреймворка Django на языке Python. Программа позволяет загрузить информацию о новых записях в виде JSON-файла, данные из которых будут автоматически сохраняться в локальной базе данных SQLite.

Предусмотрена возможность поиска записей. В разделе «Общая статисти-

ка» выводится общая статистика диалогов по операторам. Показатели эффективности описывают уровень соблюдения корпоративной этики, которая описывается супервайзером в отдельном для этого разделе со списком слов и выражений. В отдельном окне прописывается показатель использования рекомендуемых слов и выражений, и все эти показатели приводятся по дням работы конкретного оператора.

Сводная статистика выводится в отдельном разделе, при которой в разделе «Мониторинг слов» формируются списки слов, а именно рекомендуемые слова и слова по предлагаемым услугам. На основе этого текста производится расчёт статистики. Отдельно можно посмотреть список активных операторов в разделе «Операторы», откуда можно совершить переходы на страницу для их редактирования.

Данное приложение уже выполняет основную функцию стенографирования и каталогизации бесед операторов. Мо-

дель, используемая для распознавания дуальной модели речи, будет улучшена при получении достаточного количества набора данных, для формирования банка которых запущено и функционирует веб-приложение.

#### Список литературы

1. Дронов В.А. Django: Практика создания Web-сайтов на Python. СПб.: БХВ-Петербург, 2021. 704 с.
2. Стюарт Р., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 4-е издание. Том 1. Решение проблем: знания и рассуждения. М.: Диалектика-Вильямс, 2021. 704 с.
3. Вольский В.В. Веселова О.В. Золкина Н.К. Оператор call-центра: от найма до увольнения. Тверь: Софитель, 2008. 200 с.
4. Гринберг М. Разработка веб-приложений с использованием Flask на языке Python. М.: ДМК-Пресс, 2016. 272 с.
5. Ляпунов С.М., Алымов А.С. Методология анализа текста с помощью составления частотных словарей по частям речи // Научный альманах. 2017. № 10–3 (36). С. 203–206.
6. Малявко А.А. Параллельное программирование на основе технологий openmp, cuda, opencl, mpi. М.: ЮРАЙТ-Восток, 2021. 136 с.

УДК 004.42

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ГИБРИДНАЯ АРХИТЕКТУРА КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ С ПРОГРАММНЫМ ШЛЮЗОМ-АДАПТЕРОМ

Алпатов А.Н., Студенников М.Р.

*ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»,  
Москва, e-mail: aleksej01-91@mail.ru*

Развитие сетей передачи данных и внедрение набора протокола Интернет (TCP/IP), а также общее повышение скорости передачи данных привело к развитию распределённых систем, часто реализуемых в рамках трёхуровневых клиент-серверных архитектур. Для организации взаимодействия между клиентским и серверным программным обеспечением было разработано огромное количество методов и подходов, которые были оформлены в виде соответствующих технологий. Такое разнообразие используемых технологий накладывает существенные сложности при организации интеграции программных элементов, написанных на скриптовых языках, таких как Python, которые поддерживают огромный стек технологий для интеграции. Для решения этой задачи в данной работе предлагается способ реализации интеграционного шлюза на основе связки промежуточного ПО Nginx и Daphne с Gunicorn, для интеграции WSGI и ASGI серверов. Также в работе даётся математическая модель разработанной системы, учитывающая разнородность запросов, протекающих в системе. Предложено математическое описание разработанной системы, с учётом сформулированного разделения системы на области, определяемые используемыми программными слоями, что может быть полезно при управлении клиент-серверной системой или разработке механизмов балансировки нагрузки в распределённых системах. Для оценки свойств разработанной системы и для решения задачи управления системой предложено совместное использование введённых в данной работе параметров точности идентификации объектов и индекса отзывчивости, в рамках расчёта среднего гармонического взвешенного.

**Ключевые слова:** интерфейсы прикладного программирования, клиент-серверное приложение, взвешенное гармоническое среднее, асинхронное и синхронное взаимодействие, WSGI

## MATHEMATICAL MODEL AND HYBRID ARCHITECTURE OF A CLIENT-SERVER APPLICATION WITH A SOFTWARE GATEWAY-ADAPTER

Alpatov A.N., Studennikov M.R.

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «MIREA – Russian Technological  
University», Moscow, e-mail: aleksej01-91@mail.ru*

The development of data networks and the introduction of the Internet protocol suite (TCP/IP), as well as a general increase in data transfer rates, led to the development of distributed systems, often implemented in the framework of three-tier client-server architectures. To organize the interaction between client and server software, a huge number of methods and approaches have been developed, which have been formalized in the form of appropriate technologies. This variety of used technologies imposes significant challenges in organizing the integration of software elements written in scripting languages such as Python, which support a huge stack of technologies for integration. To solve this problem, this paper proposes a way to implement an integration gateway based on a bundle of Nginx middleware and Daphne with Gunicorn, to integrate WSGI and ASGI servers. Also the mathematical model of the developed system, taking into account the heterogeneity of requests, flowing in the system is given in the work. The mathematical description of the developed system, taking into account the formulated division of the system into the areas determined by the used program layers, which can be useful for client-server system management or development of load balancing mechanisms in distributed systems. To evaluate the properties of the developed system and to solve the problem of managing the system, we propose the joint use of the parameters introduced in this paper, the accuracy of object identification and the responsiveness index, as part of the calculation of the harmonic weighted average.

**Keywords:** application programming interface, client-server application, weighted harmonic mean, asynchronous and synchronous communication, WSGI

В реалиях современного мира новые сайты в интернете появляются каждый день. Их разработке и поддержке веб-приложений посвящена большая часть ИТ индустрии. Часто перед разработчиками ставятся задачи быстрой и бюджетной разработки веб-приложений. Для решения таких задач хорошо подходит популярный веб-фреймворк Django [1], написанный на Python. К основным достоинствам Django относятся простота его использования, широкий инструментарий, включен-

ный в него, открытость его исходного кода и наличие большого количества документации и статей о нем.

Одним из финальных этапов разработки веб-приложения является его развертывание на сервере. В случае Django-приложений есть несколько важных нюансов их развертки. Большинство веб-серверов не понимают язык Python, поэтому были разработаны два стандарта (интерфейса) WSGI и ASGI.

WSGI – основной стандарт Python, который поддерживает только синхронный код.

ASGI – относительно новый стандарт, который дает доступ к функциям параллельного выполнения кода: WebSocket, Server-Sent Events, HTTP/2 и др. ASGI является наследником WSGI и имеет с ним обратную совместимость.

Для развертывания WSGI-приложения часто используются связки, представленные на рис. 1.

Наибольшей популярностью из них пользуется первая схема. Можно много рассуждать о преимуществах и недостатках Nginx и Apache, поэтому сравним данные сборки по промежуточным веб-серверам.

Связка с использованием промежуточного слоя определённого `mod_wsgi`, который в настоящее время является одним из популярнейших модулей-адаптеров WSGI Python, продолжительное время активно использовалась разработчиками распределённых систем [2]. Основным преимуществом `mod_wsgi` является простота развёртывания и его использования на практике, но в то же время главным недостатком `mod_wsgi` является то, что он может не поддерживаться крупными хостинг-провайдерами, и его можно использовать только с конкретным сервером приложений, а именно Apache. Такое обстоятельство может быть критичным для некоторых проектов.

uWSGI – это программная платформа, которая включает в себя как непосредственно сервер приложения, так и другие механизмы, такие как прокси-серверы, плагины запросов и т.д. [3]. Всё это достигается благодаря модульной конструкции системы. uWSGI был написан специально для Python, поэтому его легко установить через `pip`. Другими достоинствами данного сервера является то, что он обладает относительно низким порогом вхождения и позволяет создать ещё один промежуточный слой программного обеспечения, что делает возможным снять часть функционала непосредственно с сервера (однако из-за этого необходимо проксировать запросы). Другим несомненным преимуществом данной платформы можно считать, относительно простоту его настройки.

Gunicorn [4] – это HTTP-сервер Python WSGI, который очень похож на uWSGI. Gunicorn – это зрелый, полнофункциональный сервер и менеджер процессов. Достоинства и недостатки у него такие же, как у uWSGI, однако Gunicorn лучше справляется с высокими нагрузками [5], легче настраивается и требует меньше ресурсов [6].

По итогу видим, что популярность связки Nginx-Gunicorn вполне оправдана.

Для развертывания ASGI-приложения официальная документация Django советует использовать следующие ASGI сервера: Daphne, Hypercorn, Uvicorn.

Daphne – это сервер протоколов HTTP, HTTP2 и WebSocket для ASGI и ASGI-HTTP, который был разработан специально для Django Channels, поэтому он считается эталонным [7].

Uvicorn – это быстрый и легкий ASGI-сервер, использующий `uvloop` и `httptools` [8]. Uvicorn поддерживает HTTP/1.1 и WebSockets. Uvicorn включает рабочий класс Gunicorn, позволяющий запускать приложения ASGI со всеми преимуществами производительности Uvicorn, а также предоставляет вам полнофункциональное управление процессами Gunicorn. Это позволяет увеличить или уменьшить количество рабочих процессов на лету, плавно перезапустить рабочие процессы или выполнять обновление сервера без простоев.

Hypercorn – это веб-сервер ASGI, основанный на библиотеках `sans-io hyper`, `h11`, `h2` и `wsproto` и вдохновленный Gunicorn. Hypercorn поддерживает спецификации HTTP/1, HTTP/2, WebSockets (через HTTP/1 и HTTP/2), ASGI/2 и ASGI/3. Hypercorn может использовать типы рабочих `asyncio`, `uvloop` или `trio` [9].

Использование того или иного сервера для ASGI, помимо их характеристик, обуславливается и тем, какой фреймворк (Django Channels, Quart, FastAPI, BlackSheep) будет приносить асинхронность в проект. Так как в этой статье мы говорим о Django, то будем рассматривать преимущественно Django Channels.

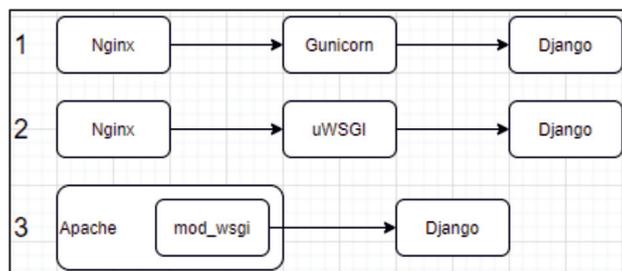


Рис. 1. Популярные схемы развертки WSGI-приложений

Библиотека Django Channels [10] появилась недавно, около 4–5 лет назад. Эта библиотека привнесла в Django асинхронное сетевое программирование. Channels расширяет инструментарий Django и дает возможность работать не только с HTTP протоколом, но и с WebSocket (ws), протоколом чата, IoT-протоколом и другими. Django Channels использует ASGI интерфейс.

При разработке реальных проектов часто бывают ситуации, когда нужно в уже развернутый проект включить новые функции. К примеру, в готовое Django-WSGI-приложение необходимо включить Django Channels, которые привносят вместе с собой ASGI. Для подобной ситуации в данной статье предложена конфигурация развертки веб-приложения, которую можно считать

эталонной для перехода от WSGI к ASGI в рамках Django-приложений, использующих Django Channels.

### Материалы и методы исследования

Рассмотрим случай, когда имеется рабочее развернутое Django-WSGI-приложение, работающее на популярной связке, показанной на рис. 2.

Nginx тут используется как обратный прокси-сервер, а также отвечает за выдачу статического контента. Gunicorn является прослойкой между Nginx и Django. HTTP запросы Nginx передает Gunicorn, который передает их уже в Django, который взаимодействует со слоем базы данных. Возможная конфигурация Nginx и Gunicorn представлена на рис. 3.

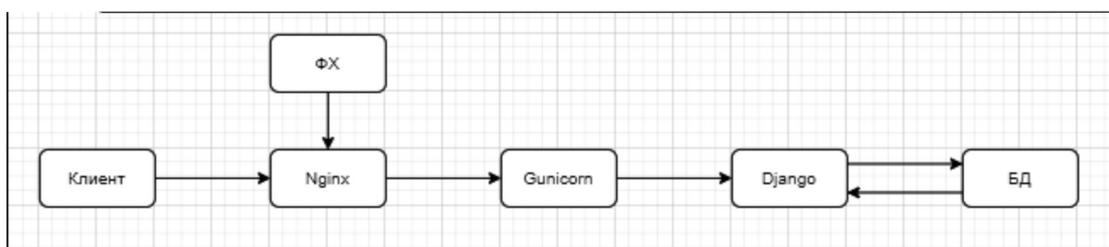


Рис. 2. Текущая архитектура сервера

```

gunicorn.service [Только для чтения]
/etc/systemd/system

1 [Unit]
2 Description=gunicorn daemon
3 Requires=gunicorn.socket
4 After=network.target
5
6 [Service]
7 User=root
8 WorkingDirectory=/home/mixail/DocTracer
9 ExecStart=/home/mixail/DocTracer/doctracer_env/bin/gunicorn \
10 --access-logfile - \
11 --workers 3 \
12 --bind unix:/run/gunicorn.sock \
13 DocTracer.wsgi:application
14 Restart=always
15
16 [Install]
17 WantedBy=multi-user.target

gunicorn.service
gunicorn.socket
*DocTracer

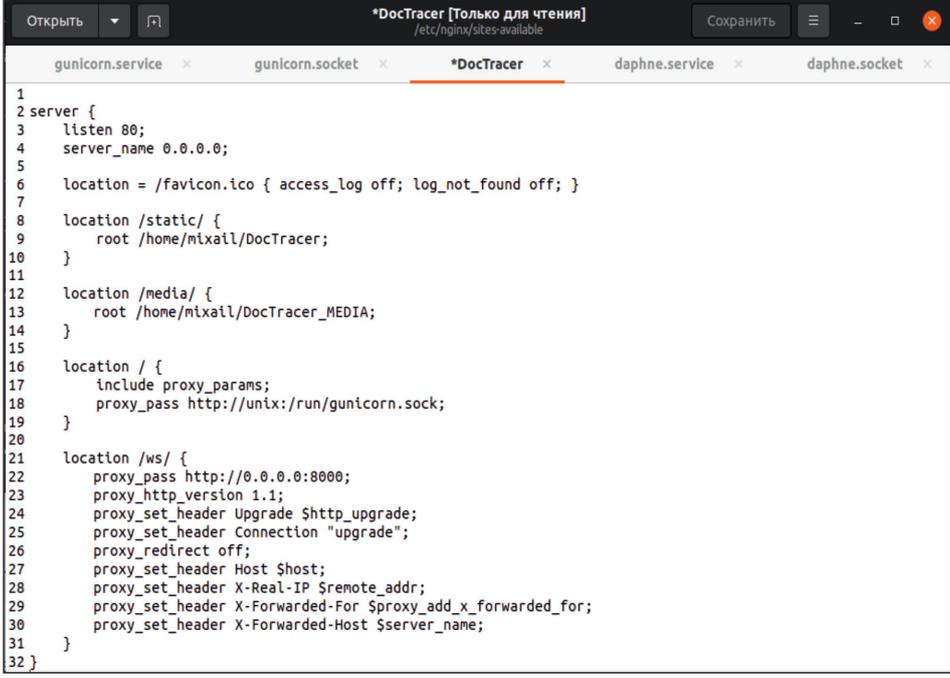
1
2 server {
3     listen 80;
4     server_name 0.0.0.0;
5
6     location = /favicon.ico { access_log off; log_not_found off; }
7
8     location /static/ {
9         root /home/mixail/DocTracer;
10    }
11
12    location /media/ {
13        root /home/mixail/DocTracer_MEDIA;
14    }
15
16    location / {
17        include proxy_params;
18        proxy_pass http://unix:/run/gunicorn.sock;
19    }
20 }
  
```

Рис. 3. Файл конфигурации Nginx и сервис для Gunicorn

Если добавить в приложение Django Channels с каким-либо функционалом и попытаться проверить работу системы в данной конфигурации можно увидеть, что не работают лишь функции, которые используют WebSocket. Это происходит, во-первых, потому, что в конфигурации Nginx не указано, куда отправлять ws/ запросы, во-вторых, если

бы мы направили их на Gunicorn, то вероятно получили бы ошибку, так как Gunicorn – HTTP-сервер. Функции же, которые не используют асинхронность, то есть которые работали в WSGI приложении, работают так, как ASGI имеет обратную совместимость.

После установки Daphne настраиваем Nginx и Daphne, как показано на рис. 4, 5.

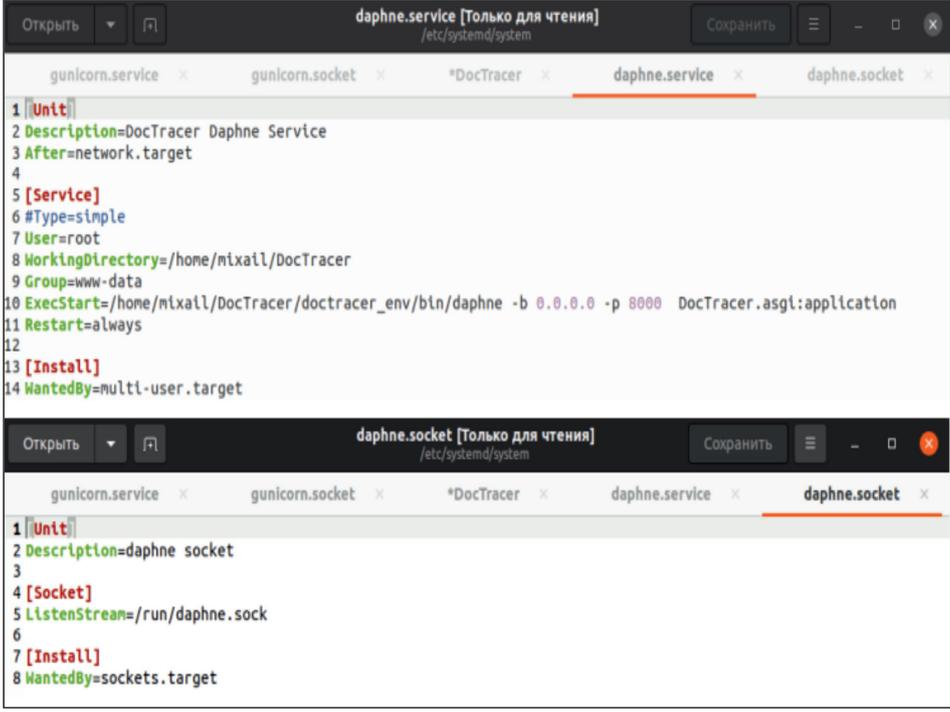


```

1
2 server {
3     listen 80;
4     server_name 0.0.0.0;
5
6     location = /favicon.ico { access_log off; log_not_found off; }
7
8     location /static/ {
9         root /home/mixail/DocTracer;
10    }
11
12    location /media/ {
13        root /home/mixail/DocTracer_MEDIA;
14    }
15
16    location / {
17        include proxy_params;
18        proxy_pass http://unix:/run/gunicorn.sock;
19    }
20
21    location /ws/ {
22        proxy_pass http://0.0.0.0:8000;
23        proxy_http_version 1.1;
24        proxy_set_header Upgrade $http_upgrade;
25        proxy_set_header Connection "upgrade";
26        proxy_redirect off;
27        proxy_set_header Host $host;
28        proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;
29        proxy_set_header X-Forwarded-For $proxy_add_x_forwarded_for;
30        proxy_set_header X-Forwarded-Host $server_name;
31    }
32 }

```

Рис. 4. Файл конфигурации Nginx



```

1 [Unit]
2 Description=DocTracer Daphne Service
3 After=network.target
4
5 [Service]
6 #Type=simple
7 User=root
8 WorkingDirectory=/home/mixail/DocTracer
9 Group=www-data
10 ExecStart=/home/mixail/DocTracer/doctracer_env/bin/daphne -b 0.0.0.0 -p 8000 DocTracer.asgi:application
11 Restart=always
12
13 [Install]
14 WantedBy=multi-user.target

```

```

1 [Unit]
2 Description=daphne socket
3
4 [Socket]
5 ListenStream=/run/daphne.sock
6
7 [Install]
8 WantedBy=sockets.target

```

Рис. 5. Файл сокета и файл сервиса для Daphne

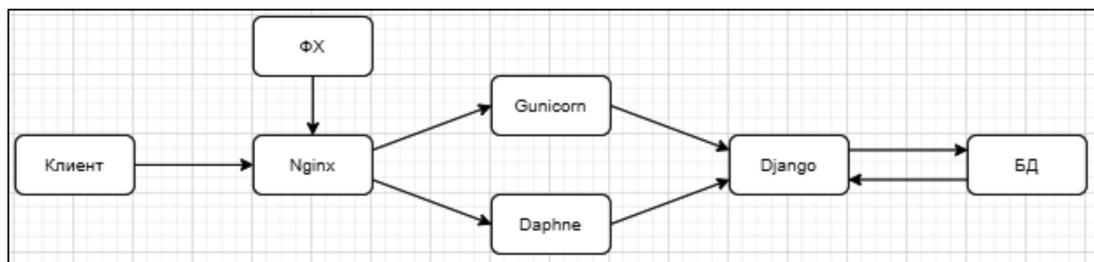


Рис. 6. Гибридная архитектура клиент-серверного приложения со шлюзом-адаптером

Таким образом, получаем видоизменённую гибридную архитектуру, представленную на рис. 6.

В представленной выше архитектуре Nginx не только является обратным прокси-сервером, который отвечает за статический контент, но еще и является балансировщиком нагрузки, отправляя HTTP запросы на Gunicorn, а WS запросы – на Daphne. При такой конфигурации происходит выгодное распределение нагрузки. Так как Daphne способен обрабатывать HTTP запросы, можно впоследствии улучшить архитектуру, сделав Daphne резервным сервером для HTTP.

В качестве второго сервера Daphne был выбран потому, что он разрабатывался специально под Django-Channels и максимально с ним совместим, обладая при этом функциями, которые могут пригодиться при дальнейшей разработке системы и ее масштабировании.

Если в аналогичной ситуации, когда нужно перевести свое приложение с WSGI на ASGI при уже развернутом Nginx+Gunicorn, и это необходимо сделать быстро и не потеряв в производительности, то вместо Daphne можно использовать Uvicorn. В описанной ситуации основным плюсом использования Uvicorn является то, что его настройка очень похожа на настройку Gunicorn. Хотя Uvicorn больше подходит для использования с FastAPI и имеет меньший функционал.

*Модель обработки запросов в многоуровневых клиент-серверных системах*

Рассмотрим процесс обработки разнородных запросов для разработанной системы. В рамках распределённой системы выделим следующие сущности:

1. Пользователь – это актер, который хочет получить данные либо доступ к функциональности удалённого объекта.
2. Клиент-потребитель – это актер, через который пользователь осуществляет

авторизованный доступ к удалённому поставщику сервиса.

3. Поставщик сервиса – это актер, который запущен в рамках отдельного процесса, нежели клиент-потребитель, предоставляющий механизмы доступа к защищённым информационным ресурсам.

4. Защищённый ресурс – данные или бизнес-функционал на удалённом сервисе, которые представляют ценность для конечного пользователя системы.

Распределённая программная система, с учётом вышеобозначенных сущностей, будет определена как

$$Sys = \langle \alpha, Q, \theta, S, r \rangle, \quad (1)$$

где  $\alpha = \{A_n, n = \overline{1, N}\}$  – множество пользователей распределённой программной системы;

$Q = \{q_m, m = \overline{1, N}\}$  – множество гетерогенных акторов клиентов – потребителей распределённой программной системы;

$\theta$  – множество всех запросов в системе;

$S = \{s_\eta, \eta = \overline{1, N}\}$  – множество поставщиков сервиса;

${}^{view}r = \{R_i, i = \overline{1, N}\}$  – множество представлений ресурса r.

Вместе с тем соотношение  $(\exists \alpha)(\exists Q)$  ( $\omega = (\alpha, Q)$ ) определяет упорядоченные пары акторов авторизованных пользователей и аутентифицированных клиентов системы в определённый момент времени. Множество всех запросов для рассматриваемой выше системы может быть определено через представление Куратовского как

$$(\theta_i^{ws}, \theta_i^{http}) := \{ \{ \theta_i^{ws} \}, \{ \theta_i^{ws}, \theta_i^{http} \} \}, \quad (2)$$

где  $\theta_i^{ws}$  – запросы типа WebSocket, сгенерированные парой  $\{ \alpha_i, Q_i \}$ ;

$\theta_i^{http}$  – запросы типа http, сгенерированные парой  $\{ \alpha_i, Q_i \}$ .

Исходя из (2), общее количество запросов в системе в момент времени  $t$  определяется как

$$\sum_{i=1}^N Q_i^{ws} + \sum_{i=1}^N Q_i^{http}, \quad (3)$$

где  $Q_i^{ws}$  –  $i$ -й запрос актора типа WebSocket;  
 $Q_i^{http}$  –  $i$ -й запрос актора типа HTTP.

Введём понятие пороговый барьер  $\Psi_{\kappa}$ , который будет определяться как программный слой, в рамках многослойной архитектуры, осуществляющий процесс маршрутизации поступающих запросов в систему. В современных системах пороговый барьер может быть определён через архитектурный паттерн Gateway [11]. Пороговый барьер определяет область  $\sigma_{barrier}$ . Область, определяемую программными слоями перед пороговым барьером, будем называть предпороговой областью  $\sigma_{front}$  барьера  $\Psi_{\kappa}$ . Область, определяемую промежуточным программным обеспечением, находящимся за барьером  $\Psi_{\kappa}$ , будем называть областью  $\sigma_{back}$  за пороговым барьером. Такое разделение оправдано тем, что в каждой из этих областей слой программного обеспечения, реализованный посредством использования современных фреймворков, может кешировать запросы, преобразовывать, формировать цепочки обработки, обрабатывать как синхронно, так и асинхронно, а в некоторых случаях даже отклонять соответствующие типы запросов от их дальнейшей обработки [12]. Процесс обработки запросов всех типов в системе будет определяться как

$$f: Q \rightarrow Q_{\sigma_{front}} \rightarrow Q_{\sigma_{barrier}} \rightarrow Q_{\sigma_{back}} \rightarrow S, \quad (4)$$

где  $S$  – конечное множество объектов ответа защищенного ресурса  $r$  из всего множества представлений  $Ri$ .

Отношение между множествами  $Q, Q_{\sigma_{front}}, Q_{\sigma_{barrier}}, Q_{\sigma_{back}}, S$  определено через биективное соотношение, что означает, что между множествами определено однозначное соотношение и, следовательно,  $\underline{Q} = \underline{Q_{\sigma_{front}}} = \underline{Q_{\sigma_{barrier}}} = \underline{Q_{\sigma_{back}}} = \underline{S}$ .

Далее введём критерий качества  $K$  обработки запросов в системе. В рассматриваемой модели разработанной системы запросы, инициатором которых является конечный авторизованный пользователь, обрабатываются удалённым сервисом, следовательно, в самом лучшем случае каждый запрос должен быть однозначно преобразован в объект ответа. Исходя из того, что в каждой из ранее определённых об-

ластей происходит воздействие на соответствующий запрос, что приводит к трансформации запроса, что в конечном итоге может привести к снижению точности объектов конечного ответа удалённого сервиса. Соответственно, под точностью в данной работе будем понимать долю объектов запроса, соответствующих определённому классу запроса, которые система однозначно относит к данному классу. В силу того, что в разработанной системе могут существовать два типа запросов  $\theta_i^{ws}$  и  $\theta_i^{http}$ , точность идентификации объектов будет определена формулой

$$\varepsilon = \frac{Q}{\sum_{i=1}^N ({}^+ \theta_i^{ws} + {}^+ \theta_i^{http})}, \quad (5)$$

где  ${}^+ \theta_i^{ws}$  – однозначно определённые запросы типа  $\theta^{ws}$  предпороговой, пороговой и за пороговой барьерных областей,

${}^+ \theta_i^{http}$  – однозначно определённые запросы типа  $\theta^{http}$  предпороговой, пороговой и за пороговой барьерных областей,

$Q$  – общее число запросов в системе.

Следовательно, исходя из формулы (5), математическая интерпретация задачи идентификации запросов в системе может быть определена как соотношение

$$\begin{cases} f_0 = \sum_{i=1}^N g({}^+ \hat{\theta}_j) \rightarrow \max, j = \overline{1, N}; \\ g({}^+ \hat{\theta}) \geq 0, \end{cases} \quad (6)$$

где  ${}^+ \hat{\theta}_j$  – параметр оптимизации, определённый как общее количество однозначно определённых запросов,  $j$ -й пары  $\{\alpha_j, Q_j\}$ .

Каждый запрос, в самом лучшем случае, формирует один ответ, определённый как представление ресурса  ${}^{view} r$ . При этом пользователь системы заинтересован в представлении всех требуемых ему данных, для поддержания своих бизнес-процессов за один запрос. Однако в силу архитектурных особенностей современных распределённых систем получить требуемую порцию данных за один запрос бывает очень затруднительно. Для решения этой задачи, в зависимости от назначения и архитектурных особенностей системы могут использоваться такие механизмы, как оркестрация и хореография в рамках микросервисной архитектуры, графовые модели программных интерфейсов, например GraphQL и т.д. Исходя из этого, определим новую характеристику как полнота ответа поставщи-

ка сервиса. Данную характеристику можно определить как

$$Z = \frac{1}{S_i}, Z \in (0,1], \quad (7)$$

где  $S_i$  – общее число запросов для извлечения  $i$ -го ресурса.

Введём понятие индекс отзывчивости распределённой системы, под которым будем понимать степень предоставления ресурсов (данных) поставщиком сервиса. Индекс отзывчивости системы может быть определён как

$$\lambda = v_+(k) - v_-(k), k \in [0,1], \quad (8)$$

где  $v_+(k)$  – частота удовлетворения потребности пользователя в ресурсе  $g$  за один запрос из пары  $\{\theta_i^{ws}, \theta_i^{http}\}$ ,

$v_-(k)$  – частота удовлетворения потребности пользователя в ресурсе  $g$  за несколько запросов из пары  $\{\theta_i^{ws}, \theta_i^{http}\}$ .

Соответственно,  $\lambda \rightarrow \max$  является нашей основной целью, что можно интерпретировать как свойство системы полностью удовлетворять потребность в ресурсах (данных) пользователя за один запрос из пары  $\{\theta_i^{ws}, \theta_i^{http}\}$ . Максимизация этого параметра позволяет снизить лишние накладные расходы на обслуживание дополнительных запросов к поставщику сервиса.

Исходя из вышеизложенного, критерий качества регулирования разработанной системы можно определить как

$$K(t) = \lambda_{set}(t) - \lambda_{current}(t), \quad (9)$$

где  $\lambda_{set}(t)$  – установленное значение индекса отзывчивости системы,

$\lambda_{current}(t)$  – действительное значение индекса отзывчивости системы.

Для процесса управления разработанной системой важно определить сбалансированность между двумя отслеживаемыми параметрами, введёнными нами ранее, а именно, между точностью идентификации объектов и индексом отзывчивости. Для решения данной задачи можно использовать метод среднего гармонического взвешенного [13, 14], который определяется следующим образом. Пусть имеется массив вещественных чисел  $\{\epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n\}$ , определённый значениями точности идентификации объектов, и массив вещественных чисел  $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$ , сформированный из значений отзывчивости системы, тогда

среднее гармоническое взвешенное может быть рассчитано как

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{\epsilon_i}} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\epsilon_i}} = \frac{n}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} + \dots + \frac{1}{\epsilon_n}}. \quad (10)$$

Подход, основанный на методе среднего гармонического взвешенного, обладает явным преимуществом, в отличие от, например, невзвешенных средних, в связи с тем, что он учитывает дисбаланс между классами. В рамках нашей задачи явно сформированы два класса значений, определяемых величинами такими, как точность идентификации объектов и индекс отзывчивости, которые при первом взгляде на эти величины могут показаться взаимосвязанными, а в некоторых случаях и взаимодополняющими друг друга. Однако взаимосвязь между этими значениями довольно-таки сложна. В зависимости от наших целей мы можем быть заинтересованы в различных соотношениях между точностью идентификации объектов и индексом отзывчивости, то есть в распределённой переменной. Классическая оценка на основе метода среднего гармонического взвешенного может не давать качественные оценки, например, в случае, если значение класса отзывчивости системы равно 0, то данный метод просто не учтёт значение другого класса и итоговое значение будет равно 0. Помимо этого, существенным недостатком классического метода, является то обстоятельство, что отсутствует какая-либо явная возможность управлять балансом между точностью идентификации объектов и индексом отзывчивости, то есть отсутствует возможность определить, насколько для нас важна точность идентификации объектов, нежели чем индекс отзывчивости. На практике для решения данной задачи либо используются другие методы и оценки, либо разработаны трансформированные методы расчёта среднего гармонического взвешенного. Исходя из вышеизложенного, в данной работе введём коэффициент баланса  $\gamma$ , следовательно, модернизированная оценка взвешенного гармонического среднего будет определена как

$$\hat{H} = \sum_{i=1}^n \gamma_i * H_i, \gamma \in [0, n], \quad (11)$$

где  $\gamma_i$  – коэффициент баланса  $i$ -го класса (можно отождествить с вероятностью выбора соответствующего класса),

$H_i$  – значение среднего гармонического взвешенного соответствующего класса,  
 $n$  – общее количество классов.

Так как в рамках нашей задачи выделены 2 класса ( $n = 2$ ), то модернизированная оценка взвешенного гармонического среднего для данного случая будет определена как

$$\hat{H} = \gamma_1 * H_1 + \gamma_2 * H_1 = \gamma_1 * \frac{n}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} + \dots + \frac{1}{\epsilon_n}} + \gamma_2 * \frac{n}{\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\lambda_n}}. \quad (12)$$

Такой подход позволяет посредством установки значения параметров  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  балансировать между точностью идентификации объектов и индексом отзывчивости. Так, например, установка  $\gamma_1 = \gamma_2 = 1.0$  говорит о сбалансированном весе между точностью идентификации объектов и индексом отзывчивости системы.

### Заключение

В данной работе предложен способ создания программных шлюзов для интеграции гетерогенных серверов в рамках клиент-серверного взаимодействия, который основан на использовании распространённых программных компонентов, что упрощает процесс внедрения предложенной системы в существующие проекты, которые написаны с использованием языка программирования Python и фреймворка Django. Предложенный способ даёт возможность интеграции серверов в рамках программного шлюза, основная задача которого заключается в ретрансляции запросов клиентского приложения во внешние удалённые серверы, которые могут быть связаны с программным шлюзом посредством WebSocket и HTTP. Это стало возможным благодаря внедрению и использованию `django channels`. Такой подход позволяет в существующие Django проекты внедрять как WebSocket клиентов, так и HTTP клиентов, а также даёт возможность обработки как синхронных, так и асинхронных функций, тем самым расширив возможности разработчиков клиентских приложений. Помимо этого, используемые программное обеспечение и библиотеки для формирования данного программного шлюза, а именно стек Nginx+Gunicorn+Daphne, позволяют осуществить балансировку HTTP запросов

клиентов, что, в свою очередь, позволит повысить скорость и стабильность всего клиент-серверного приложения. При таком конфигурировании системы Daphne будет являться резервным сервером/каналом, который может принимать проксированные Nginx в случае неисправности Gunicorn или миграции со шлюзового протокола WSGI на ASGI. Предложенная математическая модель распределённой системы учитывает характер поступающих запросов, с возможностью тонкой настройки выделенных в данной работе параметров, что можно использовать при решении задачи управления вычислительной нагрузки [13] в рамках клиент-серверного приложения с многослойной архитектурой.

### Список литературы

1. The web framework for perfectionists with deadlines | Django. [Electronic resource]. URL: <https://www.djangoproject.com/> (date of access: 21.11.2021).
2. Введение в WSGI-серверы: Часть первая. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/426957/> (дата обращения: 21.11.2021).
3. The uWSGI project. [Electronic resource]. URL: <https://uwsgi-docs.readthedocs.io/en/latest/> (date of access: 21.11.2021).
4. Gunicorn. [Electronic resource]. URL: <https://gunicorn.org/> (date of access: 21.11.2021).
5. Анализ производительности WSGI-серверов: Часть вторая. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/427217/> (дата обращения: 21.11.2021).
6. Настройка Gunicorn и uWSGI, сравнение производительности. [Электронный ресурс]. URL: <https://proft.me/2011/08/16/nastrojka-gunicorn-i-uwsgi-sravnienie-proizvoditel'n/> (дата обращения: 22.11.2021).
7. Daphne. [Electronic resource]. URL: <https://github.com/django/daphne> (date of access: 22.11.2021).
8. Uvicorn. [Electronic resource]. URL: <https://www.uvicorn.org/> (date of access: 22.11.2021).
9. Tyagi K., Karmarkar A., Kaur S., Kulkarni S., Das R. Crop Health Monitoring System. 2020 International Conference for Emerging Technology (IN CET). 2020. P. 1–5.
10. Hobson T.C., Doucet M., Leal R.M.F. Django remote submission. Journal of Open Source Software. 2017. Vol. 2. No. 16. P. 366.
11. Akbulut A., Perros H.G. Software versioning with microservices through the api gateway design pattern. 2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT). 2019. P. 289–292.
12. Sathiyamoorthi V., Bhaskaran M. Data preprocessing techniques for pre-fetching and caching of web data through proxy server. International journal of Computer Science and Network security. 2011. Vol. 11. No. 11. P. 92–98.
13. Marcelino F.J., Escubio M.T., Baquirin R.B. A Comparative Analysis of Quantum Time based on Arithmetic, Geometric, and Harmonic Mean for Dynamic Round Robin Scheduling. Proceedings of 2020 the 6th International Conference on Computing and Data Engineering. 2020. P. 80–85.
14. Z. Li, F. Nie, X. Chang, Y. Yang. Beyond trace ratio: Weighted harmonic mean of trace ratios for multiclass discriminant analysis. IEEE Trans. Knowl. Data Eng. 2017. Vol. 29. No. 10. P. 2100–2110.

УДК 621.182

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ

**Анищенко Ю.В., Понушкова К.А.**

*ФГАОУ ВО «Томский политехнический университет» (Национальный исследовательский университет), Томск, e-mail: ajv@tpu.ru, e-mail: kap17@tpu.ru*

Статья посвящена изучению факторов риска при эксплуатации газовой котельной и разработке мероприятий по уменьшению риска аварийных ситуаций. В данной статье идентифицированы опасности сети газопотребления в котельном хозяйстве. Был проведен анализ возможных потенциальных сценариев развития аварийных ситуаций. Для сценария, связанного с разгерметизацией газопровода, были изучены причины, способные вызвать разгерметизацию газопровода и возможные последствия. Для анализа мер по управлению риском аварийной ситуации был использован метод «галстук-бабочка». На основании построенной диаграммы «галстук-бабочка» были проанализированы существующие барьеры, направленные как на снижение вероятности разгерметизации газопровода, так и на уменьшение тяжести последствий в случае ее реализации, и предложены дополнительные меры по повышению безопасности. Риск разгерметизации газопровода можно уменьшить за счет проведения различных мероприятий, которые позволят в том числе сократить влияние человеческого фактора. Для определения наиболее эффективных мероприятий был использован метод экспертных оценок. Наиболее значимыми мероприятиями, которые могут дополнительно уменьшить риск разгерметизации газопровода, являются модернизация оборудования, а также повышение надежности персонала за счет более эффективного обучения и мотивации на безопасную работу.

**Ключевые слова:** управление риском, котельная, сеть газопотребления, разгерметизация газопровода, барьеры безопасности, человеческий фактор

## RISK MANAGEMENT OF GAS BOILER HOUSE

**Anishchenko Y.V., Ponushkova K.A.**

*Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Tomsk Polytechnic University (National Research University), Tomsk, e-mail: ajv@tpu.ru, kap17@tpu.ru*

This article is aimed at risk factors of a gas boiler operation and the development of measures to reduce the risk of accidents. This article identifies the hazards of the gas consumption network at the boiler house. An analysis of potential scenarios for possible an emergency was carried out and the gas pipeline depressurization was selected for further study. The causes of the pipeline depressurization and the possible consequences have been studied. The «bow-tie» method was used to analyze accident risk management measures. The constructed diagram «tie-butterfly» allowed to analyze the existing barriers, aimed both at reducing the probability of the gas pipeline depressurization, and at reducing the severity of consequences, and to suggest additional barriers. The risk of the gas pipeline depressurization can be reduced by various measures, including eliminating human factor. Expert judgement was used to determine the most effective measures. The processing of the experts results showed consistency of opinion among the experts. The most important measures that can further reduce the risk of gas pipeline depressurization are the modernization of equipment, as well as the improvement of the reliability of personnel through more effective training and motivation for safe work.

**Keywords:** risk management, boiler house, gas network, gas pipeline depressurization, barriers, human factor

Во многих отраслях для производства тепла используются собственные котельные, которые могут быть источником опасности для персонала, других производственных объектов, окружающей среды. Газовые котельные классифицируют как опасный производственный объект в соответствии с требованиями федерального законодательства [1] по признаку использования оборудования, работающего под избыточным давлением более 0,07 МПа, а также из-за наличия газа во внутренних системах газоснабжения котельной.

Для идентификации реальных и потенциальных опасностей и предотвращения возникновения происшествий современные системы управления охраной труда и промышленной безопасностью в организациях в соответствии с требованиями федерального законодательства [1; 2] и рекомен-

дациями стандарта [3] предусматривают проведение процедуры оценки риска. Риск-ориентированный подход в вопросах безопасности позволяет идентифицировать все риски, определить их уровень, а управленческие решения принимать в первую очередь в отношении опасностей с наиболее высоким уровнем риска. При разработке мероприятий по снижению риска важным этапом является понимание причин возникновения опасностей. Помимо причин организационного и технического характера, значительный вклад в безопасность объектов газового хозяйства вносит человеческий фактор [4]. Так, по данным, приведенным в [5] относительно объектов газораспределения и газопотребления, более половины (65%) от общего количества аварий связано с коррозионным, механическим и другими повреждениями газопроводов, а 13% связа-

ны с ошибочными действиями персонала. В настоящее время организации в первую очередь выполняют законодательно установленные требования по обеспечению безопасности. Проведение дополнительных мероприятий, направленных на снижение влияния человеческого фактора, не регламентируется, поэтому руководители определяют политику в отношении реализации таких мероприятий.

Цель исследования данной работы – провести анализ опасностей, создаваемых при эксплуатации сети газопотребления котельного хозяйства, и разработать мероприятия по уменьшению риска возникновения аварийных ситуаций и несчастных случаев, в том числе по сокращению влияния человеческого фактора.

### Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования в данной работе выбрана сеть газопотребления котельного хозяйства, находящаяся на территории производственного объекта, который эксплуатируется с 1994 года. Сеть газопотребления является опасным производственным объектом (ОПО) III класса опасности [1]. Котельная предназначена для производства насыщенного пара  $P_{\text{наб}} = 1,6$  МПа. Пар образуется методом испарения котловой воды при сгорании природного газа в топках котлов марок КЕ 25/24С и ДКВР 20/23. Проектная мощность 65 т/ч пара с избыточным давлением 1,57 МПа. Таким образом, сеть газопотребления согласно [1] является опасным производственным объектом (ОПО) III класса опасности.

В состав рассматриваемой сети газопотребления входят подземный газопровод, наружный надземный газопровод, газораспределительный пункт, внутрицеховой газопровод котельной, котельные агрегаты, трубопровод пара (паропровод), экономайзеры чугунные.

При идентификации возможных опасностей было выявлено, что основными источниками опасности являются оборудование, работающее под давлением, природный газ, а также возможные ошибочные действия персонала. Возможными последствиями могут стать разрушение оборудования и сооружений, травмирование людей тепловым излучением и (или) ударной волной, а также токсическое воздействие на окружающую среду и персонал.

К негативным последствиям может привести реализация следующих сценариев: разгерметизация наружного надземного газопровода, находящегося до газораспределительного пункта; разгерметизация оборудования с выбросом газа в произ-

водственное помещение газораспределительного пункта; разгерметизация внутрицехового газопровода с выбросом в производственное помещение; разгерметизация труб на экономайзере; разгерметизация трубопровода питательной линии; разгерметизация паропровода с последующим взрывом и (или) пожаром.

Для дальнейшего детального исследования был выбран сценарий, связанный с разгерметизацией наружного надземного газопровода, т.к. при его реализации возможна остановка технологического процесса вплоть до перевода на резервное топливо. Реализация данного сценария может привести к выбросу природного газа в атмосферу с последующим пожаром и (или) взрывом при наличии источника зажигания.

Риск разгерметизации газопровода можно определить как произведение вероятности разгерметизации и тяжести возможных последствий. На основе такого понимания риска реализуются две стратегии по управлению риском: предупреждение (профилактика) возникновения события и снижение последствий. Перед разработкой мероприятий по управлению риском в котельном хозяйстве необходимо проанализировать существующие меры управления (в том числе обязательные для исполнения в соответствии с законодательными требованиями), а также учесть результаты расследований происшествий на подобных объектах [6].

При помощи графического представления причин и следствий с применением диаграммы «галстук-бабочка» определим меры по управлению риском на выбранном участке. Выбор метода оценки риска путем построения диаграммы «галстук-бабочка» обусловлен тем, что данное исследование направлено на качественную оценку риска разгерметизации трубопровода. Метод является относительно простым для понимания, не требующим большого объема исходной информации и временных затрат; позволяет оценить риски, которые могут возникнуть в краткосрочной перспективе, чтобы своевременно их снижать. Диаграмма «галстук-бабочка» структурировано и наглядно представляет событие, его причины и последствия, показывает пути развития опасного события от причин до последствий, а основное внимание уделяется элементам управления (барьерам), которые должны быть установлены, их достаточности. Барьером является мероприятие по управлению риском, предназначенное для предупреждения опасного события, прекращения распространения опасного события или уменьшения тяжести последствий [7; 8]. Особое внимание при разра-

ботке барьеров уделяется совершенствованию методик работы с персоналом, так как происшествия на опасных производственных объектах происходят в том числе и при совершении опасных действий персоналом [9].

Диаграмма показывает причины возникновения разгерметизации наружного надземного газопровода, возможные последствия, а также барьеры, которые должны снизить вероятность разгерметизации и тяжесть последствий (рис. 1). На рис. 1 представлено две группы барьеров: действующие в котельном хозяйстве на момент проведения исследования и разработанные для дополнительного снижения риска разгерметизации газопровода. Действующие барьеры изображены на рис. 1 черным цветом, а разработанные барьеры – белым.

Факторами эскалации для барьеров (1), (18) могут стать отсутствие планирования

обучения; для барьера (2) – непонятные работникам инструкции, отсутствие мотивации на безопасную работу; для барьеров (5), (6), (9), (14) – отсутствие планирования проведения работ; отсутствие финансирования; для барьера (12) – непонятные работникам требования технологического регламента; отсутствие мотивации на безопасную работу; для барьера (3) – отказ системы пропускного режима на предприятии, для барьера (16) – отказ задвижки; несвоевременное реагирование оператора при необходимости отключения газа; для барьера (19) – нарушение требований пожарной безопасности работниками.

Контроль факторов эскалации может быть обеспечен своевременным планированием мероприятий, проведением мероприятий по мотивации работников на безопасную работу, разработкой понятных и доступных инструкций и регламентов и др.

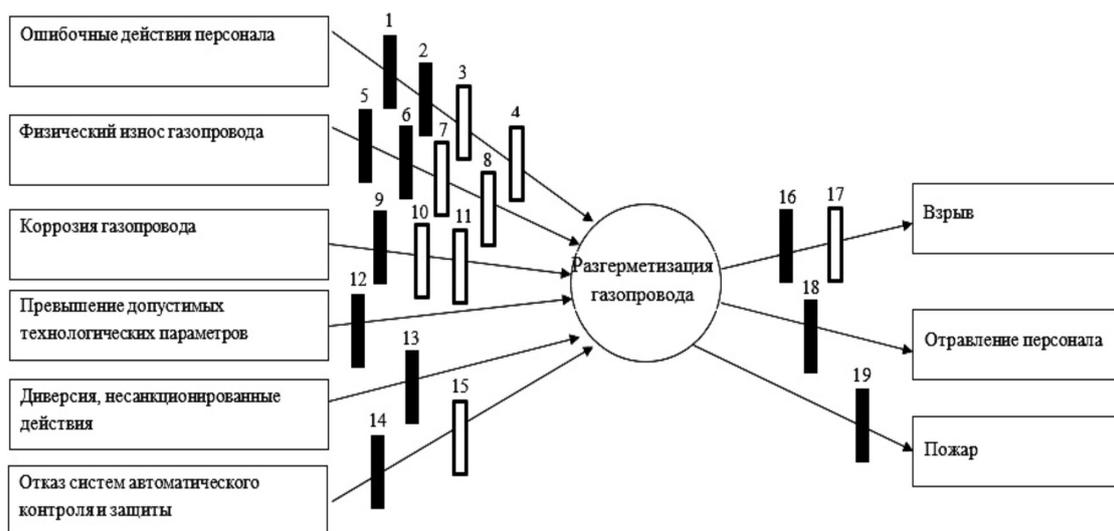


Рис. 1. Диаграмма «галстук-бабочка»

Действующие барьеры на предприятии: (1) своевременное обучение работников безопасным методам ведения работ, (2) выполнение работы в соответствии с разработанными инструкциями, (5) ремонтно-профилактические работы, (6) периодические осмотры и комплексные диагностические обследования, (9) оценка технического состояния и устранение дефектов, (12) ведение процессов согласно требованиям технологического регламента, (13) система пропускного режима на предприятии, (14) периодический осмотр и контроль исправности средств управления и контроля, предохранительных устройств, (16) оснащение газопровода ручной задвижкой для отключения подачи газа, (18) обучение персонала навыкам оказания первой помощи, (19) соблюдение требований пожарной безопасности для исключения появления источника зажигания.

Дополнительно разработанные барьеры для повышения безопасности: (3) повышение эффективности обучения по охране труда и безопасным методам и приемам выполнения работ, (4) реализация программы коллективной и индивидуальной мотивации, (7) капитальный ремонт участка газораспределительного пункта, (8) модернизация устаревшего оборудования, (10) оснащение трубопроводов современными устройствами для контроля за коррозией, (11) повышение степени ответственности должностных лиц за нарушение порядка контроля коррозионного состояния газопровода, (15) повышение квалификации персонала, проводящего осмотр и обслуживание средств контроля, (17) автоматические средства отключения подачи газа.

Анализ существующих барьеров позволил разработать дополнительные барьеры (3), (4), (7), (8), (10), (11), (15), (17), которые также могут устранить факторы эскалации «непонятные работникам инструкции», «отсутствие мотивации на безопасную работу», «требования технологического регламента не понятны работникам».

### Результаты исследования и их обсуждение

Для определения практической значимости предлагаемых барьеров по обеспечению безопасности котельного хозяйства была проведена оценка эффективности каждого предложенного барьера. Для этого был использован метод экспертных оценок, который предполагает привлечение специалистов в определённой области для предоставления своего мнения относительно поставленного вопроса.

В данной работе группе экспертов было предложено оценить вероятную эффективность предлагаемых барьеров по пятибалльной шкале (очень малая эффективность – 1 балл, малая эффективность – 2, средняя эффективность – 3, большая эффективность – 4, очень большая эффективность – 5 баллов) на основе своих знаний и практического опыта. В качестве экспертов были приглашены работники организа-

ций, имеющие большой опыт в эксплуатации аналогичных объектов.

После получения результатов экспертного опроса следует оценить согласованность мнений экспертов. Обработка полученных данных и оценка согласованности мнений экспертов была проведена в программе StatSoft Statistica 10 Advanced Russian Single User. Для определения согласованности мнений экспертов был выполнен расчет коэффициента конкордации Кендалла [10] и тест Фридмана [10]. Результаты обработки данных показали, что значение коэффициента конкордации Кендалла равно  $r = 0,59$ , что превышает значение 0,4 [10]. По полученному коэффициенту конкордации можно сделать вывод о том, что мнение экспертов является согласованным. Результат теста Фридмана ( $p = 0,0044$ ) не превышает значение 0,05 [10], следовательно, между ожидаемой эффективностью различных мероприятий наблюдаются статистически значимые отличия.

После этого в программе StatSoft Statistica 10 Advanced Russian Single User был построен график, наглядно представляющий различия мнений экспертов по отдельным барьерам (рис. 2). По горизонтали графика представлены барьеры, относительно которых эксперты предлагали свое мнение, а по вертикали – оценка эффективности мероприятий экспертов по шкале от 1 до 5.

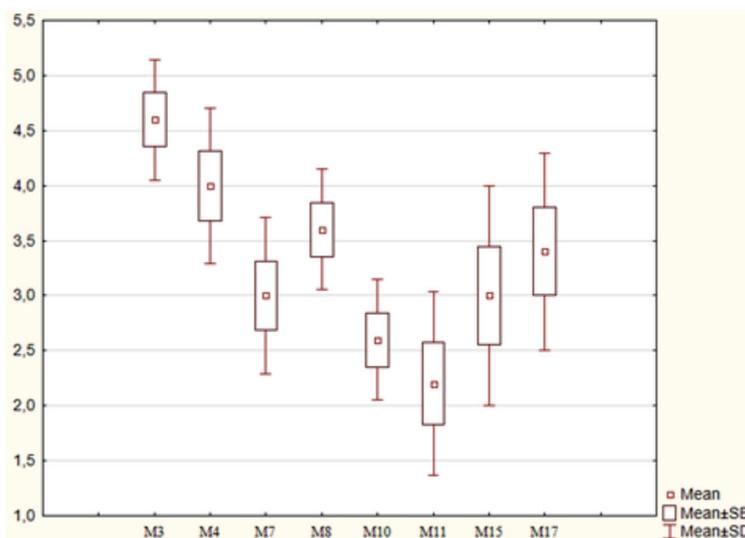


Рис. 2. Фрагмент окна программы StatSoft Statistica 10 Advanced Russian Single User «Графическое представление результатов экспертной оценки»

M3 – повышение эффективности обучения по охране труда и безопасным методам и приемам работ, M4 – реализация программы коллективной и индивидуальной мотивации, M7 – капитальный ремонт участков газораспределительного пункта, M8 – модернизация устаревшего оборудования, M10 – оснащение трубопроводов современными устройствами для контроля за коррозией, M11 – повышение степени ответственности должностных лиц за нарушение порядка контроля коррозионного состояния газопровода, M15 – повышение квалификации персонала, проводящего осмотр средств контроля, M17 – автоматические средства отключения подачи газа, Mean ± SE – стандартное отклонение, Mean ± SD – дисперсия.

Исходя из значений Mean по каждому мероприятию, можно определить наиболее и наименее эффективные мероприятия по мнению экспертов. В группу большей эффективности вошли мероприятия М3, М4 и М8, к малоэффективным мероприятиям эксперты отнесли М10, М11.

По величине стандартного отклонения можно определить дисперсию, т.е. на какую величину в среднем отклоняются ответы экспертов от среднего значения эффективности мероприятий. Так, можно отметить, что относительно мероприятий М3, М8 и М10 мнения экспертов были наиболее согласованы, тогда как о мероприятиях М15, М17 мнения экспертов были наименее согласованы. Ответы экспертов относительно эффективности мероприятий М11, М15 и М17 имеют наибольшую неоднородность, а для мероприятий М3, М8 и М10 – наименьшую разнородность и соответственно наибольшую согласованность.

Таким образом, для уменьшения риска аварии на выбранном участке в первую очередь необходимо проводить мероприятия М3, М4 и М8. Котельное хозяйство функционирует с 1994 года, а модернизация оборудования и мероприятия по снижению влияния человеческого фактора не реализуются и могут быть рассмотрены как своевременные меры.

В данной работе проводилась качественная оценка эффективности мероприятий, однако при наличии статистической информации о частоте или вероятности последствий и причин разгерметизации газопровода может быть проведена количественная оценка риска с помощью дополнительных методов (например, дерево отказов, дерево событий). Тогда эффективность мероприятий может быть оценена при известной стоимости проведения существующих и предложенных мероприятий.

Предложенные барьеры по снижению влияния человеческого фактора могут быть реализованы с помощью различных инструментов:

– применение технологий виртуальной реальности – использование очков виртуальной реальности позволит сотруднику в смоделированной обстановке пройти курс обучения по безопасной работе с оборудованием и отработать безопасные действия. Такой инструмент также повышает информированность о возможных опасностях при выполнении работ, в том числе за счет демонстрации возможных последствий в случае нарушения требований безопасности;

– вовлекаемые инструктажи – традиционные формы проведения инструктажа

часто малоэффективны и не позволяют работнику понять все опасности, с которыми он может столкнуться при выполнении работ. Решением данной проблемы может стать проведение вовлекающих инструктажей, когда работник не только слушает информацию, а сам принимает активное участие в обучении (отвечает на вопросы, приводит примеры и др.);

– программа коллективной и индивидуальной мотивации – повышение внутренней мотивации работников за счет материального и нематериального поощрения безопасной работы (конкурсы «Лучшее подразделение/Лидер по охране труда», премиальное вознаграждение, расширение корпоративного социального пакета, благодарственные письма), а также система штрафов за нарушение требований безопасности.

### Заключение

В данной работе для уменьшения риска аварийной ситуации на участке сети газопотребления котельного хозяйства были определены возможные опасные события. С помощью графического представления причин и следствий с применением диаграммы «галстук-бабочка» были проанализированы существующие меры, направленные на снижение вероятности разгерметизации газопровода и уменьшения тяжести последствий, а также предложены дополнительные мероприятия. Для оценки эффективности предложенных мероприятий проводился опрос экспертов. Обработка результатов опроса показала согласованность суждений экспертов. По мнению экспертов, для обеспечения безопасности необходимо своевременно проводить модернизацию устаревшего оборудования, а также снижать влияние человеческого фактора. Реализация предложенных мероприятий повысит уровень осведомленности о потенциальных опасностях на рабочем месте, заинтересованности работников в безопасной работе и ответственности за совершение опасных действий.

### Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 20.06.1997 № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» // Российская газета. 27 февраля 2017 г.
2. Федеральный закон от 30 декабря 2001 года № 197-ФЗ «Трудовой кодекс» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12125268/> (дата обращения: 01.12.2021).
3. ГОСТ Р ИСО 45001:2020 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководства по применению. М.: Стандартинформ, 2020. 40 с.
4. Juan C. Ramirez, Mark Fecke, Delmar Trey Morrison, John D. Martens. Root Cause Analysis of an Industrial Boiler Explosion (and How Hazard Analysis Could Have Prevented It).

Proceedings ASME 2010 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. 2012. P. 393–397. DOI: 10.1115/IMECE2010-37944.

4. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gosnadzor.ru> (дата обращения: 18.11.2021).

5. James McNay, Romanas Puisa, Dracos Vassalos. Analysis of effectiveness of fire safety in machinery spaces. *Fire Safety Journal*. 2019. Vol. 108. DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.102859.

6. ГОСТ Р 58771–2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. М.: Стандаргинформ, 2020. 90 с.

7. Antonis Targoutzidis Targoutzidis. Incorporating human factors into a simplified «bow-tie» approach for workplace risk assessment. *Safety Science*. 2010. Vol. 48. Issue 2. P. 145–156. DOI: 10.1016/j.ssci.2009.07.005.

8. Андрусов В.Э., Николайкин Н.И., Шаров В.Д. Эволюция учета влияния ошибок человека на особенности и результаты коллективной работы // *CredeExperto: транспорт, общество, образование, язык*. 2019. № 1 (20). С. 8–40.

9. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL. М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. 464 с.

УДК 621:614.846

## АНАЛИЗ И ПУТИ РАЗВИТИЯ АВТОПОДЪЕМНИКОВ ПОЖАРНЫХ КОЛЕНЧАТЫХ

**Егоров А.Л., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Егоров М.А.**

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

Под пожарной техникой понимается комплекс технических средств, который применяется с целью оказания помощи населению, защиты его материальных вещей и защиты окружающей среды от негативного воздействия пожара. Сюда могут быть отнесены различные пожарные автомобили, оборудованные специальной пожарной техникой. Пожарный коленчатый автоподъемник применяется для этих же целей и, помимо этого, по причине наличия на нем специальной грузовой люльки данный тип автоподъемника может применяться как пункт наблюдения или командования. В статье произведен анализ путей развития автоподъемников пожарных коленчатых. Проведен обзор имеющихся литературных данных по тематике исследования; рассмотрено назначение автоподъемников пожарных коленчатых и их особенности; проведен анализ развития автоподъемников пожарных коленчатых; предложены пути развития автоподъемников пожарных коленчатых. Существует несколько путей развития автоподъемников пожарных коленчатых: использование легких сплавов с целью разработки деталей корпуса, которые будут обладать повышенными коррозионными свойствами и долговечностью; использование нержавеющей сталей с целью разработки частей машин, которые находятся в непосредственном контакте с водой и пеной; применение стекло- или углепластика в качестве замены сплавам из алюминия и стали; использование высокопрочных легированных сталей в процессе разработки колен автоподъемника; внедрение современных информационных технологий, которые позволят вывести технику на новый уровень.

**Ключевые слова:** автоподъемник пожарный коленчатый, специальное машиностроение, специальные пожарные автолестницы

## ANALYSIS AND WAYS OF DEVELOPMENT OF FIRE CRANKSHAFT LIFTS

**Egorov A.L., Kostyrchenko V.A., Madyarov T.M., Egorov M.A.**

*Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: egoroval@tyuiu.ru*

Fire fighting equipment is understood as a complex of technical means, which is used to provide assistance to the population, protect their material things and protect the environment from the negative effects of fire. This may include various fire trucks equipped with special fire fighting equipment. A fire articulated car lift is used for the same purposes and, in addition, due to the presence of a special cargo cradle on it, this type of car lift can be used as an observation or command point. The article analyzes the ways of development of crankshaft firefighters car lifts. A review of the available literature data on the research topic was carried out; the purpose of crankshaft firefighters car lifts and their features are considered; the analysis of the development of cranked firefighters car lifts has been carried out; the ways of development of crankshaft firefighters car lifts are proposed. There are several ways for the development of cranked firefighting car lifts: the use of light alloys in order to develop body parts that will have increased corrosion properties and durability; the use of stainless steels for the development of machine parts that are in direct contact with water and foam; the use of glass or carbon fiber as a replacement for aluminum and steel alloys; the use of high-strength alloy steels in the development of auto-lifter elbows; introduction of modern information technologies that will bring technology to a new level.

**Keywords:** automatic lift fire crankshaft, special mechanical engineering, special fire ladders

С каждым годом в новостных сводках можно слышать о том, что как во всем мире, так и в нашей стране приносится достаточно много урона различными стихийными бедствиями. К их числу можно отнести и пожар. Ежегодно выгорают огромные лесные площади, при этом нанося непоправимый урон как имуществу человека, так и его здоровью (в ряде случаев это может заканчиваться даже летальным исходом).

В связи с этим служба безопасности каждой страны обязательно должна быть полностью подготовлена к оказанию помощи по спасению проживающего населения и его имущества от пожара. Для этого они должны оперативно осуществлять перемещение населения и его имущества в места, полностью защищенные от влияния пожара. С этой целью на практике при-

меняются наиболее эффективные методы и последние достижения в разработке и создании научно-технических средств.

Конечно, здесь важно подчеркнуть, что, несмотря на высокие темпы развития научно-технического прогресса, ни один способ защиты от появления пожаров не может защитить окружающих на 100%. Поэтому разработка и производство новой пожарной техники до сих пор является актуальным вопросом в современном обществе.

При возникновении пожара на практике могут применяться как механизированные средства для тушения, так и немеханизированные. В число первых входят специальные пожарные автолестницы и пожарные автоподъемники, без которых сложно представить любую пожарную машину. Конечно, в процессе технического

развития конструкция данных средств менялась, и в настоящее время широкое распространение получили пожарные коленчатые автоподъемники, изучение которых представляет собой высокий практический и теоретический интерес. Одной из проблем при эксплуатации пожарных коленчатых автоподъемников является удержание люльки в неподвижном состоянии, особенно эта проблема актуальна при спасении людей из высотных зданий.

Цель исследования: проведение сравнительного анализа, путей развития, а также выявление достоинств и недостатков автоподъемников пожарных коленчатых.

### Материалы и методы исследования

Обзор и анализ автоподъемников пожарных коленчатых. В целом под пожарной техникой понимается комплекс технических средств, который применяется с целью оказания помощи населению, защиты его материальных ценностей и защиты окружающей среды от негативного воздействия пожара. Сюда могут быть отнесены различные пожарные автомобили, оборудованные специальной пожарной техникой [1–3].

Пожарный коленчатый автоподъемник применяется для этих же целей, и, помимо этого, по причине наличия на нем специальной грузовой люльки данный тип автоподъемника может применяться как пункт наблюдения или командования.

Пожарные коленчатые подъемники могут использоваться с целью конечной доставки к району, где возник пожар, личного состава пожарной части; проведения пожарными как спасательных, так и аварийно-спасательных высотных работ; доставки средств для тушения огня на необходимую высоту (рис. 1).



Рис. 1. Пожарный коленчатый автоподъемник [2]

К числу основных механизмов автоподъемников пожарных коленчатых можно отнести: основное шасси, платформу с элементами опоры для стрелы, непосредственно само опорное устройство, грузовую люльку, силовой агрегат, систему ги-

дравлики, подъемную и поворотную части, бортовую водопенную систему, механизмы вращения люльки, электросистему, систему сигнализации, системы управления.

Если провести беглое сравнение автоподъемников с автолестницами, то можно с уверенностью сказать, что первые обладают намного более высокой степенью маневренности, имеют существенно большие возможности в вопросе подаче водопенной смеси на необходимую высоту и при эвакуации людей с разных высотных точек. Однако, несмотря на это, с их помощью довольно сложно обеспечить процесс непрерывной эвакуации населения с одного высотного места.

В настоящее время существует достаточно большое количество подобного рода техники: к примеру, широкой популярностью обладают такие автоподъемники, как Bronto Skylift 303, Isuzu LV136, Bronto Skylift F52HDT и т.д. Все они отличаются определенными тактико-техническими характеристиками и могут применяться в определенных ситуациях.

Одним из первых вариантов создания автоподъемника пожарного коленчатого является АКП-30 (375), который разрабатывался в конце 1970-х гг. Для его создания использовалось шасси от автомобиля УРАЛ-375. Данный автоподъемник должен был осуществлять свои работы на высотах до 30 м. Вследствие ряда технических недочетов данный тип автоподъемников обладал существенно низкими показателями нагрузки на переднюю ось [4–6].

Данный недостаток попытались устранить при разработке следующей конструкции автоподъемника пожарного коленчатого, который получил название АКП-30 (257) ПМ503. Он разрабатывался на машиностроительном заводе г. Торжка в 1980-х гг. Для его разработки применялись технические элементы от КрАЗ-257 и АЛ-45 (257) ПМ109. В данной модели удалось устранить недостатки, присущие первому типу автоподъемника пожарного коленчатого, вследствие чего данный тип пожарных машин получил достаточно большое практическое распространение.

Очередным типом автоподъемников пожарных коленчатых, которые производились на машиностроительном заводе г. Торжка, стал АКП-30 (250) ПМ509, разработанный к середине 1990-х гг. Разработчики конструкции данного автоподъемника не стали усложнять себе задачу и заимствовали конструкцию с автоподъемника пожарного коленчатого Bronto 330, производимого в Финляндии. Эта была последняя модель автоподъемников пожарных колен-

чатых, которая была произведена в Советском Союзе.

В 1994 г. на базе машиностроительного завода г. Торжка, уже в Российской Федерации, был произведен автоподъемник пожарный коленчатый АКП-35 (53213) ПМ520. Данный тип автоподъемников был предназначен для работ, осуществляемых на высоте до 35 м. Это была первая модель автоподъемников на всем постсоветском пространстве, которая позволяла осуществлять работы на указанной высоте [7–10].

Кроме данной модели, в то же время на том же заводе была произведена модернизация изготавливаемого еще с советского времени автоподъемника пожарного коленчатого АКП-30 (53213) ПМ509А. Данный тип автоподъемников получил название АКП-30 (53213) ПМ509Б. Его главное отличие заключалось в том, что весь процесс управления аутригерами и базовыми передвижениями проводился за счет пропорционально распределенных электрических гидрораспределителей. Помимо этого, непосредственное управление самим подъемником стало возможно осуществлять при помощи выносного пульта, а также в люльке стал располагаться сетевой кабель для подвода электрической энергии.

Следующим типом автоподъемников пожарных коленчатых, который производился в России на территории машиностроительного завода г. Торжка, стал автоподъемник АКП-50 (6923) ПМ514. В 1996 г. была построена первая полностью функционирующая машина. Главное отличие данного автоподъемника состояло в том, что он был предназначен для работы на высоте до 50 м и на тот момент не имел никаких аналогов на всем постсоветском пространстве.

Годом позднее была произведена модификация ранее разработанного автоподъемника пожарного коленчатого АКП-50 (6923) ПМ514 до версии АКП-50 (815 8x8) ПМ514А. Главным отличием является тот факт, что в модифицированной версии было установлено шасси TATRA, которое имело коленную формулу 8x8. Однако данная модификация, по своей сути, не меняла никаких основных параметров и приводила только к удорожанию техники.

После этого на протяжении почти шести лет наблюдался практически полный застой в создании новых типов автоподъемников пожарных коленчатых (были незначительные модификации, которые кардинально ничего не меняли). Следующий автоподъемник пожарный коленчатый был создан в начале XX в. на предприятии РЦ им. Макеева и получил название АКП-50 (69233) «Таганай». По своей сути данная

модель автоподъемника является полным аналогом финского автоподъемника Bronto Skylift F52HDT и обладает аналогичными характеристиками.

Примерно в 2007 г. машиностроительный завод, расположенный в г. Торжке, разработал современную производственную программу по созданию новейшей серии автоподъемников на своем производстве. К числу современных моделей автоподъемников пожарных коленчатых, которые производятся в настоящее время на данном заводе, относятся АКП-30 КамАЗ-53215, АКП-32 КамАЗ-43118, АКП-35 КамАЗ-53215, АКП-50 КамАЗ-6540, АКП-50 МЗКТ-6923, АКП-50 TATRA-T815, ПППК-35 TATRA-815, АКП-54 КАМАЗ и АКП-32 ISUZU.

### Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время одной из основных проблем, которую отмечают многие исследователи в данной области, является создание эффективных функциональных автоподъемников пожарных коленчатых, которые могли бы использоваться даже в самых трудных условиях. Конечно же, здесь важно подчеркнуть, что функциональность данного типа машин напрямую зависит от возможностей их пожарной надстройки и применяемого в конструкции съемного оборудования [3]. А поскольку количество функций, которое возлагается на современные автоподъемники пожарные коленчатые, увеличилось, то и количество «навесного» оборудования на них возросло пропорционально [11, 12].

В целом можно выделить следующие пути развития автоподъемников пожарных коленчатых:

- использование легких сплавов с целью разработки деталей корпуса, которые будут обладать повышенными коррозионными свойствами и долговечностью;
- использование нержавеющей сталей с целью разработки частей ПА, которые находятся в непосредственном контакте с водой и пеной;
- применение стекло- или углепластика в качестве замены сплавам из алюминия и стали;
- использование высокопрочных легированных сталей в процессе разработки колен автоподъемника;
- внедрение устройств по обеспечению удержания и предотвращению раскачивания люльки на высоте;
- внедрение современных информационных технологий, которые позволят вывести технику на новый уровень.

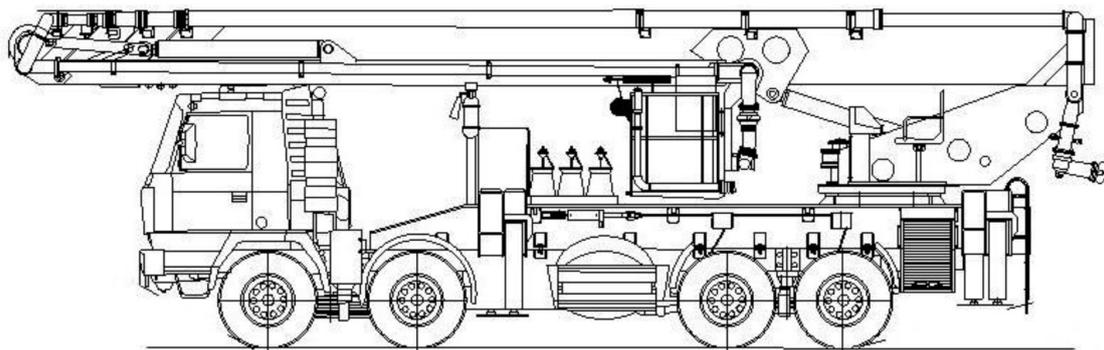


Рис. 2. Автоподъемник коленчатый пожарный АКП-50 (TATRA-T815) [4]

Также стоит отдельно выделить, что в связи с тем, что в настоящее время все больше внимания уделяется строительству многоэтажных зданий, имеющих высоту порядка 100 м и более, перспективными являются разработки автоподъемников пожарных коленчатых, которые можно будет использовать для предотвращения пожаров на данных объектах. Примером такого автоподъемника пожарного коленчатого является АКП-50 (TATRA-T815), который предназначен для проведения спасательных и противопожарных работ на высоте до 50 м (рис. 2).

Одним из существенных недостатков автоподъемника АКП-50 является сильное раскачивание люльки ввиду ветровой и переменной нагрузки (перемещение людей или пожарно-технического вооружения (ПТВ) и оборудования) при проведении спасательных работ. Для предотвращения раскачивания люльки предлагается установить гарпунное устройство (рис. 3) с целью закрепления ее к фасаду здания.

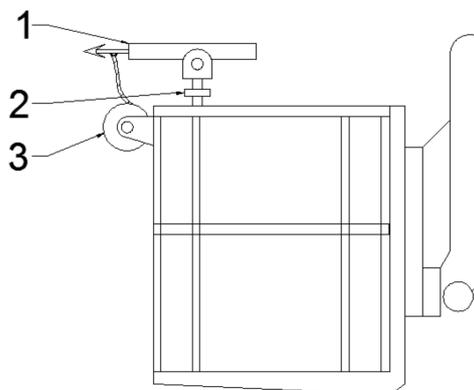


Рис. 3. Гарпунное устройство: 1 – пружинный гарпун, 2 – поворотное устройство, 3 – электрическая лебедка

Предлагаемое решение работает следующим образом, по достижению люлькой заданной высоты (около 50 м) спасатель наводит гарпунное устройство на фасад здания, при помощи поворотного устройства и выпускает гарпун. После при помощи лебедки подтягивает люльку к фасаду здания и фиксирует ее стопором.

В дальнейшем планируется проведение расчетов конструкции устройства и подбора механизмов. Для проведения расчетов в программном продукте SOLIDWORKS начерчена 3D модель (рис. 4) люльки с предлагаемым гарпунным устройством.

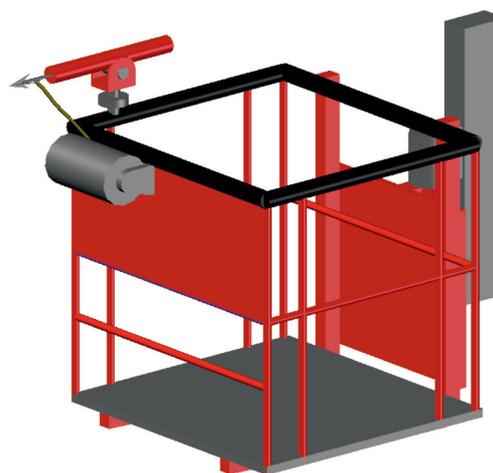


Рис. 4. 3D чертеж люльки с гарпунным устройством

Экономическое обоснование эффективности применения. Финансирование новых научно-технических разработок в области пожарной безопасности осуществляется за счет средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов,

предприятий и фондов пожарной безопасности, а также за счет других источников. Точность расчетов экономической эффективности новой пожарной техники и оборудования зависит от степени достоверности исходных данных, которые должны отражать следующее: назначение и область применения нового изделия (инженерно-технического решения), основные параметры нового и базового изделия (инженерно-технического решения), сроки службы, потребности в новом изделии (инженерно-техническом решении), дополнительные капитальные вложения, себестоимость нового и базового изделий (инженерно-технического решения).

Экономическая эффективность – одно из основных требований, предъявляемых к новой технике. Поэтому важно знать основы методики анализа экономической эффективности новой пожарной техники и уметь выполнять необходимые расчеты по определению величины эффекта от ее внедрения.

Методика анализа экономической эффективности новой пожарной техники несколько отличается от методики анализа экономической эффективности капитальных вложений на противопожарную защиту. Стоит отметить, что в основу сравнительного анализа экономической эффективности новой пожарной техники положены два важнейших принципа: правильный выбор исходной базы сопоставления (эталона), сопоставимость сравниваемых вариантов [2].

Очевидно, что каждый из вышеперечисленных путей совершенствования автоподъемников пожарных коленчатых будет являться экономически эффективным, поскольку все предлагаемые нововведения в конечном итоге нацелены:

- на повышение эффективности и долговечности работы автоподъемников пожарных коленчатых;
- уменьшение наносимого материального ущерба вследствие проведенных мероприятий по улучшению;
- снижение общей сметы на затраты в создании модернизируемых автоподъемников пожарных коленчатых.

### Заключение

Пожарная безопасность в настоящее время относится к числу наиважнейших областей, которым уделяется достаточно большое внимание. Для того чтобы занимать ведущие позиции на мировых рынках, данная сфера должна постоянно модернизироваться для того, чтобы повышать эффективность работы и снижать издержки на производство. Достижение данных целей в современное время возможно за счет

получения наивысших результатов от внедрения и применения информационных технологий, увеличения скорости и качества выбираемых решений и т.п.

### Список литературы

1. Воронков О.Ю., Храпский С.Ф. Пожарная техника. Ч. 1: уч. пос. Омск: ОмГТУ, 2014. 96 с.
2. Закинчак А.И., Найденова С.В., Елизарова А.А. Экономика пожарной безопасности: уч. пос. Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2019. 115 с.
3. Казябо В.А., Шавель Ю.И., Гончаров И.Н. Разработка и освоение производства автолестницы пожарной с высотой подъема 32 м и съемной люлькой // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2019. № 2 (46). С. 194–206.
4. Колунина В.А., Костырченко В.А., Мадьяров Т.М. Приоритеты развития наземных транспортно-технологических комплексов в освоении континентального шельфа // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции, 2015. С. 147–149.
5. Моисеев Ю.Н., Терехнев В.В. Пожарно-спасательная техника: учебник. М.: Общество с ограниченной ответственностью Издательство «КУРС», 2019. 256 С. DOI: 10.12737/0.
6. Патент на полезную модель № 26789 U1 Российская Федерация, МПК В66F 11/04. Автоподъемник коленчатый: № 2001107303/20: заявл. 19.03.2001: опубл. 20.12.2002 / К.В. Дорошенко, Е.М. Огнев; заявитель Открытое акционерное общество «Пожтехника».
7. Патент на полезную модель № 83770 U1 Российская Федерация, МПК В66F 11/04. Подъемник автомобильный гидравлический и рабочая платформа подъемника: № 2009100375/22: заявл. 11.01.2009: опубл. 20.06.2009 / В.П. Пташниченко, Г.И. Семенов, С.Ю. Бадьлов, А.В. Рыбак; заявитель Открытое акционерное общество «Казанский электромеханический завод».
8. Исаев А.Д., Левина И.В., Рыбалкин Д.А., Бахтиев Р.Н. Переносная пожарная роботизированная установка для коленчатых автоподъемников АКП // Конкурс научных исследований работ, Москва, 08–11 декабря 2020 года. М.: Ассоциация разработчиков, изготовителей и поставщиков средств индивидуальной защиты, 2020. С. 147–149.
9. Преснов А.И., Марченко М.А., Печурин А.А., Гавкалюк Б.В. Пожарные автоподъемники: учебное пособие. СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2019. 340 с.
10. Мичудо Д.Г., Яковенко К.Ю., Воронцов К.Е., Яковенко Ю.Ф. Пожарные высотно-спасательные автомобили: развитие функциональности // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию МЧС России: в 3 ч., Москва, 20 мая 2015 года. М.: Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2015. С. 225–238.
11. Преснов А.И., Печурин А.А., Данилевич А.В. Пожарные автолестницы: исторические аспекты, технические данные, конструктивные решения // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2017. № 4. С. 17–29.
12. Сутормыа И.И., Загор В.В., Жукалов В.И. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: уч. пос. М.: Инфра-М, 2019. 270 с.

УДК 65:502:504

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗАБАЛАНСОВЫХ РУД И ОТХОДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

<sup>1</sup>Жантасов К.Т., <sup>1</sup>Жуматаева С.Б., <sup>2</sup>Лавров Б.А., <sup>3</sup>Дормешкин О.Б.,  
<sup>1</sup>Сарыпбекова Н.К., <sup>1</sup>Жантасов М.К., <sup>1</sup>Зият А.Ж., <sup>4</sup>Жантасова М.К., <sup>1</sup>Бекаулова А.А.

<sup>1</sup>НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова», Шымкент,  
e-mail: s\_zhumatayeva@inbox.ru;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный институт (технический университет),  
Санкт-Петербург;

<sup>3</sup>Белорусский государственный университет, Минск;

<sup>4</sup>Школа-гимназия № 20 им. Г. Титова, Шымкент

Даны сведения о характеристиках отходов промышленных предприятий и их воздействия на окружающую среду. Проведен анализ методов и способов решения утилизации отходов и переработки полезных ископаемых и методы извлечения полезных компонентов. На основании ряда научных работ авторов проанализированы пути решения проблемы утилизации отходов в дорожном строительстве в составе исходных компонентов. Выявлено расположение 45 месторождений Каратауского фосфоритоносного бассейна, которые по качественной и количественной характеристикам подразделяются (мас. %): на балансовые фосфоритные руды – 60; забалансовые фосфоритные руды – 13; фосфатно-кремнистые породы – 8; фосфатизированные кремни – 19. Фосфориты на следующие их промышленные типы: богатые фосфоритные (28–30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); рядовые карбонатные и кремнисто-карбонатные (22–26% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); рядовые кремнистые и карбонатно-кремнистые (21–25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); бедные (забалансовые) (18–21% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); фосфатно-глинистые-кремнистые сланцы (флюс) (7–15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); фосфатизированные кремни (флюс) (2–6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Заскладированные в отвалохранилища материалы нарушают экологическое равновесие. Второй техногенный отход, фосфогипс, образуется при химической переработке фосфоритов Каратауского бассейна сернокислотным способом в экстракционную фосфорную кислоту и имеет следующий состав: Ca – 17,55% и 19,42%; K – 0,13% и 0,14%; P – 0,35% и 0,30%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,80% и 0,69%.

**Ключевые слова:** отходы производств, экология, забалансовые руды, фосфогипс, химический состав, минеральные удобрения, фосфоритная мелочь, тукосмесь

## ENVIRONMENTALLY SAFE TECHNOLOGIES FOR PROCESSING OFF-BALANCE SHEET AND WASTE FROM VARIOUS ENTERPRISES

<sup>1</sup>Zhantasov K.T., <sup>1</sup>Zhumataeva S.B., <sup>2</sup>Lavrov B.A., <sup>3</sup>Dormeshkin O.B., <sup>1</sup>Sarypbekova N.K.,  
<sup>1</sup>Zhantasov M.K., <sup>1</sup>Ziyat A.Zh., <sup>4</sup>Zhantasova M.K., <sup>1</sup>Bekaulova A.A.

<sup>1</sup>NAO South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent,  
e-mail: s\_zhumatayeva@inbox.ru;

<sup>2</sup>Saint Petersburg State Institute (Technical University), Saint Petersburg;

<sup>3</sup>Belarusian State University, Minsk;

<sup>4</sup>School-gymnasium № 20 named. G. Titov, Shymkent

Data on the characteristics of industrial waste and their impact on the environment. The analysis of methods and methods of waste disposal and processing of minerals, and methods of extraction of useful components is carried out. Based on a number of scientific works of the authors, the ways of solving the problem of waste disposal in road construction as part of the initial components are analyzed. The location of 45 deposits of the Karatau phosphorite-bearing basin, which are divided by qualitative and quantitative characteristics (mass. %) on: balance phosphorous ores – 60; off-balance phosphorous ores – 13; phosphate-siliceous rocks-8; phosphatized silicenes -19. Phosphorites for the following industrial types listed below: rich phosphorous (28-30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); ordinary carbonate and siliceous-carbonate (22-26% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); ordinary siliceous and carbonate-siliceous (21-25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); poor (off-balance) (18-21% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); phosphate-clay-siliceous shales (flux) (7-15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); phosphatized silicenes (flux) (2-6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Materials deposited in landfills violate the ecological balance. The second technogenic waste, phosphogypsum, is formed during the chemical processing of phosphorites of the Karatau basin by the sulfuric acid method into extraction phosphoric acid, and has the following composition: Ca – 17.55% and 19.42%; K – 0.13% and 0.14%; P – 0.35% and 0.30%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0.80% and 0.69%.

**Keywords:** industrial waste, ecology, off-balance ores, phosphogypsum, chemical composition, mineral fertilizers, phosphorite fines, fertilizer mixture

Казахстан является одним из мировых лидеров по запасам минерального сырья. Имея мощную минерально-сырьевую базу, страна обладает по мировым запасам урана – 18%, свинца – 9%, цинка – 8%, 10%

хрома, серебра, меди и марганца имеют по 5% соответственно. Республика является одним из крупных поставщиков энергетического сырья, цветных и черных металлов. Особенности технологических процессов

приводят к образованию промышленных отходов. Ежегодно во всем мире в биосферу поступает много миллионов тонн твердых, жидких и газообразных техногенных отходов, наносящих непоправимый ущерб живой и неживой природе. На территории Казахстана накопилось около 43 млрд т различных отходов, из которых лишь 5% идет на переработку [1].

Цель исследования: научный обзор по проблеме утилизации техногенных отходов различных производств с получением целевых продуктов.

### Материалы и методы исследования

Выявление в ходе аналитического анализа литературных источников и на основе физико-химических анализов отходов различных производств наиболее экологически безопасных способов их утилизации.

### Результаты исследования и их обсуждение

По данным работ авторов [2, 3] выявлено расположение 45 месторождений Каратауского фосфоритноносного бассейна.

По качественной и количественной характеристикам фосфорсодержащие руды и породы бассейна Каратау подразделяются (мас. %):

- на балансовые фосфоритные руды – 60;
- забалансовые фосфоритные руды – 13;
- фосфатно-кремнистые породы – 8;
- фосфатизированные кремни – 19.

Анализируя изменения содержания  $P_2O_5$  в руде, авторы в работах [4, 5] классифицируют фосфориты на следующие промышленные типы:

- богатые фосфоритные (28–30%  $P_2O_5$ );

- рядовые карбонатные и кремнисто-карбонатные (22–26%  $P_2O_5$ );
- рядовые кремнистые и карбонатно-кремнистые (21–25%  $P_2O_5$ );
- бедные (забалансовые) (18–21%  $P_2O_5$ );
- фосфатно-глинистые-кремнистые сланцы (флюс) (7–15%  $P_2O_5$ );
- фосфатизированные кремни (флюс) (2–6%  $P_2O_5$ ).

По данным автора [6], основные запасы фосфоритных руд осадочно-метасоматического типа содержат до 14–23%  $P_2O_5$ .

При содержании  $P_2O_5$  менее 18% фосфориты относят к забалансовым рудам, занимающим значительные земельные площади по отвалохранилищам, где находятся десятки сотен миллионов некондиционного материала, накопленного за период существования и эксплуатации промышленных месторождений. Заскладированные в отвалохранилища материалы нарушают экологическое равновесие, поэтому рациональное их использование позволит повысить площади угодий сельскохозяйственного назначения.

следующий химический состав (в %):

– забалансовая руда месторождения Жанатас  $P_2O_5$  – 17,4; MgO – 4,76; н.о – 30,3; P – 7,5; K – 0,51; Ca – 36,5; Mn – 0,0942; F – 0,004;

– забалансовая руда месторождения Тьесай –  $P_2O_5$  – 16,4; HO – 27,0; MgO – 31,3;  $CO_2$  – 5,2; CaO – 13,0;  $Fe_2O_3$  – 1,3;  $Al_2O_3$  – 1,4;

– забалансовая руда месторождения Коксу  $P_2O_5$  – 21,9; HO – 25,8; MgO – 35,7;  $CO_2$  – 2,6; CaO – 8,1;  $Fe_2O_3$  – 0,8;  $Al_2O_3$  – 1,0;

– забалансовая руда месторождения Аксай  $P_2O_5$  – 19,1; P – 8,32; K – 1,49; MgO – 4,72; CaO – 29,85; MnO – 1,7.

Качественные и количественные характеристики фосфорсодержащих и забалансовых руд бассейна Каратау

Наименование	Балансовые фосфоритные руды, %		Забалансовые фосфоритные руды, %		Фосфатно-кремнистые руды, %		Фосфатизированные руды, %	
	Пределы содержания	Средн. данные	Пределы содержания	Средн. данные	Пределы содержания	Средн. данные	Пределы содержания	Средн. данные
$P_2O_5$	15–30	23,5	15–30	17,5	5–15	11	0,5–8	4
CaO	25–50	42,5	25–40	30	12–30	20	1,6–16	8
MgO	0,5–7	3,5	0,5–6	3	0,5–3,5	2	0,2–0,3	1,6
$SiO_2$	5–35	15	15–45	30	40–70	50	65–95	80
$CO_2$	2,5–15	8	3–13	7	1–8	5	1–6	3
$R_2O_3$	0,5–3	1,5	1–3	2	1,5–8	4	0,5–2,5	1
$K_2O + Na_2O$	0,5–1,5	1	0,5–1,5	1	0,5–1,5	2	0,5–1,5	1
Запасы (в% от всего месторождения)	60		13		8		19	

Вторым немаловажным по своей сущности и применению в экономике государства является фосфогипс, который образуется при химической переработке фосфоритов Каратауского бассейна сернокислотным способом в экстракционную фосфорную кислоту [7–10].

Так, например, на заводе минеральных удобрений ТОО «Казфосфат» при получении 1 тонны аммофоса расходуется 2,44 т фосфоритной муки, 1,85 т серной кислоты, 0,151 т аммиака 0,088 т извести, и образуются отходы производства в виде фосфогипса в количестве 3,53 т. В настоящее время в хвостохранилище завода накоплено свыше 14 млн т фосфогипса, который требует кардинальных решений по его утилизации.

Фосфогипс для сельского хозяйства в соответствии с требованиями НТД содержит  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - 80,0$ ;  $\text{H}_2\text{O} - 20,0$ ;  $(\text{H}_2\text{SiF}_6; \text{Na}_2\text{SiF}_6; \text{K}_2\text{SiF}_6; \text{HF}) - 0,3$ ;

Приведены данные по изучению минералогического и химического состава микроскопическим, рентгенофазовым, термографическим и спектральным методами анализа и процессов, происходящих при нагревании фосфогипса со старого и нового отвалоохранилищ, показавшие их идентичность.

В то же время фосфогипс, отобранный из старого и нового отвалоохранилища, содержит: Ca – 17,55% и 19,42%; K – 0,13% и 0,14%; P – 0,35% и 0,30%;  $\text{P}_2\text{O}_5 - 0,80\%$  и 0,69%, а также поминералогическому составу  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - 87,93\%$  и 85,04%;  $\text{SiO}_2 - 9,10\%$  и 10,58% соответственно. Усредненный гранулометрический состав фосфогипса по классам крупности содержит в%: 2–5 мм – 0,3; 1–2 мм – 21,8; 1–0,5 мм – 63,6; 0,1–0,5 мм – 10,1 менее 0,1 мм – 4,2.

Удельная активность природных радионуклидов в пробах фосфогипса составляет 4,0 кБк/кг, что соответствует требованиям СТ РК 2208-2012.

Фосфогипс и забалансовые руды могут быть рекомендованы для использования как в агропромышленном комплексе в виде сухих тукосмесей взятых в определенных соотношениях с другими компонентами шихты, так и дорожном строительстве.

Фосфогипс является побочным продуктом производства экстракционной фосфорной кислоты, получаемой при разложении фосфатного сырья или апатитового концентрата смесью серной и фосфорной кислот дигидратным способом, также можно использовать как материальный ресурс, позволяющий нейтрализовать кислые и засоленные почвы.

В процессе угледобычи, как и в горнодобывающем комплексе фосфоритного сырья образуются значительные объемы внутренних вскрышных пород и мелочи угля, которые содержат в себе от 45 до 75% углерода и микроэлементы, остро необходимые растениям и сое-овоще-бахчевым, а также плодово-ягодным культурам агропромышленного комплекса. Следует отметить, что минеральная часть внутренних вскрышных пород представлена ферритами, алюминатами, силикатами кальция и магния, анортитами и диопсидами. Поэтому для применения их в составе новых номенклатур тукосмесей из твердых отходов различных производств и предприятий экономики изучены их химические составы, так как в почвенной среде углекислоты, находящиеся в ВВП и мелочи углей, вступают во влажной среде в реакцию с гидрооксидами и оксидами натрия и калия, образуя гуматы. Усредненный химический состав ВВП содержит (в%):  $\text{SiO}_2 -$  около 50;  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 13,5$ ; CaO – около 2; MgO – около 2;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 9,3$ ; MnO – 0,3;  $\text{K}_2\text{O} - 0,5$ ;  $\text{Na}_2\text{O} 0,5$ ;  $\text{C}_{\text{своб}} - 28$ .

Кроме этого, ВВП и мелочь углей, при применении их в дорожном строительстве могут регулировать водно-тепловой баланс подстилающего слоя дорожной одежды [7].

Сотрудниками научно-исследовательской лаборатории «Неорганические соли, стимуляторы роста и защиты растений» НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова», совместно с учеными Российской Федерации и Республики Беларусь разработаны и разрабатываются ряд тукосмесей новых номенклатур, на основе пыли циклона агрокомплекса ТОО «Казфосфат», внутренних вскрышных пород, бурых углей, отсевов мелочи забалансовых фосфоритов, фосфогипса и обожженного вермикулита, который является, как известно, влагоудерживающим веществом. Указанные исходные материалы шихты тукосмеси в почвенном покрове играют роль сорбентов влаги, отдавая ее корневой системе различных сельскохозяйственных культур, нейтрализатора кислых почв, а также позволяют получить гуматы при взаимодействии углерода с щелочными металлами почвы и внутренних вскрышных пород.

Получаемая новая номенклатура тукосмеси содержит такие микроэлементы, как медь, цинк, сера, железо, магний, кобальт и марганец, остро необходимые сельскохозяйственным культурам.

Предлагаемая к внедрению в производство и АПК тукосмесь содержит (%):

– пыли циклона агрокомплекса – до 62;

- вермикулита – до 12
- внутренних вскрышных пород – до 10;
- фосфогипса – до 10;
- бурого угля – до 5;
- поташа – до 5, и других компонентов, из различных забалансовых руд, при различном соотношении.

В зависимости от химического состава полевых площадей и применяемой к использованию тукосмеси, в ее состав могут быть введены аммофос, серосодержащие вещества или комовая сера размером до 3 мм, а также другие микроэлементы.

Природные ресурсы являются невозполнимыми материальными ценностями в плане решения экологических проблем и охраны окружающей среды для фауны и флоры любого государства и трансграничных территорий. Поэтому рациональное и бережное отношение к ним, с одновременным использованием техногенных отходов различных отраслей экономики, актуально на многие десятилетия, так как на территории любого государства скопились миллионы тонн техногенных отходов горнодобывающей отрасли химической и металлургической промышленности, стройиндустрии и угледобывающего комплекса.

Так, например, в статьях ряда авторов [8, 9] рассматриваются уникальные по своим технологическим и потребительским свойствам дорожно-строительные материалы из техногенных отходов фосфорных подотраслей электротермическим способом и переработки тонкомолотых фосфоритов химическим методом, в частности «Фосфогипс дорожный», золошлаковые отходы ТЭЦ, которые еще не успели завоевать всеобщую популярность среди подрядных организаций, но показали свои значительные преимущества перед обычными материалами, традиционно применяемыми в дорожном строительстве. Согласно исследованиям авторов [10–12], слой из фосфогипса работает как легкая и единая монолитная плита, распределяющая нагрузку на большую грунтовую поверхность и снижающая напряжения в грунте.

Использование фосфогипса, золошлаковых отходов ТЭЦ и забалансовых руд включает следующие операции, с учетом улучшения безопасности жизнедеятельности населения:

- разравнивание поверхности основания автогрейдером;
- уплотнение катком;
- распределение и уплотнение щебня фракции 20–40 толщиной слоя 5–8 см.

Общеизвестно, что снижение удельного давления на грунт понижает вероятность появления в нем местных пластических де-

формаций. Это обеспечивает длительную сохранность ровности покрытия. Физико-химические свойства фосфогипса, за счет относительных деформаций гибкости с растяжением, позволяют использовать принципы унификации конструкций дорожной одежды, что обеспечивает толщину конструктивных слоев и количество технологических операций, а также времени и номенклатуры эксплуатируемой строительной техники. Принципы унификации дорожных конструкций на основе использованием фосфогипса и забалансовых природных материалов для дорожного покрытия обеспечивают все многообразие воздействия природно-климатических факторов. Кроме этого они оказывают влияние на технологические свойства подстилающего слоя, по сравнению со слоями из зернистых материалов с получением слоев, выдерживающих более высокие нагрузки. Это обеспечивает снижение до 40–50% потребности в природных минеральных ресурсах, таких как щебень и песок.

В дорожном строительстве широкое развитие получил метод направленного структурообразования и создания однородной массы строительного материала на основе принципов физико-химии дисперсных систем по академику П.А. Ребиндеру. Рядом исследований выявлено, что кристаллизационные структуры наиболее водостойчивы, прочны и долговечны при высокой плотности и отсутствии крупных пор, понижая их морозостойкость. Процесс перекристаллизации полугидрата в дигидрат и включения свободной влаги в кристаллическую структуру приводят к образованию таких структур, которые выявлены в работе [13] с применением фосфогипса полугидратной форме в дорожном строительстве.

Авторами была разработана и применена технология упрощенного строительства нижних слоев дорожного полотна автомобильных дорог общего пользования.

Подготовка участка для проведения работ включает в себя выравнивание или подготовку основания для укладки фосфогипса, его доставку и выгрузку, а также выравнивание материала бульдозером.

С целью применения золошлаковых отходов при получении тукосмесей из твердых материалов, содержащих микроэлементы, и в дорожном строительстве исследован химический состав золошлаков Экибастузских углей и ТЭЦ-3 г. Караганды, так как золошлаки находят широкое применение в дорожном строительстве [14, 15].

По сравнению с Республикой Казахстан и Российской Федерацией, в зарубежных странах вовлечение отходов в хозяй-

ственный оборот более значительно в плане сбережения природных минеральных ресурсов и утилизации отходов производства, так как отходы горно-обогатительного и горнодобывающих комплексов являются серьезными источниками загрязнения окружающей среды [16–18].

### Заключение

На основании проведенного обзора предлагается использование указанных отходов по двум направлениям при определенных соотношениях исходных материалов и разработкой оптимальных технологических решений:

- получение минеральных удобрений из различных твердых материалов в виде тукосмесей;
- применение вышеуказанных сырьевых компонентов в качестве подстилающего слоя дорожной одежды.

### Список литературы

1. Jyoti S. Trivedi, Sandeep N., Chakradhar Iyyunni. Optimum Utilization of Fly Ash for Stabilization of Sub-Grade Soil using Genetic Algorithm. *Procedia Engineering*. 2013. Vol. 51. P. 250–258.
2. Позин М.Е., Копылев Б.А., Белов В.Н., Ершов В.А. Переработка фосфоритов Каратау. Л.: «Химия», 1975. 272 с.
3. Смирнов А.И. Вещественный состав и условия формирования основных типов фосфоритов. М.: Недра, 1972. 196 с.
4. Киперман Ю.А. Фосфориты в XXI веке: монография. Алматы, 2006. 208 с.
5. Ларичкин Ф.Д., Кныш В.А. Рациональное использование вторичных минеральных ресурсов в условиях экологизации и внедрения наилучших доступных технологий. Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2019. 252 с.
6. Дормешкина О.Б., Жантасов К.Т. Новые виды фосфорсодержащих комплексных удобрений и тукосмесей. Минск: БГТУ, 2020. 325 с.
7. Копылов Б.А. Технология экстракционной фосфорной кислоты. Л.: Химия, 1981. 224 с.
8. Досалиев К.С. Исследование влияния структуры автомобильных дорог «земляное покрытие – асфальтобетон» безопасность жизнедеятельности при эксплуатации: дис. ... докт. филос. (PhD) по специальности 6D73100 Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды. Шымкент, 2018. 142 с.
9. Коломейченко А.С. Повышение экономической эффективности использования сельскохозяйственных земель на основе оптимизации применения удобрений // *Наука и мир*. 2015. Т. 1. № 8 (24). С. 75–77.
10. Коротковский С.А., Талалай В.В., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Применение фосфогипса для строительства автомобильной дороги // Долговечность и надежность строительных материалов и конструкций в эксплуатационной среде: I Международная научно-техническая конференция. 2017. С. 264–273.
11. Умбетаев И., Бигараев О. Плодородие сероземов Южного Казахстана и пути его оптимизации // *Состояние и перспективы развития почвоведения*. Алматы, 2005. С. 101–102.
12. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. М.: Транспорт, 2013. 368 с.
13. Строительство автомобильных дорог / Под ред. проф. В.В. Ушакова и доц. В.М. Ольховикова. М.: Кнорус, 2020. 572 с.
14. Ушаков В.В., Ольховиков В.М. Строительство автомобильных дорог. М.: Кнорус, 2014. 320 с.
15. Алексеев А., Бабков В.Ф., Бируля А.Г. Справочник инженера-дорожника. Содержание и ремонт автомобильных дорог. М.: Транспорт, 2017. 125 с.
16. Сиротюк В.В. Стандартизация и перспективы использования золошлаков энергетики для дорожного строительства в России // Золошлаки ТЭС: удаление, транспортировка, переработка, складирование: матер. III междунар. науч.-практ. семинара. М., 2010. 58–59 с.
17. Pflughoeft-Hassett D.F., Hassett D.J., Schroeder M.H. Materials from Conversion of Coal for Power Production: Working Definitions. Energy & Environmental Research Center. University of North Dakota [Electronic resource]. URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/958067> (date of access: 11.12.2021).
18. Khan M.A., Usmani A., Shah S.S., Abbas H. A study of multilayer soil-fly ash layered system under cyclic loading. Aligarh Muslim University, Aligarh, India [Electronic resource]. URL: [http://ijce.iust.ac.ir/index.php/slc\\_lang=en&slc\\_sid=1](http://ijce.iust.ac.ir/index.php/slc_lang=en&slc_sid=1) (date of access: 11.12.2021).

УДК 004.89

## АССЕМБЛИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ XXIV ЗИМНИХ ОЛИМПИЙСКИХ ИГР 2022

**Кругиков А.К., Мельцов В.Ю., Страбыкин Д.А., Подковырин В.Д.**  
*ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, e-mail: yadrodisk@yandex.ru, meltsov69@mail.ru, strabykin@vyatsu.ru, usr00321@vyatsu.ru*

В статье описывается эксперимент по прогнозированию количества золотых медалей, серебряных медалей и общего места в неофициальном командном зачете XXIV Зимних Олимпийских игр для команды Олимпийского комитета России. Прогноз производится с использованием обобщенно-регрессионной нейронной сети и сети с радиально-базисными функциями. Описывается ход прогнозирования, проблемы, которые возникают при осуществлении прогнозов данного типа. В результате выявлен ряд проблем, часть из которых предлагается решать с использованием каскада сетей. Предлагается ряд конфигураций каскада, описываются особенности формирования обучающей выборки и разбиения выборки для обучения модулей по ярусам каскада. Описывается ход прогнозирования, результаты прогнозирования представлены в таблицах, фрагменты обучающей выборки представлены на графиках. Целью исследования является оптимизация и повышение точности процесса планирования спортивной подготовки сборных команд и прогнозирование неофициального медального зачёта в мультиспортивных состязаниях с использованием системы на основе каскада нейронных сетей. Произведен анализ полученных данных, рассмотрена целесообразность использования каскада сетей как средства прогнозирования. Описаны проблемы обучающей выборки, рассматривается перспектива разработки алгоритма определения ключевых прогнозоформирующих предикторов обучающей выборки и использования алгоритма для предобработки выборки и обучения каскада.

**Ключевые слова:** искусственная нейронная сеть, прогноз, спортивный результат, нейрон, прогнозирование, алгоритм обучения, обучающая выборка, обобщенно-регрессионная нейронная сеть, нейронная сеть с радиально-базисными функциями, каскадная нейронная сеть, каскадная структура, Олимпийские игры, неофициальный командный зачет, каскад

## ASSEMBLING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO PREDICT THE RESULTS OF THE XXIV OLYMPIC WINTER GAMES 2022

**Krutikov A.K., Meltsov V.Yu., Strabykin D.A., Podkovyrin V.D.**

*Vyatka State University, Kirov, e-mail: yadrodisk@yandex.ru, meltsov69@mail.ru, strabykin@vyatsu.ru, usr00321@vyatsu.ru*

The article describes an experiment to predict the number of gold medals, silver medals and overall place in the unofficial team standings of the XXIV Winter Olympic Games for the team of the Olympic Committee of Russia. The forecast is made using a generalized regression neural network and a network with radial basis functions. Describes the course of forecasting, the problems that arise when making forecasts of this type. As a result, a number of problems have been identified, some of which are proposed to be solved using a cascade of networks. A number of cascade configurations are proposed, the features of the formation of a training sample and the splitting of the sample for training modules by cascade tiers are described. The course of forecasting is described, the results of forecasting are presented in tables, fragments of the training sample are presented on graphs. The aim of the study is to optimize and improve the accuracy of the planning process of sports training of national teams, and to predict the unofficial medal standings in multi-sports competitions using a system based on a cascade of neural networks. The analysis of the obtained data is carried out, the expediency of using a cascade of networks as a means of forecasting is considered. The problems of the training sample are described, the prospect of developing an algorithm for determining the key predictive predictors of the training sample and using the algorithm for preprocessing the sample and training the cascade is considered.

**Keywords:** artificial neural network, prediction, sports result, neuron, prediction, learning algorithm, training sample, generalized regression neural network, neural network with radial basis functions, cascade neural network, cascade structure, Olympic Games, unofficial team standings, cascade

Зимние Олимпийские игры (ОИ) – самые крупные международные соревнования по зимним видам спорта. Проводятся Международным олимпийским комитетом (МОК) один раз в четыре года. На предстоящих XXIV Зимних Олимпийских играх (ОИ), которые пройдут в столице КНР г. Пекине будет представлено 15 видов спорта [1]. Во всех этих видах примут участие и спортсмены сборной Олимпийского комитета России (ОКР) [2].

Одной из главных и наиболее известных мер оценки результата национальной команды на Олимпийских играх является место в неофициальном командном зачете (НКЗ). НКЗ формируется по количеству золотых медалей либо по общему количеству медалей, которое выиграет команда. Официально НКЗ не признается организаторами игр, однако на сайте Олимпиады имеется возможность просмотра НКЗ в зависимости от различ-

ных критериев (золото, серебро, бронза, общее количество). Практически вся национальная спортивная система России (да и большинства других стран) в течение одного олимпийского четырёхгодичного цикла занимается подготовкой к следующим играм. По окончании игр результаты НКЗ оцениваются национальными спортивными федерациями, спортивными чиновниками из министерства спорта и большинством средств массовой информации (СМИ). Исходя из результатов оценки и делается вывод об успешности выступления.

Как правило, Национальный олимпийский комитет ставит перед олимпийской сборной определенный медальный план. Прогнозирование и планирование результатов медального плана требует материально-технических и экспертных ресурсов для обработки имеющихся данных и их анализа. Инструментом обработки большого объёма данных могут выступать различные математические методы и алгоритмы: методы Data Science [3], в том числе методы машинного обучения [4], аналитические и экспертные методы, средства и технологии прикладного искусственного интеллекта (ИИ) [5] и т.д. Одним из таких средств являются искусственные нейронные сети (ИНС). В предыдущих работах авторами описаны процедуры осуществления прогнозов в мультиспортивных событиях, где в качестве главного механизма формирования прогноза выступали сети с радиально-базисными функциями (RBF) и обобщенно-регрессионные нейронные сети (GRNN). Однако при подготовке обучающих выборок (ОВ) в индивидуальных видах спорта для данных ИНС возникают серьёзные проблемы, влияющие на точность прогнозирования. Кроме того, крайне важной задачей становится определение основных прогнозоформирующих факторов. Для решения указанных проблем авторами предлагается подход на основе ассемблирования (в частности, каскадирования) нескольких типов ИНС с анализом результатов в контрольных точках при попарной обработке данных. В качестве объекта прогнозирования выбрано выступление сборной ОКР на XXIV Зимних Олимпийских играх.

Целью проводимых исследований являются оптимизация и повышение точности процесса планирования спортивной подготовки сборных команд и прогнозирования неофициального медального зачёта в мультиспортивных состязаниях с использованием системы на основе ассемблирования (каскада) ИНС.

## Материалы и методы исследования

В предыдущих работах [6, 7] подробно описан процесс создания модели и прототипа программной системы, основанной на конвейеризации нескольких обрабатывающих модулей, причём каждый модуль уже содержит заранее обученную модель ИНС. При прогнозировании многопараметрических событий, например, достижений в индивидуальных видах спорта, обучающая выборка должна быть разбита на отдельные фрагменты, соответствующие типу ИНС в модуле. При этом фрагменты выборок могут полностью совпадать (дублироваться), совпадать частично или полностью отличаться. Предметное содержание фрагментов выборки может быть уникальным для каждого вида спорта или даже для каждого спортсмена.

На первом этапе исследований при проведении экспериментов с прототипом системы, содержащим только GRNN-сеть, либо только RBF-сеть [7–10], были выявлены следующие проблемы. Поскольку обобщенно-регрессионная нейросеть представляет собой, по сути, разновидность радиальных базисных нейронных сетей, то механизмы прогнозирования при её использовании обычно основаны на непараметрической регрессии [8]. Первый промежуточный слой сети GRNN состоит из радиальных элементов. Второй промежуточный слой содержит элементы, которые помогают оценить взвешенное среднее. Процесс обучения GRNN-сети аналогичен обучению RBF-сети. Первоначально настраиваются центры базисных функций, а затем с фиксированными параметрами RBF-нейронов обучается выходной слой. Идея состоит в том, что каждая обучающая выборка будет представлять собой среднее значение для радиального базового нейрона. Конечно, GRNN имеет некоторые преимущества: однопроходное обучение, высокая точность оценки благодаря использованию функций Гаусса и т.д. Однако основным недостатком GRNN-сети при прогнозировании является её размерность – для получения достойной точности требуется большое число нейронов в обоих слоях.

Нейронная сеть с радиально-базисными функциями (RBF) [9] строится с использованием радиальных нейронов, функция активации которых имеет ненулевые значения только в окрестностях своего центра. Поэтому аппроксимация с помощью таких сетей называется локальной аппроксимацией. Сеть с радиально-базисными функциями имеет двухслойную структуру. Первый слой составляют радиальные нейроны, выход-

ной слой – один или несколько линейных. Процесс обучения радиальной сети состоит из двух этапов. Укрупненно они выглядят следующим образом.

1) осуществляется подбор параметров радиальной функции для каждого радиального нейрона (в случае функции Гаусса – это центр и параметр ширины).

2) проводится подбор весов выходного слоя нейронов, второй слой сети производит оценку взвешенного среднего и определяет близость обучающего примера к локальному центру. Результат работы сети – значение степени близости входного вектора и локального центра.

Обучающая выборка для исследования функционирования указанных ИНС была сформирована на основе открытых источников из сети Интернет [11]. Обрабатываемые данные включают в себя наборы базовых и специализированных параметров главных претендентов на НКЗ начиная с 1979 г. (начало подготовки к Зимним ОИ 1980 г. в США). В соответствии с рекомендациями по формированию обучающих выборок, описанными в работах [12–14], выборка должна содержать данные о количестве видов спорта, в которых получены олимпийские лицензии спортсменами, результатах выступления спортсменов на мировых и европейских форумах, проводимых в преддверии Олимпиады, количестве жителей, ВВП на душу населения и т.д. Необходимо учитывать и фактор домашнего выступления сборных команд. Результирующий вектор, в зависимости от задачи прогноза, содержит либо место, занятое командой в общекомандном

зачёте, либо количество выигранных золотых (серебряных, бронзовых) медалей в виде целого числа. Полная обучающая выборка содержит векторы, соответствующие определённым зимним ОИ. Фрагмент результирующих векторов приведен на рис. 1.

Для проведения экспериментов в среде MATLAB разработаны два модуля, один из них на основе GRNN-сети, другой – на основе RBF-сети. Результаты экспериментов подробно рассмотрены в следующем разделе. Проблемой является невозможность учитывать динамически изменяемые (вновь получаемые) данные, которые могут существенно повлиять на результат прогноза. В данном случае, получая прогнозное значение золотых или серебряных медалей в НКЗ, невозможно добавить эти значения в какой-либо фрагмент обучающей выборки и вновь подать для обработки в GRNN или RBF-сеть. Ввиду особенностей рассматриваемых моделей их структура формируется под конкретную обучающую выборку. Если в первоначальной выборке не учитывался определенный предиктор (параметр), то невозможно добавить новый параметр в обучающую выборку. Это возможно только в процессе дообучения (переобучения) сети, а следовательно, потребуются формирование и новой структуры сети. В предложенной выборке параметры «количество серебряных медалей» и «количество бронзовых медалей» не учитывались, тогда как обычно место в НКЗ при равенстве у команд золотых медалей определяется по количеству медалей более «низкого достоинства».



Рис. 1. Фрагменты результирующих векторов

Применение каскада из модулей предполагает динамическое формирование промежуточных прогнозных значений, передачу их с одного яруса на другой и формирование итогового прогноза на основе набора промежуточных прогнозных значений. При этом все предикторы на первом ярусе каскада разбиваются на количество, равное количеству модулей первого яруса. Как уже было отмечено выше, на всех ярусах для каждого модуля обучающая выборка формируется отдельно, и модули обучаются заранее. Пример структуры каскада для рассматриваемого в работе эксперимента приведен на рис. 2.

Сформированная заранее обучающая выборка разбита на две части. В данной работе вариант разбиения основан только на экспертных оценках специалистов из ведущих федераций зимних видов спорта. Однако работоспособных вариантов может быть несколько, и в дальнейших экспериментах будут применяться подходы на основе метода определения предиктивных факторов, раз-

рабатываемого авторами в настоящее время. Первая обучающая выборка (рис. 2) содержит «спортивные» составляющие, такие как количество видов спорта, выбранных для данных ОИ, количество олимпийских лицензий у спортсменов определённой страны, результаты спортсменов перед Олимпиадой и т.п. Вторая обучающая выборка – это социальные показатели, отмеченные ранее (население, ВВП и т.п.). Третья обучающая выборка включает данные, сформированные на основе результирующих векторов предыдущих ярусов. Например, она содержит информацию о количестве золотых, серебряных и бронзовых медалей, которые «скорее всего» будут завоёваны спортсменами страны на предстоящей Олимпиаде. Дополнительными данными в третьей выборке являются векторизованные наборы экспертных параметров. Результирующим вектором для третьей выборки будет вектор, содержащий места в НКЗ, что и является целью применения прогнознй системы. Логическое разбиение ОВ представлено на рис. 3.

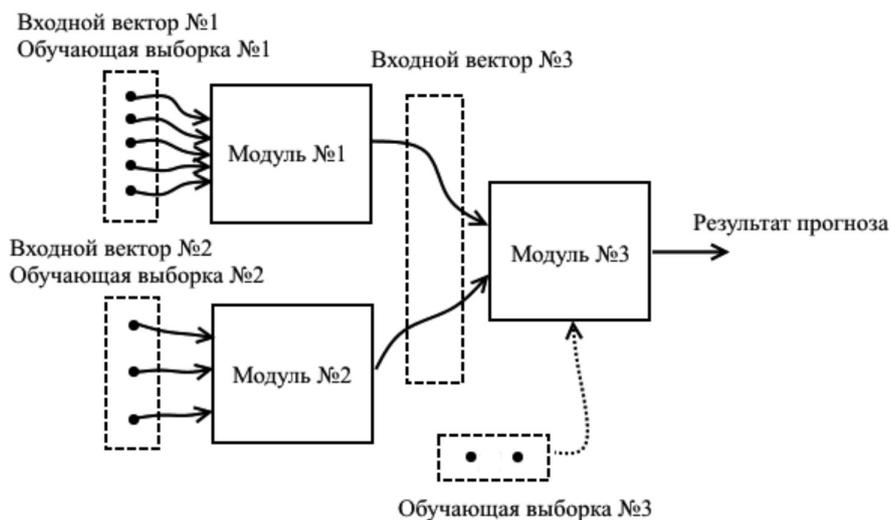


Рис. 2. Пример структуры каскада



Рис. 3. Вариант разбиения на три обучающие выборки

Авторами были спроектированы и реализованы в среде MATLAB различные конфигурации каскадов системы прогнозирования. Полученные программные модели занимают не более 6 Мбайт на жестком диске.

### Результаты исследования и их обсуждение

Эксперименты проводились на модели системы спортивного прогнозирования, имеющей двухъярусную структуру (рис. 2) и реализованную в среде MATLAB с использованием пакета Neural Network Toolbox. Нейронные сети RBF и GRNN были обучены с использованием рассмотренных в предыдущем разделе выборок.

Для анализа эффективности каскадирования модулей в табл. 1 представлены результаты работы «одномодульных» решений, на основе RBF-сети и GRNN-сети соответственно. Результаты RBF-сети представлены относительно параметра сглаживания (SPREAD), результаты GRNN-сети представлены относительно значений целевой ошибки обучения.

**Таблица 1**  
Результат работы отдельных сетей

RBF-сеть			
SPREAD	Результат прогноза (место)	Результат прогноза (золото)	Результат прогноза (серебро)
0,003	1	2	4
0,3	1,471	3,279	5,5134
3	2,24	6	6,2724
GRNN-сеть			
Целевая ошибка	Результат прогноза (место)	Результат прогноза (золото)	Результат прогноза (серебро)
0,001	4	8	6
0,01	4	8	6
10	5,4728	6,9642	6,3989

Для RBF-сети минимальная среднеквадратичная ошибка (MSE) обучения получена при значении параметра SPREAD = 0,003. При увеличении параметра более 0,3 MSE возрастает. Для GRNN-сети при увеличении параметра целевой ошибки более 1, минимальная среднеквадратичная ошибка обучения начинает возрастать, результат прогноза при этом искажается. Прогноз RBF-сети некорректно отражает возможный исход соревнований. Место в НКЗ для сборной ОКР, очевидно, не может быть первым всего при двух золотых медалях. Данная ситуация демонстрирует проявление следующей проблемы. Невозможность корректно оценивать результат медального прогноза (количество меда-

лей находится в результирующих векторах, а не в основной выборке) и прогнозировать с учётом этой «появляющейся» информации место в НКЗ. При использовании указанных моделей ИНС, чтобы добавить вновь полученные данные в обучающую выборку, придётся изменять её структуру. Такая возможность может быть не у каждого конечного пользователя программной системы.

Для повышения точности прогнозирования спортивных событий необходимо использовать системы с возможностью ассемблирования работающих модулей на основе различных моделей ИНС. Для предложенной структуры каскада (рис. 2) возможно несколько конфигураций системы. В данной работе рассмотрены четыре варианта архитектурно-структурных решений (рис. 4). В первом варианте на первом ярусе располагаются GRNN-сети, а на втором ярусе – RBF. Второй вариант предполагает размещение RBF-сетей на первом ярусе и GRNN – на втором. Третий и четвертый варианты – это каскады из сетей одинаковых моделей соответственно.

При построении системы прогнозирования с каскадной архитектурой для обучения модуля с радиально-базисными функциями используется значение SPREAD = 0,003, а для обучения модуля обобщенно-регрессионной нейронной сети – значение целевой ошибки, равное 0,001 соответственно. В ходе эксперимента значение параметров не изменяется. Фрагмент обучающей выборки для модуля первого яруса каскада, принимающего на вход спортивные параметры, приведен на рис. 5.

Прогноз результатов выступления сборной ОКР на XXIV Зимних Олимпийских играх с использованием всех вариантов конфигурации каскада приведен в табл. 2. Прогноз будет считаться актуальным, если игры пройдут в определенный организаторами срок, а сборная ОКР закроет все имеющиеся лицензии, то есть выступит в полном составе.

Время обучения модулей в данной работе не рассматривалось, однако ни в одном из проведенных экспериментов время не превышало 52,6 с. Время непосредственной работы каскада составило менее 6,13 с. Учитывая, что данный прогноз является как минимум среднесрочным, такое время незначительно. Задача сокращения времени обучения и времени непосредственной работы каскада (или отдельной сети) будет крайне актуальна в случае необходимости краткосрочного и сверхкраткосрочного прогнозирования, например, при выполнении ставок в букмекерских конторах.

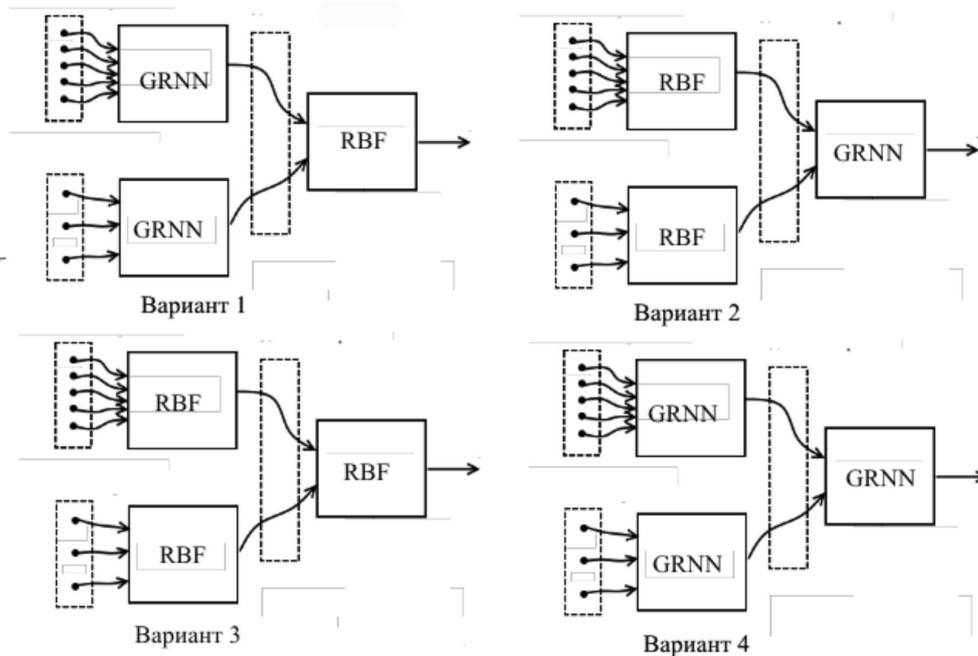


Рис. 4. Рассматриваемые конфигурации каскада



Рис. 5. Фрагмент обучающей выборки для модуля «спортивных параметров» первого яруса

Таблица 2

## Прогноз выступления сборной ОКР

Каскад	Результат прогноза (место)	Промежуточный результат прогноза (золото)	Промежуточный результат прогноза (серебро)
Вариант 1	2	8	11
Вариант 2	11	2	4
Вариант 3	4,25	2	4
Вариант 3	4	8	11

## Заключение

Применение нейросетевых моделей, как по отдельности, так и с ассемблированием модулей, конечно, перспективно. Од-

нако в некоторых случаях, при неполных или неправильно сформированных обучающих выборках, результат работы может оказаться, очевидно, недостаточно точным или даже некорректным. Частично эту про-

блему решает применение конфигурации сети на основе каскадирования и передачи динамически формируемых промежуточных прогнозных значений на последующие ярусы каскада. Уменьшение количества обрабатываемых параметров на первых уровнях системы позволяет сократить время обучения моделей и общее время получения прогноза. Использование преобработанных данных в модулях следующих уровней позволяет повысить точность прогнозирования, с учётом интерпретации задачи прогнозирования как задачи аппроксимации функции. Проблема преобработки обучающей выборки может быть решена классическими способами, например методом замены переменной (мода или медиана), методом отбрасывания неполных векторов и т.д.

Вторая проблема применения ИНС в прогнозировании – корректность обучающей выборки и определение наиболее значимых прогнозоформирующих предикторов. Данная проблема решается формированием отдельного «обучающего» алгоритма для формирования каскада, который определяет наиболее важные прогнозоформирующие предикторы после формирования основной структуры. Для определения ключевых предикторов используются промежуточные прогнозные данные на ярусах.

Имеющийся программный прототип системы прогнозирования на основе указанного подхода и используемых моделей продолжает дорабатываться и тестироваться [6]. Кроме того, по результатам испытаний разрабатывается алгоритм определения ключевых прогнозоформирующих предикторов, что позволит в дальнейшем значительно сократить объём как обучающих выборок, так и входных векторов для проведения прогнозирования. Сформулированы методические рекомендации по подготовке и структуризации обучающих выборок, а также особенностям применения различных моделей нейронных сетей в качестве инструмента спортивного прогнозирования.

## Список литературы

1. Зимние Олимпийские Игры. [Электронный ресурс]. URL: <https://bigenc.ru/sport/text/4145314> (дата обращения 30.10.2021).
2. Олимпийский комитет России. [Электронный ресурс]. URL: <https://olympic.ru/> (дата обращения 30.10.2021).
3. Силен Д., Мейсман А., Али М. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. СПб.: Питер, 2018. 336 с.
4. Бринк Х., Ричардс Д., Феверолф М. Машинное обучение. СПб.: Питер, 2018. 336 с.
5. Negnevitskiy M. Artificial intelligence, a guide to intelligent systems. Reading. MA. USA: Addison Wesley. 2005.
6. Крутиков А.К. Каскадная структура системы прогнозирования на основе различных моделей искусственных нейронных сетей // Южно-Сибирский научный вестник. 2021. № 1. С. 46–52.
7. Крутиков А.К. Прогнозирование результатов Всемирной Зимней универсиады 2019 с использованием искусственных нейронных сетей // Научное обозрение. Технические науки. 2019. № 2. С. 29–33.
8. Li-NaH.,Jing-ChangN.Researchesongrnnneuralnetwork in rf nonlinear systems modeling. Computational Problem-Solving (ICCP) 2011 International Conference on. IEEE. 2011. P. 1–4.
9. Жуков В.Г., Бухтояров В.В. О применении искусственных нейронных сетей с радиальными базисными функциями в задачах обнаружения аномалий в сетевом трафике // Решетневские чтения. 2013. Т. 2. № 17. С. 285–286. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21802174> (дата обращения 30.10.2021).
10. Крутиков А.К., Клюкин В.Л., Подковырин В.Д. Прогнозирование результатов XXXII Летних Олимпийских игр 2020 с использованием искусственных нейронных сетей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 3. С. 70–74.
11. Зимние Олимпийские игры [Электронный ресурс]. URL: <https://www.olympic-champions.ru/olympic/all/winter/> (дата обращения: 30.10.2021).
12. Не счастье золота? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.forbes.ru/forbes/issue/2004-08/20514-ne-schest-zolota> (дата обращения: 30.10.2021).
13. Ясницкий Л.Н., Павлов И.В., Черепанов Ф.М. Прогнозирование результатов Олимпийских игр 2014 года в неофициальном командном зачете методами искусственного интеллекта // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11206> (дата обращения: 03.12.2021).
14. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. М.: РИС, 2014. 496 с.

УДК 004.8

## ВЕКТОРНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СЛОВ РУССКОГО ЯЗЫКА ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СВЕРТОЧНОГО АВТОЭНКОДЕРА

Лихачев А.Ю., Трубянов А.Б.

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

Исследование было проведено при использовании моделей нейронных сетей на основе аналитических методов и проведения эксперимента. При построении моделей использовался язык программирования Python и фреймворк машинного обучения Keras, встроенный в TensorFlow (открытая программная библиотека для машинного обучения, разработанная компанией Google для решения задач построения и тренировки нейронных сетей). Результаты работы представляют собой модель сверточного автокодировщика, состоящего из энкодера и декодера. Представленная модель оптимизирована относительно архитектуры нейронной сети и набора гиперпараметров с точки зрения минимизации длины вектора представления и минимизации ошибок восстановления слов после расшифровки (декодера). Разработанная модель представлена в виде базы для обучения, состоящей из 6,807724 млн слов русского языка, программной реализации на языке Python, гиперпараметров модели, набора параметров обученной сети. Обученная модель, примененная к обучающей выборке, восстанавливает (расшифровывает) слова при уровне ошибок – 0%, примененная к тестовой выборке – 0,02%. Построенная модель может быть использована для построения алгоритмов обработки естественного языка, в том числе для разработки интеллектуального дистанционного электронного помощника по взаимодействию информационных систем с пользователем.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, обработка естественного языка, русский язык, сверточные нейронные сети, автокодировщик

## VECTOR REPRESENTATION OF WORDS OF THE RUSSIAN LANGUAGE WITH THE USE OF NEURAL NETWORK MODELS OF CONVOLUTIONAL AUTOENCODER

Likhachev A.Yu., Trubyanov A.B.

Mari State University, Yoshkar-Ola, e-mail: rector@marsu.ru

The study was conducted with the use of neural network models, on the basis of analytical methods and experimentation. The models were constructed with the use of the Python programming language and the Keras machine learning framework embedded in TensorFlow (an open software library for machine learning). The results present a convolutional autoencoder model, which consists of an encoder and a decoder. The presented model is optimized with respect to neural network architecture and the set of hyperparameters in terms of minimising the length of word embedding and minimising errors in words recovery after decoding. The developed model is presented as a training base consisting of 6.807724 million words of the Russian language, software implementation in the Python language, model hyperparameters and the set of parameters of the trained network. The trained model applied to the training set recovers (decrypts) words at the error level of 0%, and the model applied to the test set recovers at the error level of 0.02%. The constructed model can be used to develop algorithms of Natural Language Processing, including the development of remote intelligent digital assistant for interaction between information systems and a user.

**Keywords:** artificial intelligence, natural language processing, Russian language, convolutional neural networks, autoencoder

Векторное представление (векторизация) слов – представление слова в виде цифрового объекта в векторном пространстве – важнейший элемент при решении задач обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP). Главная парадигма такого представления зародилась на принципах дескриптивного направления структурной лингвистики, впервые сформулированных Л. Блумфилдом в 1920-х гг. Позднее на их основе З. Харрисом была сформулирована дистрибутивная гипотеза, основанная на идее, что слова, окруженные похожим контекстом, имеют схожее значение. Основываясь на дистрибутивной гипотезе, были получены различные варианты векторных

представлений слов. Некоторые исследователи группировали слова в кластеры в зависимости от их контекста, другие – представляли слова в виде сильно разреженных векторов очень большой размерности, в которых каждый элемент представлял собой степень связи слова с определенным контекстом [1]. Для уменьшения размерности разреженных векторов затем использовались различные математические методы, такие как сингулярное разложение (Singular Value Decomposition, SVD [2]) или латентное размещение Дирихле (Latent Dirichlet Allocation, LDA [3]). В начале XXI в. было предложено представлять слова в виде плотных векторов, полученных при помощи различных моделей нейрон-

ных сетей [4, 5], которые неплохо себя зарекомендовали для решения различных задач компьютерной лингвистики [6–8]. Среди методов векторного представления слов, основанных на моделях искусственных нейронных сетей, наибольшее распространение получили два алгоритма машинного обучения: CBoW (Continuous Bag of Words) и Skip-gram [5], реализованных в утилите word2vec группой исследователей Google в 2013 г. CBoW предсказывает слово исходя из окружающего его контекста, а Skip-gram предсказывает контекст исходя из текущего слова. Таким образом, выделяют четыре принципиальных подхода к векторизации слов. Первый – это классический подход «мешка слов» (bag-of-words), в котором текст представляется как множество слов, игнорируя грамматику и даже порядок слов в тексте. Этот подход успешно используется при решении задачи классификации текстов. Второй – это тематическое моделирование, упомянутое выше [2], основанное на латентном размещении Дирихле. Третий подход основан на нейронально-вероятностных языковых моделях, оценивающих функцию вероятностей совместной встречаемости слов в языке. В связи с высокой размерностью таких моделей, они, как правило, реализуются в виде n-грамм – объединения очень коротких перекрывающихся последовательностей, наблюдаемых в обучающем наборе. Этот подход, в сущности, реализован в утилите word2vec. И, наконец, четвертый подход получает в настоящее время наибольшее распространение благодаря огромному росту моделей нейронных сетей. Он основан на неконтролируемом обучении с учителем на основе больших библиотек входных данных, используя различные нелинейные многослойные операторы. В данной работе реализуется именно этот подход. В качестве модели нейронной сети используется сверточная нейронная сеть, хорошо зарекомендовавшая себя в задачах компьютерного зрения. В отличие от рекуррентных нейронных сетей, которые в последнее время получили наибольшее распространение в задачах векторного представления слов, в сверточных нейронных сетях используется нелинейное представление исходных данных. В связи с этим целью данной работы является построение модели сверточного автокодировщика для векторного представления слов русского языка. Для того чтобы обучить модель сверточного автокодировщика, необходимо представить слова в виде двумерного массива. Нами предложено три варианта такого представления и прове-

дено их сравнение. Разработаны пять различных моделей архитектуры сверточной нейронной сети. Проведена оптимизация гиперпараметров и опций нейронной сети, таких как размер партии (batch size) и размер ядра (kernel size).

Автокодировщик (автоэнкодер, autoencoder) – модель нейронной сети, для которой количество нейронов на входном и выходном слое одинаковое. Основная задача автоэнкодера получить как можно меньшее количество нейронов на скрытом слое, при этом сохранить максимальную близость значений входного и выходного слоя. Структурно автоэнкодер состоит из энкодера и декодера. Энкодер преобразует входной сигнал в набор весов скрытого слоя ( $a_i$ ), размерность которого значительно меньше размера входного слоя ( $x$ ). Декодер восстанавливает исходный сигнал ( $\hat{x}_j$ ) из элементов скрытого слоя ( $a_j$ ). При этом ошибка восстановления (реконструкции) сигнала  $E_r = L(x, \hat{x})$ , являющаяся функцией различий входного и выходного слоя, и число нейронов скрытого слоя  $L_v$  являются основными параметрами, относительно которых происходит оптимизация нейронной сети.

Задача автоэнкодера состоит не столько в уменьшении размерности представления данных, сколько в поиске некоторых закономерностей в них. В связи с этим автокодировщик строится в предположении наличия некоторых закономерностей в исходном сигнале. Если бы исходный набор состоял из признаков, которые были бы независимы один от другого, то задача сжатия и реконструкции исходных данных была бы крайне сложной. В целом задача энкодера в большой степени схожа с задачей классического статистического метода главных компонент (Principal component analysis, PCA) и идентична ей в случае, если исключить из каждого слоя нелинейную функцию активации. Различие состоит в том, что метод главных компонент пытается обнаружить низкоразмерную гиперплоскость, которая описывает исходные данные, в то время как автоэнкодеры ведут поиск зависимостей в виде нелинейных многообразий, то есть непрерывных непересекающихся поверхностей.

Основной задачей данного исследования является сжатие исходного представления слова до вектора как можно меньшей длины (обозначим  $L_v$ , vector length) при условии минимизации ошибок при восстановлении слова из полученного вектора (обозначим  $E_r$ , recovery error). Для проверки работы нейронной сети имеющийся словарь, состоящий из 6 807 724 слов, был разделен на обучающую и тестовую выборки в соотношении 90% и 10% соответственно.

### Материалы и методы исследования

В настоящей работе были использованы модели сверточных нейронных сетей (Convolutional Neural Networks, CNNs, ConvNets), которые показали себя достаточно успешно в задачах классификации изображений [9]. Основная идея сверточной нейронной сети состоит в том, что каждый нейрон сверточного слоя связан только с частью соседних нейронов входного слоя, размер этой части называется размером ядра свертки (kernel size, receptive field) и двигается по входному слою с некоторым шагом (stride). Необходимо иметь целое число нейронов на выходе после сверточного слоя реализуется в добавлении к граничным точкам входного слоя определенного количества нулей (zero-padding). Практически это означает целочисленный результат вычислений по формуле

$$\frac{W - F + 2 \cdot P}{S} + 1,$$

где  $W$  – размер входного слоя,  $F$  – размер ядра,  $P$  – размер заполненного нулями приграничного пространства,  $S$  – шаг, на который смещается ядро свертки.

Как правило, сверточные нейронные сети применяются к анализу изображений, представляющих собой трехмерную матрицу, имеющую ширину и высоту (размер изображения в пикселях), а также глубину, размер которой равен 3 (по числу каналов в цветовой модели RGB). В связи с этим для применения сверточной нейронной сети к текстовым данным необходимо решить задачу представления слов в матричном виде. Предложены и апробированы 3 варианта матричного представления слов.

В первом варианте матричное представление слова реализуется с использованием порядка буквы слова в алфавите и самом кодируемом слове. К основному алфавиту добавлен дефис, а также цифры 0 и 1. Таким образом, слово представлено в виде матрицы размером  $36 \times 36$ , состоящей из 1296 нулей и единиц.

Второй подход для матричного представления слова основан на кодировке букв алфавита в виде шестимерного вектора в двоичной системе счисления. В этой кодировке помимо букв русского алфавита добавлены дефис, пробел, цифра ноль, а также метка конца слова, состоящая из шести нулей. При таком варианте слово представлялось в виде матрицы размером  $28 \times 6$ , состоящей из 168 нулей и единиц.

Недостатком первого и второго подхода является ограниченность их использования только русским алфавитом. При этом рас-

ширение алфавита в первом подходе приведет к колоссальному росту числа элементов матрицы. В связи с этим необходимость добавления других алфавитов может быть удовлетворена за счет модификации второго подхода. Идея представления слова остается той же, только вместо шестимерного двоичного вектора используется вектор большей размерности. Чтобы придать данной кодировке большую универсальность, берется код символа в системе UNICODE и переводится из шестнадцатеричной системы счисления в двоичную. В результате такого представления слово кодируется матрицей размера  $28 \times 16$ , состоящей из 448 нулей и единиц.

В общем виде модель нейронной сети выглядит следующим образом:

$$Y = f(W \cdot X + B),$$

где  $X$  – входной сигнал на текущий слой нейронной сети,  $f$  – функция активации,  $Y$  – выходной сигнал со слоя нейронной сети,  $W$  и  $B$  – параметры нейронной сети, точкой обозначено скалярное умножение. Обучение нейронной сети, по сути, сводится к подбору параметров, минимизирующих значение функции ошибок. Как правило, для оптимизации параметров используется метод стохастического градиентного спуска. Суть его состоит в том, что после каждой итерации значения параметром изменяют на некоторую величину в направлении, противоположном градиенту функции ошибок. В качестве функции ошибок (loss function) была выбрана бинарная кросс-энтропия (binary crossentropy), вычисляемая по формуле

$$Loss = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i \cdot \log \hat{y}_i + (1 - y_i) \cdot \log (1 - \hat{y}_i)],$$

где  $n$  – число нейронов выходного слоя,  $\hat{y}_i$  – нейроны выходного слоя модели,  $y_i$  – точные значения.

При обучении весь набор данных делится на партии. Размер такой партии (batch size) влияет на качество и скорость обучения. Завершенный процесс, когда весь набор данных один раз прошел через нейронную сеть, называется эпохой (epoch). Кроме того, в случае сверточной нейронной сети на качество и скорость модели влияет также размер ядра свертки. Все эти и многие другие значения, влияющие на процесс подбора параметров сети, называют гиперпараметрами, то есть гиперпараметры – это «параметры, управляющие параметрами».

Словарь для обучения нейронной сети для векторизации слов, используемый в настоящей работе, состоит из более чем

6,8 млн слов. В связи с этим для обучения нейронной сети даже за одну эпоху требуются большие затраты машинной памяти. Поэтому была разработана функция, оптимизирующая обучение нейронной сети с точки зрения затрат машинной памяти и времени обучения – генератор партий (batch generator). Данный генератор загружает заранее подготовленные данные и по частям отправляет их в нейронную сеть.  $Y$  – это массив имён файлов, состоящих из заранее подготовленных данных. Как только один из элементов  $Y$  пройдёт обучение, то память очищается и загружается следующий элемент списка. Использование данного механизма позволяет в разумные сроки производить обучение рассмотренных выше моделей нейронных сетей.

### Результаты исследования и их обсуждение

В работе были построены несколько вариантов автокодировщиков в зависимости от структуры, содержания и количества слоев нейронной сети, а также от формы матричного представления исходных данных. Наиболее удачными оказались 5 вариантов моделей.

**Модель I.** Энкодер данной модели состоит из входного слоя, использующего первый тип матричного представления слоя, линейаризирующего слоя Flatten, в котором происходит простая стыковка строк входной матрицы в линейный вектор, а также полносвязного слоя Dense. Декодер данной модели также содержит полносвязный слой и разворачивает полученный вектор обратно в матрицу при помощи функции Reshape.

Сеть была обучена на словаре, состоящем из 350 000 слов. Процент ошибок на тренировочных данных  $E_r = 0.086\%$ , на тестовых данных  $E_r = 0.611\%$ . Длина вектора представления слова после энкодера  $L_v = 72$ .

**Модель II.** Данная модель представляет собой, собственно, сверточный автоэнкодер. Энкодер состоит из входного слоя, использующего первый тип матричного представления слова и трехкратного последовательного применения сверточного слоя (convolution layers) и слоя подвыборки (субдискретизирующий слой, subsampling layers, pooling layers). Ядро сверточного слоя имеет размер  $3 \times 3$ . Размер фильтра для слоя подвыборки  $2 \times 2$ , шаг равен 2. В качестве функции для слоя подвыборки использована функция максимума. Суть слоя подвыборки состоит в уплотнении нейронов предыдущего слоя сети. В данном случае в каждом неперекрывающемся квадрате  $2 \times 2$  матрицы, полученной с предыдущего

слоя, выбирался наибольший элемент. Декодер модели практически симметричен энкодеру, за исключением замены слоя подвыборки, понижающего дискретность данных, слоем, повышающим эту дискретность (upsampling). Повышение дискретности изображения происходит простым дублированием каждого элемента предыдущего слоя до матрицы размера  $2 \times 2$ . Сеть была обучена на словаре, состоящем из 300 000 слов. Процент ошибок на тренировочных данных  $E_r = 0,042\%$ , на тестовых данных  $E_r = 0,263\%$ . Длина вектора представления слова после энкодера  $L_v = 800$ .

**Модель III.** Энкодер данной модели использует на входном слое второй тип матричного представления слова. Далее осуществляется непосредственно свертка (Conv2D), функция активации ReLU (Rectified Linear Unit), слой нормализации (BatchNormalization), линейаризирующий слой (Flatten) и полносвязный слой (Dense). Слой Leaky ReLU (выпрямитель с «утечкой») реализует пороговый переход в нуле, данная функция активации задается формулой  $f(x) = \begin{cases} x, & \text{при } x \geq 0 \\ \alpha \cdot x, & \text{при } x < 0 \end{cases}$ . В качестве

параметра  $\alpha$  выбрано значение 0,2. Слой нормализации производит центрирование и нормирование данных, поступающих с предыдущего слоя, а затем их линейное преобразование по формулам

$$y_i^{(k)} = \gamma^{(k)} \cdot \hat{x}_i^{(k)} + \beta^{(k)},$$

$$\hat{x}_i^{(k)} = \frac{x_i^{(k)} - \mu^{(k)}}{\sqrt{(\sigma^{(k)})^2 + \epsilon}},$$

$$\mu^{(k)} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i^{(k)},$$

$$(\sigma^{(k)})^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i^{(k)} - \mu^{(k)})^2,$$

где  $k = \overline{1, d}$ ,  $d$  – размерность данных,  $\epsilon$  – сколь угодно малая константа, обеспечивающая численную устойчивость,  $m$  – число элементов слоя, параметры  $\gamma^{(k)}$  и  $\beta^{(k)}$  обучаются итерационно в процессе оптимизации сети.

Декодер состоит из полносвязного слоя, слоя развертки в матрицу (Reshape), обратного сверточного слоя (Conv2DTranspose), функции активации LeakyReLU, слоя нормализации (BatchNormalization), еще одного обратного сверточного слоя и функции акти-

вации «сигмоида», возвращающей данные в диапазон  $[0, 1]$  для восстановления слова.

Сигмоида задается формулой  $\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$

и характеризуется тем, что переводит значения в диапазон  $[0, 1]$ . Сеть была обучена на словаре, состоящем из 6 807 710 слов. Процент ошибок на тренировочных данных  $E_r = 0\%$ . Длина вектора представления слова после энкодера  $L_v = 72$ .

**Модель IV.** Данная модель на входном слое использует второй тип матричного представления слова. Далее идет сверточный слой, свертка происходит только по одной оси (Conv1D) – по номеру буквы в слове, функция активации Leaky ReLU, нормализация, линейаризация и полносвязный слой. Декодер состоит из входного слоя, полносвязного слоя, слоя развертки вектора в матрицу, свертки по одной оси, активации LeakyReLU, нормализации, еще одной одномерной свертки. Завершается декодер функцией активации сигмоида, переводящей значения в диапазон  $[0, 1]$  для восстановления слова. Сеть была обучена на словаре, состоящем из 2 414 871 слов. Процент ошибок на тренировочных данных  $E_r = 0,000\%$ , на тестовых данных  $E_r = 0,022\%$ . Длина вектора представления слова после энкодера  $L_v = 96$ .

**Модель V.** Энкодер данной модели на входном слое использует третий подход матричного представления слов. Он со-

стоит из свертки по двум осям (Conv2D), функции активации LeakyReLU, нормализации, линейаризации и полносвязного слоя. Декодер представлен полносвязным слоем, слоем развертки вектора в матрицу, обратной свертки, функции активации LeakyReLU, нормализации, еще одной обратной свертки. Завершается декодер функцией активации сигмоида, переводящей значения в диапазон  $[0, 1]$  для восстановления слова. Сеть была обучена на словаре, состоящем из 6 807 726 слов. Процент ошибок на тренировочных данных  $E_r = 0,000\%$ . Длина вектора представления слова после энкодера  $L_v = 128$ .

Как уже было сказано выше, размер партии влияет на качество и скорость обучения моделей нейронных сетей. В связи с этим было проведено сравнение моделей с разными значениями этих гиперпараметров. Для Модели II график зависимости потерь (binary crossentropy) от количества эпох приведен на рис. 1. Для Модели II, использующей первый вариант представления слова в виде матрицы размером  $36 \times 36$ , наилучшим значением параметра batch size оказалось 256.

Для Модели III график зависимости потерь (loss) от количества эпох приведен на рис. 2. Наилучший размер партии для этой модели, использующей второй вариант представления слова в виде матрицы  $28 \times 6 = 1024$ .

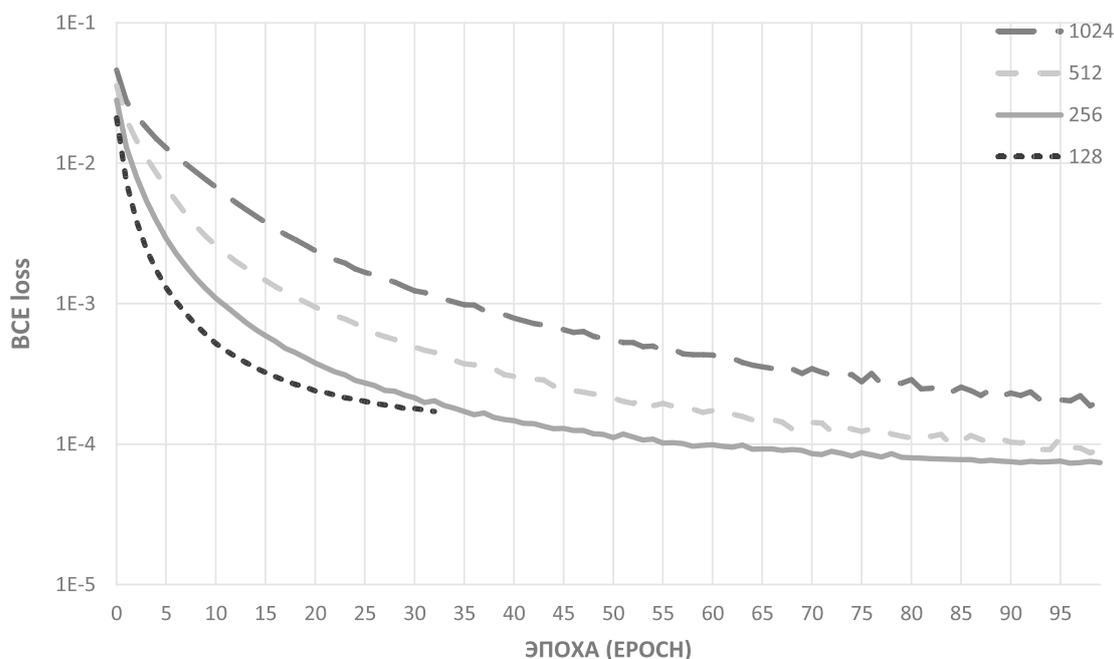


Рис. 1. Модель II нейронной сети с разным числом партий

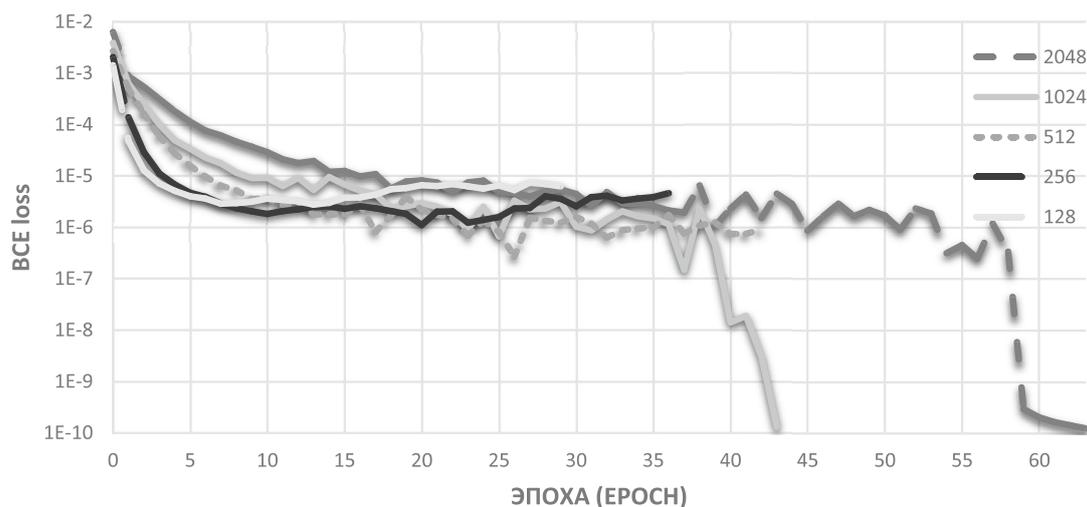


Рис. 2. Модель III нейронной сети с разным числом партий

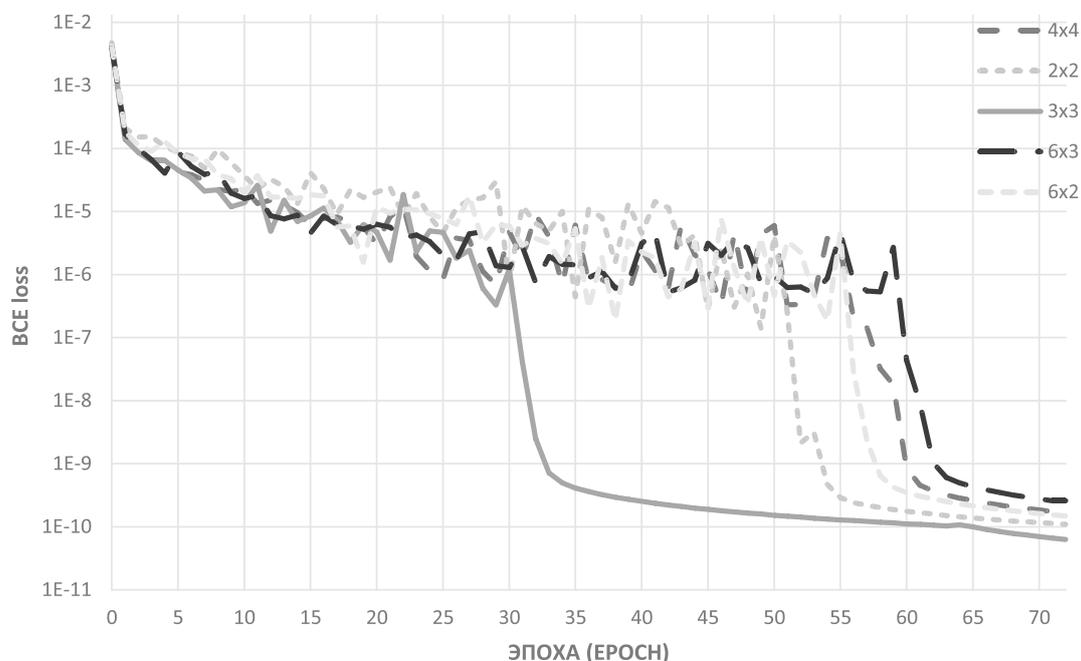


Рис. 3. Модели III нейронной сети в зависимости от размера ядра свертки

Оптимизация гиперпараметра сверточной нейронной сети – размер ядра свертки проводилась с точки зрения точности и скорости обучения. Скорость обучения рассматривалась с двух различных позиций: непосредственно затраченного машинного времени и количества эпох для достижения максимальной точности. Для Модели III нейронной сети брали в качестве размера ядра 3 варианта квадратной матрицы (2×2, 3×3, 4×4) и 3 варианта прямоугольной матрицы (6×2, 2×6, 6×3). Выбор размера пря-

моугольного ядра обусловлен вторым типом представления слова в виде матрицы размером 28×6. Наилучшие результаты были получены для размеров ядра 6×3 и 2×2. Результаты представлены на рис. 3.

Аналогичные исследования проведены для модели V. В качестве размера ядра были выбраны 3 тех же самых варианта квадратной матрицы (2×2, 3×3, 4×4) и 2 варианта прямоугольной (16×2 и 16×3). Результаты представлены на рис. 4. Лучшей оказалась модель с размером ядра свертки 3×3.

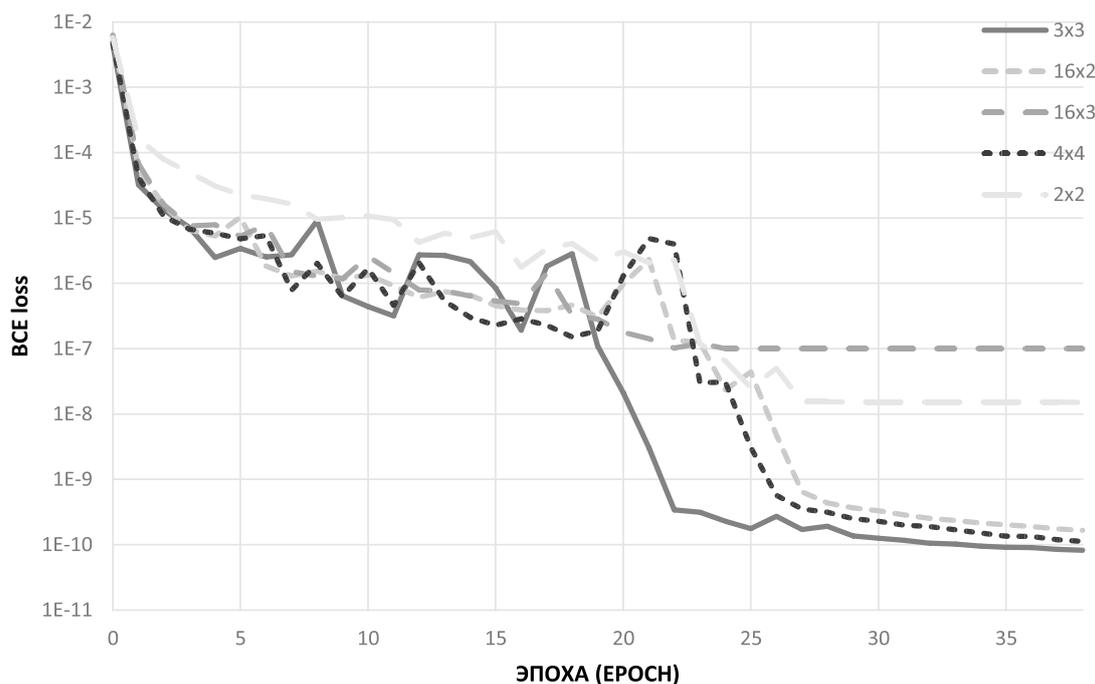


Рис. 4. Модели V нейронной сети в зависимости от размера ядра свертки

#### Сводные гиперпараметры моделей и результаты обучения

Модель	Размер партии	Размер ядра свертки	Размер словаря для обучения	Размер вектора после энкодера	Процент ошибок на обучающей выборке	Процент ошибок на тестовой выборке	Число эпох	Время обучения	Функция активации	Функция ошибки	Размер входной матрицы
I	1024	–	350 000	96	0.086%	0.611%	369	0:22:47	relu	binary crossentropy	36×36
II	256	3×3	300 000	(5,5,32)	0.265%	0.289%	100	1:07:47	relu	binary crossentropy	36×36
III	1024	3×3	6 807 710	72	0.000%	–	44	1:09:28	LeakyReLU	binary crossentropy	28×6
IV	1024	3	2 414 871	96	0.000%	0.022%	96	2:03:47	LeakyReLU	binary crossentropy	6×28
V	1024	3×3	6 807 726	128	0.000%	–	39	2:47:11	LeakyReLU	binary crossentropy	28×16

#### Заключение

Задача векторизации слов является ключевым этапом создания интеллектуальных автоматических систем взаимодействия с пользователем. С использованием нейросетевых моделей удалось решить эту задачу с приемлемой точностью. Построив более 50 различных моделей автокодировщиков на основе искусственных нейронных сетей, было выбрано 5 моделей, приведенных выше, которые используют разные типы архитектуры нейронных сетей и разные способы представления входных данных в виде матрицы. Проведена оптимизация гиперпараметров сети batch size и kernel

size, а также разработан механизм, позволяющий обучать большие словари данных (batch generator). Сводные результаты моделей приведены в таблице.

Наиболее универсальной является Модель V, использующая UNICOD, для кодировки символов и позволяющая расширить данную модель на многоязычные тексты. Кроме того, в данной модели кодируются не только буквы национальных алфавитов, но и знаки препинания, специальные символы и др. Обучение данной модели на всем словаре, состоящем из более чем 6,8 млн слов, заняло чуть менее трех часов машинного времени. При этом все слова после декодирования восстанавливаются

без ошибок. Размер вектора представления слова равен 128. Следующим этапом в решении глобальной задачи создания системы взаимодействия с пользователем является векторизация предложения. В качестве матричного представления предложений может быть использован вектор слова после энкодера. Таким образом, матричное представление предложений для обучения автокодировщика будет иметь размерность  $m \times 28$ , где  $m$  – максимальное число слов в предложении.

#### Список литературы

1. Bullinaria J.A., Levy J.P. Extracting semantic representations from word co-occurrence statistics: A computational study. *Behavior Research Methods*. 2007. Vol. 39. No. 3. P. 510–526.
2. Baroni M., Lenci A. Distributional memory: A general framework for corpus-based semantics. *Computational Linguistics*. 2010. Vol. 36. No. 4. P. 673–721.
3. Cohen R., Goldberg Y., Elhadad M. Domain adaptation of a dependency parser with a class-class selectional preference model. In *Proceedings of ACL 2012 Student Research Workshop (ACL '12)*. Association for Computational Linguistics. 2012. P. 43–48.
4. Mikolov T., Kombrink S., Burget L., Cernocky J.H., Khudanpur S. Extensions of recurrent neural network language model. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. 2011. P. 5528–5531.
5. Mikolov T., Sutskever I., Chen K., Corrado G.S., Dean J. Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In *Advances in Neural Information Processing Systems 26: 27th Annual Conference on Neural Information Processing Systems 2013. Proceedings of a meeting held December 5–8, 2013, Lake Tahoe, Nevada, United States*, 2013. P. 3111–3119.
6. Collobert R., Weston J., Bottou L., Karlen M., Kavukcuoglu K., Kuksa P. Natural language processing (almost) from scratch. *The Journal of Machine Learning Research*. 2011. Vol. 12. P. 2493–2537.
7. Socher R., Pennington J., Huang E.H., Ng A.Y., Manning C.D. Semi-supervised recursive autoencoders for predicting sentiment distributions. In *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Association for Computational Linguistics, USA, 2011. P. 151–161.
8. Al-Rfou R., Perozzi B., Skiena S. Polyglot: Distributed word representations for multilingual NLP. In *Proc. of CoNLL 2013*. P. 183–192.
9. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Advances in Neural Information Processing Systems 25 (NIPS 2012)*. [Electronic resource]. URL: <http://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks> (date of access: 27.11.2021).

УДК 004.942

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ МЕТОДОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АВТОМАТНЫХ МОДЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГЕБРЫ ГИПЕРРАЗМЕРНЫХ ВЕКТОРОВ

<sup>1</sup>Мартышкин А.И., <sup>1</sup>Трокоз Д.А., <sup>1</sup>Пашенко Д.В., <sup>1</sup>Калашников В.А., <sup>2</sup>Синев М.П.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,

Пенза, e-mail: Alexey314@yandex.ru, dmitriy.trokoz@gmail.com,

dmitry.pashchenko@yandex.ru, mymailfordev@gmail.com;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: mix.sinev@gmail.com

В данной статье рассматривается проблема развития микроэлектроники из-за физического и экономического предела по закону Мура. В качестве решения данной проблемы приводятся алгоритмы на базе алгебры гиперразмерных векторов, так как алгоритмы на базе алгебры гиперразмерных векторов устойчивы к появлению в разрядах регистров мусорных значений, которые критичны при вычислениях классическими алгоритмами. Использование алгоритмов на базе гиперразмерных векторов позволяет увеличить частоты вычислительного устройства, не изменяя токопотребления, и способно давать верный результат несмотря на появление мусорных значений в регистрах вычислительного устройства. В статье поднимается вопрос малой изученности методов кодирования сложных систем в формате автоматов на базе алгебры гиперразмерных векторов. В данной работе представлена инструментальная программная система поддержки методологии проектирования сложных систем на основе автоматных моделей с использованием алгебры гиперразмерных векторов. Предложены методы формализованного описания систем в виде систем канонических уравнений для кодирования в гиперразмерный вектор и описание алгоритмов трансформации формализованного описания с использованием алгебры гиперразмерных векторов, а также алгоритмы вычисления текущего состояния графа, представленного как гиперразмерный вектор. Продемонстрирована работа программной инструментальной среды путем кодирования и симуляции целевой системы.

**Ключевые слова:** гиперразмерные векторы, алгебра гиперразмерных векторов, моделирование систем, программная среда моделирования, закон Мура

## DESIGNING THE TOOLING SOFTWARE SYSTEM FOR SUPPORTING THE METHODOLOGY OF DESIGNING COMPLEX SYSTEMS BASED ON AUTOMATIC MODELS USING THE ALGEBRA OF HYPERDIMENSIONAL VECTORS

<sup>1</sup>Martyshkin A.I., <sup>1</sup>Trokoz D.A., <sup>1</sup>Paschenko D.V., <sup>1</sup>Kalashnikov V.A., <sup>2</sup>Sinev M.P.

<sup>1</sup>Penza State Technological University, Penza, e-mail: Alexey314@yandex.ru, novoselich93@mail.ru,

dmitry.pashchenko@yandex.ru, mymailfordev@gmail.com;

<sup>2</sup>Penza State University, Penza, e-mail: mix.sinev@gmail.com

This article discusses the problem of the development of microelectronics due to the physical and economic side-chapel according to Moore's law. As a solution to this problem, algorithms based on the algebra of hyperdimensional vectors are presented, since algorithms based on the algebra of hyperdimensional vectors are resistant to the appearance of garbage values in the register bits, which are critical in calculations by classical algorithms. The use of algorithms based on hyperdimensional vectors allows you to increase the frequencies of the computing device without changing the current consumption and are able to give the correct result despite the appearance of garbage values in the registers of the computing device. The article raises the question of the low level of knowledge of methods for coding complex systems in the format of automata based on the algebra of hyperdimensional vectors. This paper presents an instrumental software system for supporting the methodology of designing complex systems based on automata models using the algebra of hyperdimensional vectors. Methods of formalized description of systems in the form of systems of canonical equations for coding into a hyperdimensional vector and a description of algorithms for transforming a formalized description using the algebra of hyperdimensional vectors, as well as algorithms for calculating the current state of a graph represented as a hyperdimensional vector are proposed. Demonstrated the work of the software tool environment by coding and simulation of the target system.

**Keywords:** hyperdimensional vectors, algebra of hyperdimensional vectors, system modeling, simulation software, Moore's law

В настоящее время четко прослеживается вектор развития индустрии вычислительной техники. С каждым годом вычислительные машины становятся всё более производительными, а их габариты уменьшаются. Вместе с последними экспоненциально растут вычислительные мощности, позволяющие обрабатывать все большие объемы информации. Однако сегодня про-

изводители высокопроизводительных вычислительных систем подошли к пределу по закону Мура. Дальнейшее уменьшение размеров транзисторов будет невозможно физически и нецелесообразно экономически. Уже сейчас производители центральных процессорных устройств (ЦПУ) увеличивают производительность за счет увеличения потребляемой энергии и опти-

мизации в архитектуре. Попытки снизить токопотребление при сохранении высокой производительности приводят к росту числа ошибок в значимых битах регистров ЦПУ и последующему критическому сбою всей системы. Однако алгоритмы, построенные на алгебре гиперразмерных векторов, способны справиться с такими ошибками, так как потеря значимости нескольких бит не влияет на валидность результата вычислений [1]. Данное обстоятельство позволяет создать вычислительное устройство с аппаратной поддержкой алгебры гиперразмерных векторов, которое будет работать на высоких частотах, но с низким токопотреблением, что, в свою очередь, увеличит показатель полезных вычислений на ватт потребленной энергии.

Исходя из вышеописанного, в данной работе представлена разработанная программная инструментальная среда, которая производит симуляцию моделей при помощи алгебры гиперразмерных векторов. Объектом исследования являются алгоритмы кодирования и вычисления состояний автомата при помощи алгебры гиперразмерных векторов. Разработанные алгоритмы позволяют успешно закодировать в вектор любой объект для дальнейших вычислений. Это позволит проектировать эвристические системы на базе нейросети, которая сможет принимать любые данные для вычислений, закодированные в гиперразмерный вектор, что решает проблему позиционирования данных [2].

### Материалы и методы исследования

В качестве способа кодирования целевых систем используется автоматная модель. Абстрактные автоматы – вычислительные машины, представленные в виде математических моделей, осуществляющие обработку информации по заданному алгоритму [3–6]. Самым распространённым способом представления абстрактных автоматов является графический способ. Автомат представляется как граф, где вершинами представляются все возможные состояния автомата, а стрелками – переходы между состояниями [7, 8]. В качестве примера графического представления автомата на рис. 1 продемонстрирован граф автомата D-триггера.

Разработанная инструментальная программная система позволяет моделировать системы путем кодирования в виде абстрактного автомата. В отличие от большинства существующих решений, инструментальная система моделирования представляет целевую систему в векторно-символьной архитектуре.

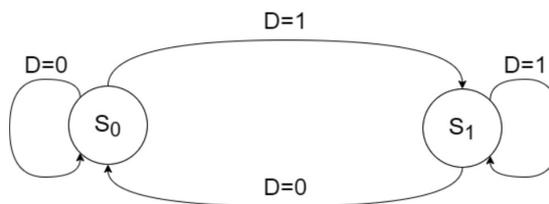


Рис. 1. Графическое представление работы D-триггера

Гиперразмерный вектор представляет собой двоичный вектор высокой размерности, который содержит случайную последовательность нулей и единиц, полученную с использованием равномерного закона распределения. Основной метрикой, которая используется при сравнении двух гиперразмерных векторов, является расстояние Хэмминга. Считается, что два гиперразмерных вектора не пересекаются, если расстояние Хэмминга  $\geq 0,5$ . Если расстояние Хэмминга  $< 0,5$ , то это говорит о том, что сравниваемый HD-вектор входит в результирующий.

Для симуляции поведения целевой системы в программе используются операции алгебры гиперразмерных векторов, такие как сложение векторов, умножение векторов, очищение результирующего вектора от шума. Одним из преимуществ использования векторно-символьной архитектуры является оптимальная алгоритмическая сложность вычисления активных состояний при представлении целевой системы в формате недетерминированного автомата.

Возможность представлять все активные состояния автомата одним гиперразмерным вектором описывается свойствами алгебры гиперразмерных векторов.

### Описание элементов интерфейса

Интерфейс программы состоит из окна ввода блока управления, окна ввода системы канонических уравнений и окна симуляции, где отображается граф автомата целевой системы [9, 10]. Окно программы продемонстрировано на рис. 2.

Блок управления программой состоит из следующих кнопок:

- 1) кнопка сохранения закодированной целевой системы в файл;
- 2) кнопка загрузки целевой системы из файла;
- 3) кнопка запуска кодирования системы уравнений в граф автомата;
- 4) таблица сигналов для установки их значений.

На рис. 3 продемонстрирован блок кнопок управления программой.



Рис. 2. Окно системы моделирования систем



Рис. 3. Кнопки управления программой

Блок управления симуляцией состоит из следующих кнопок:

- 1) кнопка запуска симуляции;
- 2) кнопка пошаговой симуляции;
- 3) кнопка остановки симуляции, если симуляция была запущена по кнопке 1;
- 4) кнопка сброса системы в исходное состояние.

На рис. 4 продемонстрирован блок кнопок управления симуляцией



Рис. 4. Кнопки управления симуляцией

#### Описание и демонстрация работы среды моделирования

Были разработаны алгоритмы кодирования целевой системы путём парсинга систе-

мы канонических уравнений (СКУ) [11, 12]. СКУ задаются как набор формул в нормальной дизъюнктивной форме (ДНФ). В качестве операндов самого уравнения выступают конъюнкты, состоящие из предыдущего состояния и выходного сигнала предыдущего состояния, само же уравнение приравнивается к новому состоянию. Количество конъюнктов определяет количество вершин графа автомата, из которых осуществляется переход.

После ввода СКУ пользователем происходит кодирование в векторно-символьную архитектуру. Для каждого состояния  $S_i$  и сигнала  $X_i$  генерируются случайные гиперразмерные вектора, далее происходит расчет вектора всего автомата  $A$  по формуле (1). При этом операции конъюнкции и дизъюнкции заменяются на операции умножения и сложения соответственно. Для кодирования однонаправленного перехода из первоначального состояния в следующее в представлении векторно-символьной архитектуры, используется операция циклического битового сдвига вправо, обозначенного в формулах как функция  $sr(V, n)$ , где  $V$  – входной  $n$  – количество бит, на которое сдвигается входной вектор  $V$ .

$$A = \sum_{i=1}^S S_i \times x_i \times sr(S_{i-1}, 1). \quad (1)$$

После завершения кодирования пользователь может начать пошаговую симуляцию. Причем вычисления происходят исключительно с HD-векторами сигналов и состояний автомата. Вычисление следующего состояния системы производится по формуле

$$S_n = sr(S_{n-1} \times x_{in} \times A, -1), \quad (2)$$

$S_n$  – следующее состояние автомата;  
 $S_{n-1}$  – предыдущее состояние автомата;  
 $x_{in}$  – входной сигнал, по которому автомат переходит в состояние  $S_n$ .

Для вычисления следующих активных состояний на шаге симуляции при представлении целевой системы в виде недетерминированного автомата, используется формула (3). Здесь и в дальнейших формулах используется знак приближения, поскольку в действительности будет получена сумма, содержащая помимо векторов частных состояний автомата, образующих вектор очередного обобщенного состояния недетерминированного конечного автомата, также ряд векторов, представляющих собой шум, т.е. векторы, неподобные ни к одному

из векторов частных состояний или входных сигналов автомата.

$$Q_n \approx \sum_{i=1}^{Q_{n-1}} sr(S_i \in Q_{n-1} \times x_i \in \sum_{in} \times A, -1), \quad (3)$$

$Q_n$  – результирующий вектор с активными состояниями;

$Q_{n-1}$  – множество предыдущих состояний автомата;

$S_i$  – предыдущее состояние;

$x_i$  – входной сигнал, по которому автомат переходит в состояние  $S_i \in Q_{n-1}$ .

$\sum_{in}$  – множество входных сигналов, при которых недетерминированный автомат входит в активные состояния  $Q_n$ .

Для демонстрации взаимодействия пользователя с системой на рис. 5 представлена UML-диаграмма последовательности.

Для демонстрации вычислений в векторно-символьной архитектуре, в качестве примера опишем абстрактную информационную систему в виде графа, продемонстрированного на рис. 6.

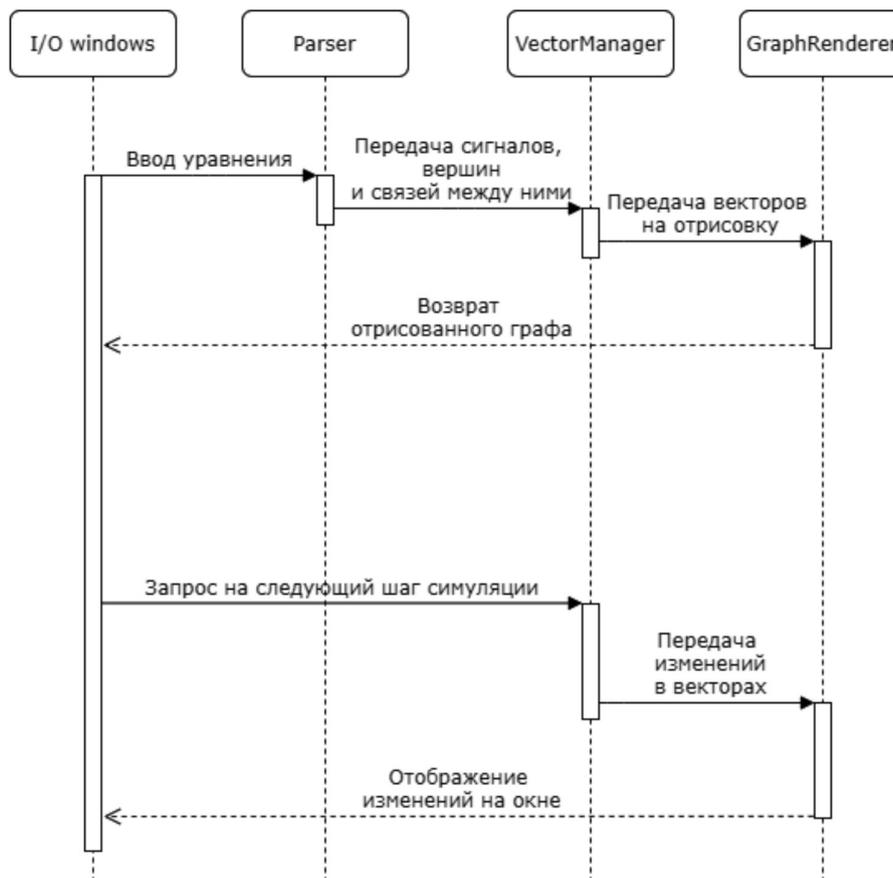


Рис. 5. Диаграмма последовательности работы системы

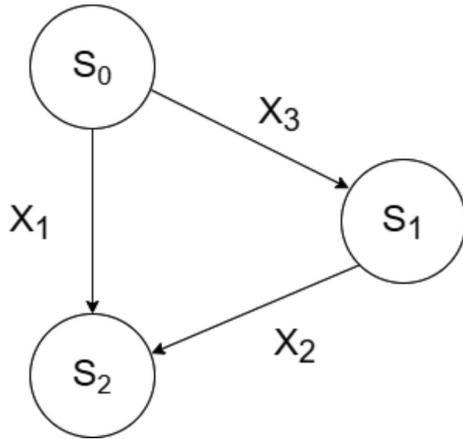


Рис. 6. Граф автомата системы

Граф целевой информационной системы можно представить в виде СКУ, описанной формулами

$$S_1 = S_0 \wedge x_3, \quad (4)$$

$$S_2 = (S_1 \wedge x_2) \vee (S_0 \wedge x_1). \quad (5)$$

После трансформации в векторно-символьную архитектуру у нас выходит следующая СКУ, представленная формулами

$$S_1 \approx sr(S_0 \times x_3 \times A, -1), \quad (6)$$

$$S_2 \approx sr(S_1 \times x_2 \times A, -1) + sr(S_0 \times x_1 \times A, -1). \quad (7)$$

Но для симуляции необходимо найти вектор всего автомата  $A$ , вычисляемый по формуле

$$A = S_0 \times x_3 \times sr(S_1, 1) + S_1 \times x_2 \times sr(S_2, 1) + S_0 \times x_1 \times sr(S_2, 1). \quad (8)$$

После ввода уравнения в систему и кодирования в векторно-символьную архитектуру, программа вывела граф, продемонстрированный на рис. 7.

После установки для всех сигналов значения 1, запускается пошаговая симуляция. После перехода из активного состояния  $S_0$ , автомат перешел в сразу несколько активных состояний  $S_1$  и  $S_2$ . Развернутый расчет следующих активных состояний автомата представлен по формуле

$$sr((S_0 + S_1 + S_2) \times (S_1 \times x_3 \times sr(S_0, -1)) \times x_3, 1) + sr((S_0 + S_1 + S_2) \times (S_2 \times x_1 \times sr(S_0, -1)) \times x_1, 1) = S_1 + S_2 + noise. \quad (9)$$

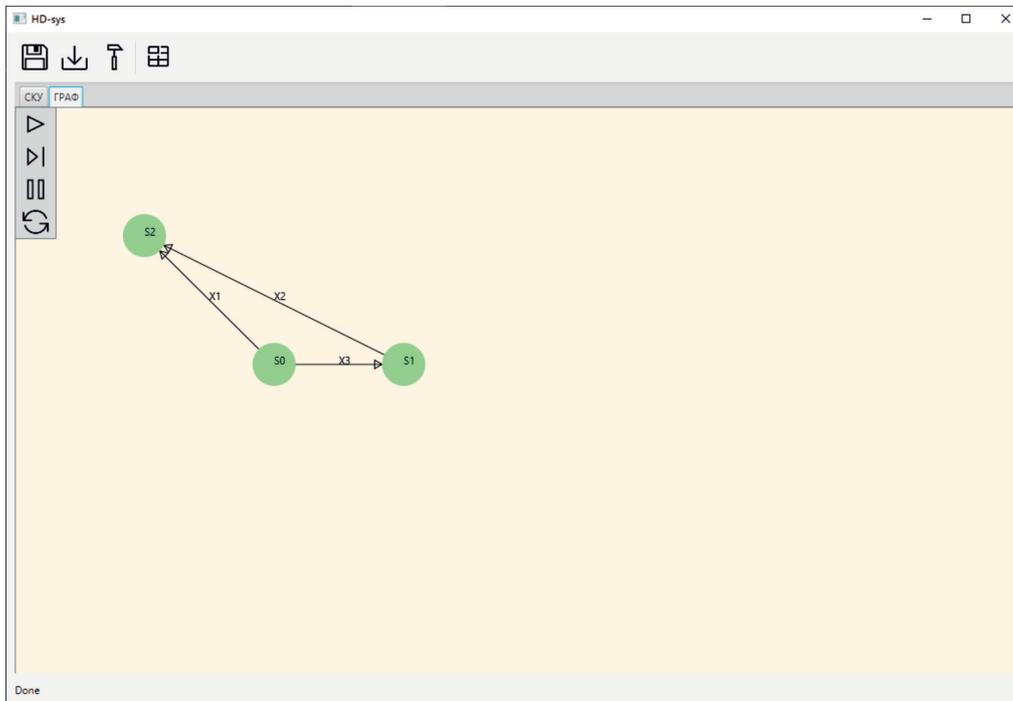


Рис. 7. Граф автомата системы в программе

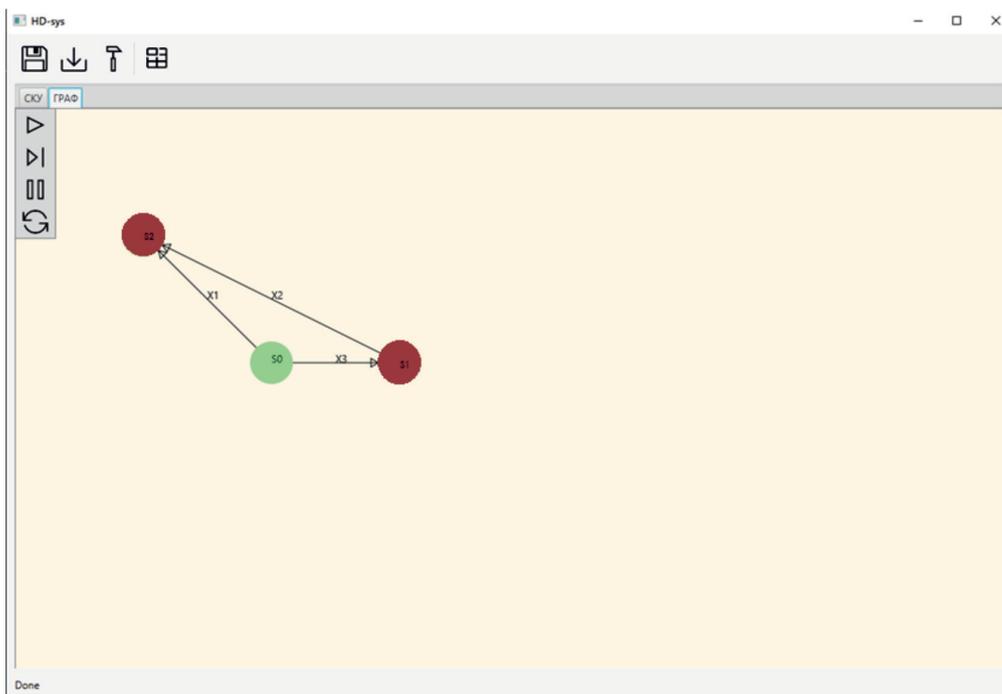


Рис. 8. Симуляция системы на шаге 2

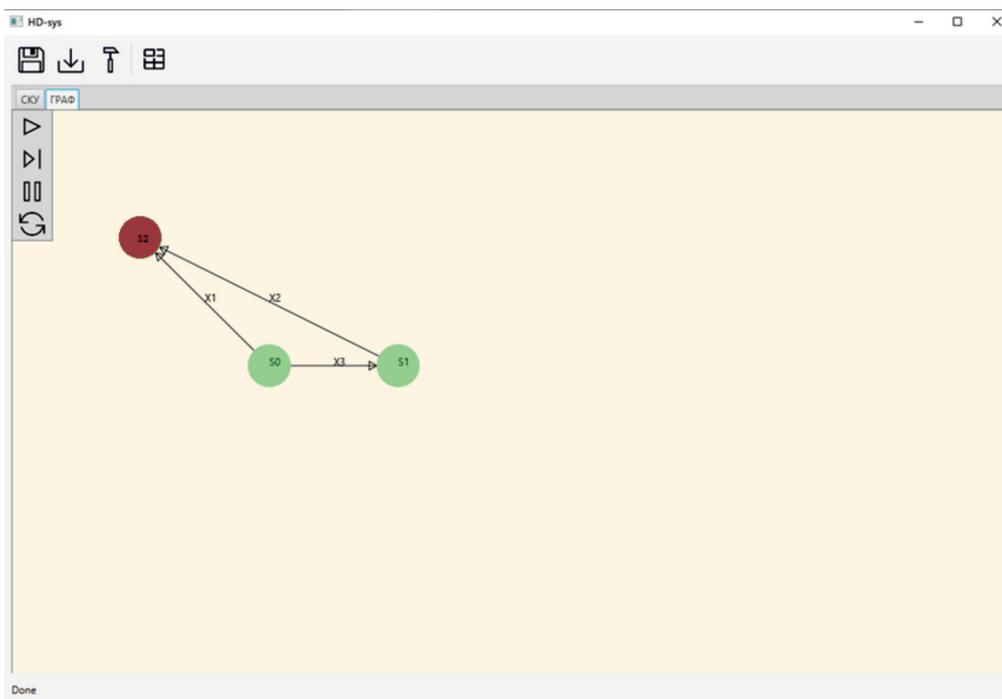


Рис. 9. Симуляция системы на последнем шаге

Результат перехода продемонстрирован на рис. 8.

Следующий шаг симуляции перевел автомат в состояние  $S_2$ , после чего симуляция завершилась. Последний шаг симуляции продемонстрирован на рис. 9.

## Выводы

Разработанная программная инструментальная среда моделирования позволяют решить задачу моделирования комплексных систем в виде недетерминированного ко-

нечного автомата с множеством состояний. В рассмотренном примере представлена простейшая автоматная модель, позволяющая проследить процесс гиперразмерных вычислений в ходе формирования результирующего вектора. Для реальных практических задач, в которых соответствующие недетерминированные автоматные модели имеют тысячи и десятки тысяч состояний, переходы между которыми идут параллельно, возникает проблема высоких вычислительных затрат.

Предложенный в работе метод моделирования процессов переходов для недетерминированного конечного автомата за счет избыточности представления позволит в будущем применять аппаратные решения, обладающие высоким уровнем параллелизма и быстродействия, но при этом некоторой долей ошибок вычислений без внедрения дополнительных методов их коррекции.

Таким образом, развитие теории гиперразмерных вычислений со временем обеспечит возможность перехода к принципиально иным уровням быстродействия вычислительных устройств.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-00516 А.*

#### Список литературы

1. Kanerva P. Hyperdimensional computing: An introduction to computing in distributed representation with high-dimensional random vectors. *Cognitive Computation* 1 (2). 2009. P. 139–159.
2. Пашенко Д.В., Трокоз Д.А., Мартышкин А.И., Синев М.П. Использование алгебры гиперразмерных векторов для эвристического представления данных при обучении широких нейронных сетей // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: материалы XXI Международной конференции (Самара, 3–6 сентября 2019 г.). Самара: Издательство ООО «Офорт», 2019. С. 301–305.
3. Трокоз Д.А., Исхаков Н.В., Синев М.П., Митрохин М.А., Сивишкина Н.О. Темпоральный анализ киберфизических систем с использованием теории автоматов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2019. Т. 8. № 3. С. 113–117.
4. Вашкевич Н.П., Бикташев Р.А. Недетерминированные автоматы и их использование для реализации систем параллельной обработки информации: монография. Пенза: ПГУ, 2016. 391 с.
5. Захаров Н.Г., Рогов В.Н. Синтез цифровых автоматов. Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2003. 135 с.
6. Скиена С. Алгоритмы. Руководство по разработке. СПб.: БХВ-Петербург, 2017. 720 с.
7. Синев М.П., Мартышкин А.И., Трокоз Д.А. Исследование и анализ подходов к организации параллельных вычислений в распределенных системах // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2020. Т. 9. № 2. С. 95–104.
8. Новосельцев В.Б., Соколова В.В. Обработка рекурсивных данных конечными автоматами // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 7. С. 130–133.
9. Прохоренко Н. JavaFX. СПб.: БХВ-Петербург, 2020. 768 с.
10. Блох Д. Java: эффективное программирование, 3-е изд. СПб.: ООО «Диалектика», 2019. 464 с.
11. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ, 2-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2013. 1296 с.
12. Макконнелл С. Совершенный код: Практическое руководство по разработке программного обеспечения. М.: Русская редакция БХВ, 2017. 896 с.

УДК 004.94

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Медведев А.В.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, e-mail: alexm\_62@mail.ru

Построена оптимизационная линейная динамическая модель управления социально-экономическими системами в форме двухкритериальной многошаговой задачи линейного программирования. Кратко изложена исследовательская концепция, основанная на комбинации кибернетического подхода (использующего модель циркуляции в системе потоков доходов и расходов экономических агентов) и оптимизационного метода, выявляющего инвестиционный и производственный потенциал системы путем построения алгоритмически задаваемой производственной функции и максимизации соответствующей целевой функции. Приведены содержательная постановка и результаты формализации решаемой задачи оптимального управления в виде уравнений движения фазовых переменных, ограничений на фазовые и управляющие переменные, охарактеризован социально-экономический смысл используемых ограничений и целевых критериев. Произведен анализ построенной модели с точки зрения существования решения и используемых методов его получения, а также возможностей разработки автоматизированных программных комплексов, обеспечивающих полный параметрический анализ построенной модели. Подчеркнута возможность сведения двухкритериальной задачи к эквивалентной ей однокритериальной задаче с выпуклой линейной сверткой критериев, что открывает путь решения исходной многокритериальной задачи эффективными численными методами, разработанными для решения задачи линейного программирования. Сделан вывод о возможности разработки, на базе построенной модели и наличия эффективных алгоритмов ее анализа, систем поддержки принятия решений при управлении развитием социально-экономических систем.

**Ключевые слова:** социально-экономическая система, экономическая динамика, многокритериальная многошаговая задача линейного программирования, автоматизированный программный комплекс, численный анализ, система поддержки принятия решений

## DYNAMIC LINEAR OPTIMAL CONTROL MODEL INVESTMENT AND PRODUCTION PROCESSES IN SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

Medvedev A.V.

Kemerovo State University, Kemerovo, e-mail: alexm\_62@mail.ru

An optimization linear dynamic model of management of socio-economic systems in the form of a two-criterion multistep linear programming problem has been built. A research concept based on a combination of a cybernetic approach (using a model of circulation in the system of income and expenditure flows of economic agents) and an optimization method that identifies the investment and production potential of the system by constructing an algorithmically specified production function and maximizing the corresponding objective function is briefly outlined. Substantial formulation and results of formalization of the optimal control problem being solved in the form of equations of phase variables motion, restrictions on phase and control variables are given, the socio-economic meaning of the used equations and restrictions and target criteria is characterized. The analysis of the constructed model is carried out from the point of view of the existence of the solution and the methods used to obtain it, as well as the possibilities of developing automated software systems that provide a complete parametric analysis of the constructed model. The possibility of reducing a two-criterion problem to an equivalent one-criterion problem with a convex linear convolution of criteria is emphasized, which opens the way for solving the original multicriteria problem by effective numerical methods developed for solving a linear programming problem. It is concluded that it is possible to develop, on the basis of the constructed model and the availability of effective algorithms for its analysis, decision support systems for managing the development of socio-economic systems.

**Keywords:** socio-economic system, economic dynamics, multicriteria multistep linear programming problem, automated software package, numerical analysis, decision support system

Изучение социально-экономических систем (СЭС) требует рассмотрения множества сложных процессов в экономике – инвестиционных, производственных, финансовых, управленческих, а также учета интересов различных участников – производителей, потребителей, управленцев, инвесторов, социума и пр., и поэтому весьма затруднительно без разработки математических моделей указанных процессов в целом, а также их участников в частности. Так как функционирование СЭС происходит

во времени, то его полноценное описание требует использования динамических моделей [1] или комбинации динамических и статических моделей [2, 3]. В настоящее время сохраняется значительный поток публикаций, описывающих различные методы анализа моделей СЭС [4, 5], особенности функционирования макроэкономических [6] и мезоэкономических [7] систем, содержащих краткие обзоры моделей [8], а также освещающих другие содержательные аспекты развития СЭС. Вместе с тем большин-

ство публикаций касается отдельно либо концептуальных вопросов моделирования, либо построения различных моделей СЭС, либо алгоритмов их численного анализа, и, соответственно, имеется незначительное количество работ системного характера, например [9], в которых рассматривается весь комплекс аналитических инструментов: концепция, математические модели, методы и алгоритмы их анализа, с выходом на разработку систем поддержки принятия решений (СППР). Следует отметить, что математические модели в приведенных выше публикациях имеют ряд особенностей, зачастую затрудняющих разработку соответствующих СППР, ориентированных на оперативную экспертную поддержку оптимальных решений при управлении развитием СЭС или выявление оптимального баланса циркулирующих в них потоков. В частности, в моделях [6, 7] рассматривается динамика экономического процесса в форме системы соотношений Р. Соллоу с заранее заданной возрастающей производственной функцией (преимущественно в виде Кобба – Дугласа), не выявляющей его жизненный цикл. Динамические модели, описанные, например, в [8], не являются оптимизационными, модель [9] является примером нелинейных задач экономической динамики, в которых, вообще говоря, затруднена разработка численных алгоритмов их анализа, устойчиво работающих с ростом размерности задачи, и т.д.

### Материалы и методы исследования

Системный подход к изучению развития СЭС, на наш взгляд, является наиболее целесообразным, если имеется содержательно адекватная и достаточно универсальная общая модель СЭС, которая может быть подвергнута сбалансированному по скорости и точности расчетов численному анализу в условиях практически значимых размерностей. Это предполагает, в свою очередь, исследование теоретических вопросов доказательства существования решения задачи и тем самым обоснования возможности и целесообразности разработки СППР. В работе [3] описан комплекс инструментов (подход, модели, алгоритмы и системы поддержки принятия решений по управлению развитием СЭС), учитывающий перечисленные недостатки и явившийся результатом исследований, проводимых в Сибирском государственном университете науки и технологий (г. Красноярск) и Российском экономическом университете (Кемеровский институт) в течение 2005–2021 гг.

Развитие информационных технологий, очевидно, актуализирует разработку

СППР в процессе управления сложными СЭС, что, в свою очередь, стимулирует разработку моделей и алгоритмов их численного анализа, сбалансированный комплекс которых может лежать в основе СППР, востребованных конечными пользователями. Ниже рассматриваются сформулированные в рамках концепции работ [2, 3] содержательная постановка задачи и новая математическая модель оптимального управления функционированием СЭС в форме многошаговой задачи линейного программирования (МЗЛП) вида

$$x(t+1) = A(t)x(t) + B(t)u(t) - s(t); x(0) = a,$$

$$C(t)x(t) + D(t)u(t) \leq h(t); u(t) \geq 0;$$

$$J_p = \sum_{t=0}^{T^0-1} [(a(t), x(t)) + (b(t), u(t))] + \\ + (a(T^0), x(T^0)) \rightarrow \max,$$

где  $u(t) = [u_l(t)]$  и  $x(t) = [x_i(t)]$  – управляющий и фазовый векторы соответственно;  $A(t) = [a_{ij}(t)]$ ;  $B(t) = [b_{il}(t)]$ ;  $C(t) = [c_{kj}(t)]$ ;  $D(t) = [d_{kl}(t)]$ ;  $a = [a_i]$ ;  $s(t) = [s_i(t)]$ ;  $h(t) = [h_k(t)]$ ;  $a(t) = [a_i(t)]$ ;  $b(t) = [b_l(t)]$ ; ( $i, j = 1, \dots, n$ ;  $l = 1, \dots, r_p$ ;  $k = 1, \dots, m_p$ ;  $t = 0, \dots, T^0$ );  $r_p$ ,  $m_p$  и  $T^0$  – размерность вектора  $u(t)$ , количество ограничений и шагов соответственно;  $(\cdot, \cdot)$  – операция скалярного произведения векторов. МЗЛП может решаться с помощью алгоритмов, основанных на оптимизационных принципах Беллмана и Понтрягина, с помощью методов теории дифференциальных игр [4]. Применяя к представленной МЗЛП z-преобразование, ее можно привести к соответствующей задаче линейного программирования (ЗЛП) как на бесконечном [2], так и на конечном [5] горизонтах планирования, причем полученная ЗЛП сохраняет ряд фундаментальных свойств исходной динамической задачи, с одной стороны, а с другой – позволяет разрабатывать эффективные алгоритмы ее теоретического и численного анализа [3]. В работе [10] изложен алгоритм численного решения МЗЛП симплекс-методом путем перехода к эквивалентной ЗЛП большой размерности.

Охарактеризуем социально-экономическое содержание решаемой задачи. Пусть в территориально-производственной системе рассматривается инвестиционно-производственный проект (ИПП), в котором предполагается производство продукции (товаров и/или услуг)  $n$  видов с заданными рыночными ценами ее единицы и стоимостными оценками спроса, причем каждый вид продукции, в соответствии с принципом чистых отраслей, производится с использованием

$n$  комплектов основных производственных фондов (КОПФ) заданной стоимости, сроков полезного использования и производительности. Проект реализуется в несколько этапов: начальный, инвестиционный, инвестиционно-производственный и производственный (постинвестиционный). Указанная система функционирует в условиях, связанных с ограниченностью используемых ресурсов инвестиционного, производственного, финансового, социального характера. Необходимо определить (как в целом, так и по отдельным видам продукции) оптимальные суммы инвестиций, объемы производимой продукции каждого вида, а также режимы финансирования процессов в СЭС, при которых максимизируется дисконтированная добавленная стоимость рассматриваемого проекта на заданном горизонте планирования. В качестве экономических агентов СЭС, как правило, выступают разнообразные производственные и территориально-производственные структуры (предприятия, территории, их объединения в форме корпораций, холдингов, отраслей, кластеров и пр.), а также социум и региональный управляющий (налоговый) центр. При взаимодействии указанных экономических агентов возникает конфликт интересов, обусловленный тем, что в рыночной экономике целью производственных структур является максимизация прибыли или другого показателя качества экономической деятельности, тогда как основная экономическая цель управляющего центра – максимизация налоговых поступлений в бюджет от деятельности производителя, а социума – увеличение своего благосостояния, экономической основой которого является оплата его труда, которые, в свою очередь, снижают прибыль производителя. Иначе говоря, так как доходы одних агентов являются расходами других, многокритериальное принятие управленческих решений является необходимым даже в относительно простом случае двух или трех участников соответствующего процесса. Помимо этого, в социально-экономических процессах существенными, определяющими направление их развития, становятся такие факторы, как необходимость достаточной для обеспечения комфортной жизни социума сохранности окружающей природной среды и планеты в целом. Сложность рассматриваемой глобальной задачи и заставляет исследователей разрабатывать математические модели, эффективные алгоритмы их анализа и программно-аналитические комплексы поддержки принятия инвестиционных,

производственных и финансовых решений при управлении СЭС [3, 11].

### Результаты исследования и их обсуждение

Приведем результаты формализации описанной выше задачи оптимального управления СЭС, состоящей из производственно-территориальной системы и налогового центра (НЦ). Здесь и далее (если не указано особо) счетчик  $k$  пробегает значения от 1 до  $n$  или, иначе,  $k = 1, \dots, n$ . Пусть  $u_k(t)$  ( $t = T^2, \dots, T-1$ ),  $u_{n+k}(t)$  ( $t = T^2, \dots, T-1$ ),  $u_{2n+1}(t)$  ( $t = 0, \dots, T-1$ ),  $u_{2n+2}(t)$  ( $t = 0$ ) – соответственно стоимость приобретаемых КОПФ и выручка от продажи продукции  $k$ -го вида, кредиты и дотации на обеспечение проекта функционирования СЭС;  $x_k(t)$ ,  $x_{n+1}(t)$ ,  $x_{n+2}(t)$ ,  $x_{n+3}(t)$  ( $t = 0, \dots, T$ ) – соответственно накопленная стоимость КОПФ  $k$ -го вида, остаточная стоимость всех КОПФ, текущие денежные средства предприятия и накопленные суммы кредитов в момент  $t$ ;  $P_k(t)$ ,  $V_k(t)$ ,  $T_k(t)$ ,  $c_k(t)$ ,  $\delta_k(t) = P_k(t)V_k(t)/c_k(t)$  ( $t = 1, \dots, T$ ) – соответственно рыночная цена единицы продукции, производительность, срок полезного использования, стоимость, фондоотдача КОПФ  $k$ -го вида в моменты  $t$ ;  $q_k(t+1)$  ( $t = T^2, \dots, T-1$ ) – прогнозный спрос на продукцию  $k$ -го вида в стоимостном выражении для момента  $t+1$ ;  $I_0$ ,  $K_0$ ,  $D_0$  – соответственно максимальные суммы инвестиций, кредитов и дотаций, выделяемых на весь срок действия ИПП;  $\alpha_i$  ( $i = 1, \dots, 5$ ) – соответственно ставки налогов на добавленную стоимость (НДС), на имущество (НИ), на прибыль (НП), взноса в страховые социальные фонды, а также определяемая спецификой проекта совокупная ставка других налоговых и неналоговых затрат;  $\beta_k(t)$  – доля общепроизводственных затрат, выделяемая на фонд оплаты труда (ФОТ) при производстве продукции  $k$ -го вида в момент  $t$ ;  $p_k(t)$  – доля общепроизводственных затрат, относимая на оборотные затраты при производстве продукции  $k$ -го вида в момент  $t$ ;  $T^1, T^2, T$  ( $1 \leq T^2 \leq T^1 \leq T$ ) – соответственно моменты завершения инвестиций, начала производства и срок действия ИПП;  $r_1, r_2, r_{cp}, r_0$  – годовые ставки дисконтирования потоков ИПП в периоды установки оборудования (строительства), производства и кредита соответственно;  $\delta$  ( $0 \leq \delta \leq 1$ ) – экспертно определяемая доля остаточной стоимости всех КОПФ от ее балансовой стоимости на момент  $t = T$ . Математическая модель сформулированной задачи описывается следующей системой соотношений:

$$x_k(t+1) = x_k(t) + u_k(t) \quad (k = 1, \dots, n; t = 0, \dots, T-1), \quad (1)$$

$$x_{n+1}(t+1) = x_{n+1}(t) + \sum_{k=1}^n u_k(t) \quad (t = 0, \dots, T^2 - 1), \quad (2)$$

$$x_{n+1}(t+1) = -\sum_{k=1}^n x_k(t) / T_k + x_{n+1}(t) + \sum_{k=1}^n u_k(t) \quad (t = T^2, \dots, T - 1), \quad (3)$$

$$x_{n+2}(t+1) = x_{n+2}(t) - \sum_{k=1}^n u_k(t) + u_{2n+1}(t) + u_{2n+2}(t) + I_0 \quad (t = 0), \quad (4)$$

$$x_{n+2}(t+1) = x_{n+2}(t) - \sum_{k=1}^n u_k(t) + u_{2n+1}(t) \quad (t = 1, \dots, T^2 - 1), \quad (5)$$

$$x_{n+2}(t+1) = -\sum_{k=1}^n \theta_{1k}(t) x_k(t) / T_k + x_{n+2}(t) - \sum_{k=1}^n u_k(t) + \sum_{k=1}^n \theta_{2k}(t) u_{n+k}(t) + u_{2n+1}(t) \quad (t = T^2, \dots, T^1 - 1), \quad (6)$$

$$x_{n+2}(t+1) = -\sum_{k=1}^n \theta_{1k}(t) x_k(t) / T_k + x_{n+2}(t) + \sum_{k=1}^n \theta_{2k}(t) u_{n+k}(t) + u_{2n+1}(t) \quad (t = T^1, \dots, T - 1), \quad (7)$$

$$x_{n+3}(t+1) = x_{n+3}(t) + u_{2n+1}(t) \quad (t = 0, \dots, T^1 - 1), \quad (8)$$

$$x_{n+3}(t+1) = x_{n+3}(t) \quad (t = T^1, \dots, T - 1), \quad (9)$$

$$x_k(0) = 0 \quad (k = 1, \dots, n+3), \quad (10)$$

$$x_{n+2}(t) \geq 0 \quad (t = 1, \dots, T), \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^n x_k(T^1) \leq I_0, \quad (12)$$

$$x_{n+3}(T-1) \leq K_0, \quad (13)$$

$$u_{n+k}(t) \leq q_k(t+1) \quad (k = 1, \dots, n; t = T^2, \dots, T - 1), \quad (14)$$

$$u_{n+k}(t) \leq \delta_k x_k(t) \quad (k = 1, \dots, n; t = T^2, \dots, T - 1), \quad (15)$$

$$u_{2n+2}(0) \leq D_0, \quad (16)$$

$$u_k(t) \geq 0 \quad (k = 1, \dots, n; t = 0, \dots, T - 1), \quad u_{n+k}(t) \geq 0 \quad (k = 1, \dots, n; t = T^2, \dots, T - 1), \quad (17)$$

$$u_{2n+1}(t) \geq 0 \quad (t = 0, \dots, T - 1), \quad u_{2n+2}(t) \geq 0 \quad (t = 0), \quad (18)$$

$$J_1 = \sum_{t=T^2}^{T-1} \frac{-\sum_{k=1}^n \theta_{1k}(t) x_k(t) / T_k + \sum_{k=1}^n \theta_{2k}(t) u_{n+k}(t) / T_k}{(1+r_2)^t} + \frac{\delta x_{n+1}(T)}{(1+r_2)^t} -$$

$$+ \sum_{t=0}^{T^1-1} \frac{u_k(t)}{(1+r_1)^t} - r_0 \frac{12T+1}{24} x_{n+3}(T) - u_{2n+2}(0) \rightarrow \max, \quad (19)$$

$$J_2 = \sum_{t=1}^{T-1} \sum_{k=1}^n (\varepsilon_{1k}(t)x_k(t) + \eta_{1k}(t)u_{n+k}(t)) + \sum_{t=T^2}^{T-1} \sum_{k=1}^n (\varepsilon_{2k}(t)x_k(t) + \eta_{2k}(t)u_{n+k}(t)) \rightarrow \max, \quad (20)$$

где  $J_1, J_2$  – соответственно дисконтированные суммы собственных средств производителя и НЦ,

$$\varepsilon_{1k}(t) = \frac{\alpha_2 - \alpha_4 \beta_k(t) \theta_{1k}(t)}{T_k (1 + r_{cp})^t}, \quad \varepsilon_{2k}(t) = \frac{\alpha_2 - \alpha_4 \beta_k(t) \theta_{1k}(t)}{T_k (1 + r_{cp})^t} - \frac{\alpha_3 \theta_{1k}(t)}{T_k (1 + r_2)^t},$$

$$\eta_{1k}(t) = \frac{\alpha_4 \beta_k(t) (\theta_{2k}(t) - 1)}{T_k (1 + r_{cp})^t}, \quad \eta_{2k}(t) = \frac{\alpha_4 \beta_k(t) (\theta_{2k}(t) - 1)}{T_k (1 + r_{cp})^t} + \frac{\alpha_1 + \alpha_3 \theta_{1k}(t) + \alpha_5}{T_k (1 + r_2)^t},$$

$$\theta_{1k}(t) = \frac{1 + \alpha_2}{1 - \beta_k(t)(1 + \alpha_4) - p_k(t)}, \quad \theta_{2k}(t) = 1 - \frac{\alpha_1 + \alpha_5}{1 - \beta_k(t)(1 + \alpha_4) - p_k(t)}.$$

Рассмотрим содержательный смысл соотношений в модели (1)–(20). Уравнения (1) описывают динамику накопленной стоимости КОПФ каждого из  $n$  видов, (2), (3) – динамику суммарной остаточной стоимости всех КОПФ соответственно на допроизводственной и производственной стадиях ИПП, (4)–(7) – уравнения движения текущих денежных средств производителя в момент  $t = 0$ , на допроизводственной стадии, на стадии производства с доинвестированием (реинвестированием) и на постинвестиционной стадии ИПП соответственно; (8), (9) – накопленные суммы кредитов на допроизводственной и производственной стадиях; (10) – начальные условия на фазовые переменные. Неравенства (11) отражают требования неотрицательности финансовых средств ИПП на всем горизонте планирования, (12) – ограничения на сумму инвестиций в производство всех видов продукции в момент  $t = T^1$ , (13) – ограничение суммы кредитов на финансирование текущего производства на момент окончания ИПП, (14) – требования непревышения выручки от продажи продукции  $k$ -го вида верхней оценкой стоимостного спроса на нее в период производства, (15) – условия непревышения выручки от продажи продукции  $k$ -го вида производственных мощностей в период производства, (16) – ограниченность объема осуществленных дотаций в начальный момент реализации ИПП; (17)–(18) – суть содержательно естественные условия неотрицательности управляющих переменных. Условие (19) – критерий  $J_1$  производителя в СЭС отражает сальдо суммы дисконтированных потоков прибыли плюс остаточная стоимость КОПФ в последний момент реализации ИПП (по ставке  $r_2$ ) и, соответственно, вложенных инвестиций (по ставке  $r_1$ ) с учетом осуществленных в начальный момент дотаций и платы за кредитный

ресурс на всем горизонте планирования. Условие (20) – критерий  $J_2$  управляющего налогового центра в СЭС представляет собой дисконтированные суммы налоговых и неналоговых сборов в допроизводственный период (по ставке  $r_{cp} = (r_1 + r_2)/2$ ) и в производственный период до окончания проекта (по ставкам  $r_2$  и  $r_{cp}$ ). Отметим, что, в отличие от ранее опубликованных динамических моделей СЭС [2, 3], в представленной модели источники финансирования ИПП разделены на две части – стратегическую (инвестиции) и тактическую (кредитование текущей производственной деятельности). Это предопределило некоторую смену трактовки как управляющих, так и фазовых переменных задачи, по сравнению с указанными моделями. В частности, управляющая переменная  $u_{2n+1}(t)$  содержит информацию об оптимальных размерах кредитов в момент  $t$  реализации ИПП, а переменная  $x_{n+3}(t)$  – о накопленных в течение горизонта планирования  $T$  суммах кредитных средств. В модели (1)–(20) содержательно рассматривается динамика основных циркулирующих в СЭС экономических потоков – инвестиционного, производственного и финансового, которые формируются по правилам бухгалтерского учета через основные характеристики производимой продукции, производственных и финансовых активов. Модель (1)–(20) учитывает закон убывающей во времени стоимости финансового ресурса, в ней рассматриваются различные способы финансирования проектов (собственный и заемный капитал, кредитование, дотирование и пр.). Производственная функция является алгоритмически вычисляемой и способна отражать жизненный цикл развития СЭС. Нетрудно проверить факт, что нулевой управляющий вектор  $O_{(2n+2) \times 1}$  является частным решением задачи, описываемой соотношениями и услови-

ями (1)–(20), а множество ее допустимых решений является компактом, что гарантирует существование решения указанной задачи для всех допустимых значений входящих в нее параметров. Согласно [12, 13], двухкритериальная МЗЛП (1)–(20) может быть сведена к эквивалентной однокритериальной линейной задаче с теми же ограничениями и максимизацией выпуклой линейной комбинации критериев  $J(\mu) = \mu_1 J_1 + \mu_2 J_2$ , где  $\mu = \{(\mu_1; \mu_2) : \mu_i > 0 (i = 1, 2); \mu_1 + \mu_2 = 1\} \in E^2$ ,  $E^2$  – двумерное евклидово пространство. Учитывая, что система (1) является математическим аналогом предложенных в работах [2, 3] динамических моделей СЭС, с вышеуказанными отличиями в содержательном смысле управляющих и фазовых переменных, наличие ее нетривиальных решений может быть проверено с использованием подробно описанного в [3] программного комплекса «Линейная динамика», позволяющего проводить полный параметрический анализ МЗЛП.

### Заключение

Динамическая модель (1)–(20) отражает стратегические интересы и оптимальные инвестиционные, производственные и финансовые потоки основных участников проектов развития СЭС и, вместе с эффективными алгоритмами ее анализа, может явиться теоретически и численно сбалансированным инструментарием разработки автоматизированных систем поддержки принятия решений (в том числе оперативных) при управлении сложными социально-экономическими объектами.

### Список литературы

1. Форрестер Дж. Мировая динамика. СПб.: ООО «Изд-во АСТ», 2003. 384 с.

2. Медведев А.В. Применение Z-преобразования к исследованию многокритериальных линейных моделей регионального экономического развития: монография. Красноярск: Сибирский государственный аэрокосмический университет им. акад. М.Ф. Решетнева, 2008. 228 с.

3. Медведев А.В. Автоматизированная поддержка принятия оптимальных решений в инвестиционно-производственных проектах развития социально-экономических систем. М.: Издательский Дом «Академия Естественных», 2020. 200 с. DOI: 10.17513/np.421.

4. Угольницкий Г.А. Методология и прикладные задачи управления устойчивым развитием активных систем // Проблемы управления. 2019. № 2. С. 19–29.

5. Победаш П.Н., Семенкин Е.С. Модели оптимального управления и операционного исчисления для многокритериального анализа экономических систем: монография. Красноярск: СФУ, 2012. 258 с.

6. Акаев А.А., Садовничий В.А. К вопросу о выборе математических моделей для описания динамики цифровой экономики // Дифференциальные уравнения. 2019. Т. 55. № 5. С. 743–752. DOI: 10.1134/S0374064119050145.

7. Кутышкин А.В. Моделирование динамики валового регионального продукта // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2021. Т. 21. № 2. С. 104–113.

8. Звягин Л.С. Математические модели активного управления социально-экономическими системами // Мягкие измерения и вычисления. 2020. Т. 34. № 9. С. 5–20.

9. Гурман В.И., Матвеев Г.А., Трушкова Е.А. Социолого-экономическая модель региона в параллельных вычислениях // Управление большими системами: сборник трудов. 2011. № 32. С. 109–130.

10. Медведев А.В., Победаш П.Н., Рапп Е.Ю., Крамаренко В.А. Автоматизированная система поддержки принятия решений на основе оптимизационных линейных моделей экономической динамики // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 10–2. С. 280–284.

11. Медведев А.В., Победаш П.Н. Оптимизационный подход к изучению систем экономической динамики / В кн. Императивы бизнеса. Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Кемеровский институт (филиал). Кемерово, 2017. С. 195–216.

12. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. 2-е изд., испр. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 256 с.

13. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления, приложения. М.: Наука, 1982. 600 с.

УДК 004:331.1

## ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Никитина Л.Н., Шиков П.А., Шиков Ю.А., Зрелова А.Л.**

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург, e-mail: kafedraekonomiki@yandex.ru, pavel.shikov@mail.ru, shikov.yuri@gmail.com, zrelowa.an@yandex.ru*

В статье рассматриваются основные подходы и принципы повышения эффективности управления персоналом предприятия легкой промышленности. На основе анализа системы управления персоналом швейного предприятия предложены рекомендации по повышению её эффективности. Основная проблема, которую анализируют авторы – это отсутствие притока молодых специалистов. В настоящее время наблюдается отток специалистов в более благополучные отрасли, и в результате остается на предприятии персонал среднего и старшего возраста, преданный своей работе и профессии. Возвращение ранее ушедших специалистов – безнадёжная задача, и поэтому есть два способа восполнить необходимые кадры: привлечь специалистов из других предприятий, предложив им лучшие условия, или принять и обучить кадры, пришедшие через биржи труда и кадровые агентства. Обоснована необходимость привлечения молодых специалистов и внедрения системы наставничества. Требуется серьезная работа, связанная с отбором, приемом на работу, адаптацией, развитием, обучением, учетом работы, фактического вклада и признания заслуг. Управление персоналом предприятия – наиболее сложная работа, требующая применения научно обоснованных подходов и критериев объективной оценки эффективности. Проведенный анализ трудовых ресурсов позволит найти резервы повышения эффективности производства за счет повышения производительности труда. Перспективным направлением восполнения кадрового голода становится образование и повышение квалификации персонала на основе компетентностного подхода и ставка на молодых, хорошо подготовленных специалистов. Проблемы, представленные в статье на примере ЗАО «Салют», характерны для многих предприятий легкой промышленности. Выработанные подходы позволят во многом повысить эффективность управления персоналом, а значит, и всего предприятия.

**Ключевые слова:** система управления персоналом, компетенции персонала, система адаптации и развития персонала, мотивация персонала, эффективность управления персоналом

## THE MAIN APPROACHES TO IMPROVING THE EFFICIENCY OF PERSONNEL MANAGEMENT OF LIGHT INDUSTRY ENTERPRISES

**Nikitina L.N., Shikov P.A., Shikov Yu.A., Zrelova A.L.**

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,  
Saint Petersburg, e-mail: kafedraekonomiki@yandex.ru, pavel.shikov@mail.ru,  
shikov.yuri@gmail.com, zrelowa.an@yandex.ru*

The article discusses the main approaches and principles of improving the efficiency of personnel management in a light industry enterprise. On the basis of the analysis of the personnel management system of the sewing enterprise, recommendations for improving its efficiency are proposed. The main problem analyzed by the authors is the lack of an influx of young specialists. Currently, there is an outflow of specialists to more prosperous industries, and as a result, middle and older personnel, devoted to their work and profession, remain at the enterprise. The return of previously departed specialists is a hopeless task, and therefore there are two ways to replenish the necessary personnel: to attract specialists from other enterprises, offering them better conditions, or to accept and train personnel who came through labor exchanges and recruitment agencies. The necessity of attracting young specialists and introducing a mentoring system has been substantiated. Serious work is required related to selection, recruitment, adaptation, development, training, job accounting, actual contribution and recognition of merit. Personnel management of an enterprise is the most difficult work, requiring the use of scientifically grounded approaches and criteria for an objective assessment of efficiency. The analysis of labor resources will make it possible to find reserves for increasing production efficiency by increasing labor productivity. Education and advanced training of personnel on the basis of a competency-based approach and a stake on young, well-trained specialists are becoming a promising direction for replenishing staff shortages. The problems presented in the article on the example of JSC «Salut» are typical for many light industry enterprises. The developed approaches will greatly improve the efficiency of personnel management, and hence the entire enterprise.

**Keywords:** personnel management system, personnel competencies, personnel adaptation and development system, personnel motivation, personnel management efficiency

Управление персоналом является одной из самых сложных и важнейших задач в области управления предприятием. Успешность и конкурентоспособность любой организации определяется профессионализмом и компетенциями сотрудников,

их лояльностью и готовностью вкладывать свои знания и силы в развитие предприятия. В настоящее время на кадровые службы возлагается большой перечень задач – от подбора, приема на работу, адаптации до развития персонала, формирования команды,

организации досуга и управления талантами. Успешность предприятия во многом зависит от способности персонала ответственно и в полном объеме выполнять свои служебные обязанности. «Трудовые ресурсы являются наиболее сложным и важным фактором производства. Они включают помимо персонала предприятия такой невосполнимый ресурс, как рабочее время и средства оплаты труда работников. Исследование и анализ трудовых ресурсов необходимы для обеспечения руководства управленческой информацией оперативно-го и перспективного характера» [1].

Система управления предприятием подразумевает использование современных подходов и технологий для обеспечения максимальной эффективности работы персонала. «Персонал – это в первую очередь люди, которые имеют свои потребности, мотивы работы в организации, какие-то недостатки, связанные с характером или же с физическими показателями человека, которые опытные руководители должны учитывать при осуществлении управленческой деятельности» [2].

В управлении сотрудниками важными подходами становятся эффективность и обеспечение мотивации, гибкость и уважительно-доброжелательный характер межличностных отношений, требовательность и взаимодействие, учет интересов компании и персонала, ориентация на формирование необходимых компетенций. Именно этим будет определяться такое важное понятие, как качество трудовых ресурсов.

Принципиальным становится формирование прозрачных, доверительных отношений, единых требований, правил, норм взаимодействия и оплаты труда. Для предприятий, где результативность и конкурентоспособность напрямую зависят от персонала, это достаточно сложная задача. Требуется продуманная и достаточно эффективная политика, направленная на отбор, прием на работу, адаптацию, развитие, обучение, учет работы, фактического вклада и признания заслуг. Показательным примером служат эпизоды, когда с наступлением сложных и кризисных моментов персонал не уходит с предприятий, а продолжает работать и бороться за выживание, несмотря на возможное снижение заработной платы и угрозы потери работы. И наоборот, сотрудники начинают массово увольняться при первых, даже незначительных, проблемах на предприятии. Очевидно, что в первом случае управление персоналом было реализовано на достойном уровне.

Цель исследования в разработке основных подходов к повышению эффективно-

сти предприятий легкой промышленности при управлении персоналом в сложных условиях рыночных отношений для отрасли, сложившихся в последние десятилетия.

В управлении сотрудниками важными подходами становятся эффективность и обеспечение мотивации, гибкость и уважительно-доброжелательный характер межличностных отношений, требовательность и взаимодействие, учет интересов компании и персонала, ориентация на формирование необходимых компетенций. Именно этим будут определяться такие важные понятия, как стратегия управления персоналом и качество трудовых ресурсов. «Стратегия управления персоналом включает в себя обширную систему методов и приемов, характерной чертой которых является долгосрочность применения. Это вызвано необходимостью изменения психологических установок, мотивации и других параметров, а также потребностью соблюдать четкую взаимосвязь с общей стратегией развития компании.

К основным элементам, которые включает в себя стратегия управления персоналом организации, относят следующие:

- обеспечение соответствующих условий труда и техники безопасности;
- разработка методов разрешения конфликтных ситуаций в коллективе;
- разработка эффективных мер по отбору и деловой оценке сотрудников;
- обеспечение адаптации новых членов коллектива» [3].

Эффективность управления персоналом тесно связана с социальной и экономической эффективностью. «Общепринятыми показателями, характеризующими успешность функционирования предприятия, являются рентабельность, размер чистой прибыли, стоимостная оценка торговой марки или бренда, уровень инвестиционной привлекательности, показатели эффективности использования различных видов ресурсов предприятия: трудовых, финансовых, материальных и др. Однако ни один из них не позволяет оценить размер вклада в результаты работы предприятия, сделанного его работниками» [4].

Оценкой качества управления персоналом могут служить различные показатели и критерии, как традиционные, так и инновационные:

- уровень квалификации;
- производительность труда;
- выработка на одного рабочего;
- текучесть кадров;
- наличие здоровой конкуренции и соревновательности;
- затраты на технику безопасности и экологию;

**Таблица 1**

Показатели работы с персоналом ЗАО «Салют»

Показатель	2018	2019	2020
Коэффициент приема кадров	13,7	13,7	9,2
Коэффициент выбытия кадров	17,9	17,9	21,8
Коэффициент оборота кадров	31,6	31,6	31,0
Коэффициент текучести	17,9	17,9	21,8

**Таблица 2**

Структура персонала по должностям ЗАО «Салют»

Категории персонала	2020 год, чел.	Доля в общей численности персонала, %
Руководители	8	9
Специалисты	8	9
Вспомогательные работники	3	3
Хоз. работники	5	5
Продавцы	18	20
Охрана	8	9
Основные производственные рабочие	37	45
Итого	87	100

- удовлетворенность персонала;
- инициативность и готовность к со-трудничеству;
- потери рабочего времени;
- морально-психологический климат в коллективе;
- степень доверия руководству;
- удельный вес заработной платы в себестоимости продукции или услуг;
- затраты на обучение и повышение квалификации персонала;
- социальное обеспечение и гарантии.

Показатели важны и тесно связаны между собой. Их применение и реальная оценка позволяют объективно оценить эффективность управления персоналом и при необходимости провести реинжиниринг производственных отношений и всей кадровой политики. «Задачи полного и рационального использования трудового потенциала, а также решение задач его повышения в настоящее время выступают в качестве одного из наиболее оправданных направлений кадровой политики» [5].

Проведем анализ трудовых ресурсов, который позволит найти резервы повышения эффективности производства за счет повышения производительности труда. Рассмотрим показатели и структуру персонала швейного предприятия детской одежды ЗАО «Салют» за 2018–2020 гг. (табл. 1 и 2).

Проанализировав данные табл. 1, можно сделать вывод, что коэффициент приема кадров в 2020 г. составил 9,2%, что на 4,5% ниже, чем в 2019 г. Коэффициент оборота кадров в 2020 г. снизился на 0,6% по сравнению с 2019 г. А коэффициент текучести в 2020 г. составил 21,8%, что на 3,9% выше, чем в 2019 г.

Из табл. 2 видно, что наибольшую долю работников занимает основной производственный персонал, а именно 45%, следующую категорию в 20% занимают продавцы, и только 3% от общего числа работников занимает вспомогательный персонал.

Проанализируем возрастной состав сотрудников предприятия. В табл. 3 представлены данные, характеризующие возрастную структуру персонала ЗАО «Салют».

**Таблица 3**

Средний возраст сотрудников ЗАО «Салют»

Возраст	Количество	Среднее значение
до 25 лет	2	21,5
25–29 лет	6	27
30–39 лет	17	34,5
40–49 лет	35	44,5
50–59 лет	22	54,5
старше 60	5	64,5
Итого	87	44,5

Из представленных данных видно, что в структуре персонала преобладают сотрудники в возрасте 40–49 лет, их доля составляет 40%. Значительная часть сотрудников в возрасте 50–59 лет – 25%. Самая низкая доля персонала в возрасте до 25 лет составила всего 2%. Это характерно для многих предприятий легкой промышленности. Для молодежи отрасль не является привлекательной и перспективной. Проведенный анализ позволил определить, что средний возраст сотрудников ЗАО «Салют» 44,5 года.

Главная проблема – отсутствие притока молодых специалистов. В настоящее время наблюдается отток специалистов в более благополучные отрасли, и в результате остается на предприятии персонал среднего и старшего возраста, преданный своей работе и профессии. Возвращение ранее ушедших специалистов – безнадёжная задача, и поэтому есть два способа восполнить необходимые кадры: привлечь специалистов из других предприятий, предложив им лучшие условия, или принять и обучить кадры, пришедшие через биржи труда и кадровые агентства. Отдельные предприятия переманивают специалистов у конкурентов, но это не решение проблемы нехватки квалифицированных специалистов. Специалиста с такой же легкостью могут переманить на другое предприятие, так как он не связан с компанией ничем, кроме заработной платы.

Перспективным направлением восполнения кадрового голода становится образование молодежи, выращивание молодых специалистов и профессионалов своего дела, во что, естественно, необходимо вкладывать время, силы и деньги. Молодежь с удовольствием пойдет работать на те предприятия, где есть перспективы развития, где применяются новые и интересные технологии, где конкурентная заработная плата и сплоченный коллектив единомышленников.

Для подготовки молодого специалиста необходимо от трех до пяти лет, а чтобы вырастить хорошего специалиста, необходимо восемь-десять лет. Сложность ситуации заключается еще и в том, что квалифицированным специалистом становятся в процессе конкретной трудовой деятельности. Вот почему еще не старый, но уже мастер является особой ценностью и объектом борьбы между предприятиями. Учитывая, что заработная плата на предприятии, а особенно у молодых специалистов не самая высокая в городе, а обучение – это многолетний процесс и не у всех молодых людей хватает выдержки, привлечь и удержать можно только увлеченных людей, которым нравится их профессия.

Приоритетным направлением в кадровой политике ЗАО «Салют» является «омоложение» его численного состава, внедрение специалистов на автоматизированное производство на основе обучения, повышения профессиональных компетенций.

Для обеспечения мотивации и высокого качества управления персоналом необходимо развивать следующие направления:

1. Создание корпоративной культуры.
2. Реализация объективной оценки персонала.

3. Разработка системы поощрения и признания заслуг персонала.

4. Привлечение персонала к принятию решений.

5. Организация соревнований между подразделениями и профессиями.

6. Тимбилдинг.

7. Информирование работников о деятельности предприятия.

Анализ организационной структуры управления предприятием показывает, что структура управления для 87 чел. не является оптимальной. Количество руководителей первого уровня и второго уровня является чрезмерным. Количество руководителей второго уровня составляет 8 чел., или 9,2% от общей численности.

Для оптимизации структуры предприятия предлагается:

1. Подчинить отдел подготовки производства начальнику производства.

2. По всем канонам управления качеством продукции контролеры готовой продукции (контролеры качества) не должны подчиняться руководителю производства, как заинтересованному лицу. Контроль качества должен быть обязанностью руководителя предприятия или начальника службы качества, который подчиняется непосредственно генеральному директору.

3. Рассмотреть возможность аутсорсинга обеспечения нерентабельных участков и безопасности и охраны предприятия.

По данным Управления Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области, среднемесячная номинальная начисленная заработная плата за январь – июнь 2020 г. в отрасли составила 43 299 руб. Средняя заработная плата на предприятии ЗАО «Салют» превышает среднее значение в отрасли, но находится ниже среднего уровня по Санкт-Петербургу, это видно из табл. 4. Структура заработной платы включает оклад и премию по результатам работы. Чтобы привлечь молодых специалистов к работе в области проектирования и удержания их на предприятии, необходимо выработать четкую кадровую политику в этом направлении [6].

**Таблица 4**  
Средняя заработная плата в России, Санкт-Петербурге и в ЗАО «Салют»

Годы	Россия	Санкт-Петербург	ЗАО «Салют»
2018	43 724	60 421	45 677
2019	47 867	65 872	49 203
2020	51 352	68 667	47 105

Для повышения эффективности управления персоналом необходимо предусмотреть:

1. Переход на цифровые системы управления предприятием.

2. Проанализировать возможность внедрения опыта лидеров отрасли для повышения эффективности деятельности фирмы в аспекте эффективного управления персоналом.

3. Оптимизировать организационную структуру предприятия. Уменьшить число управленческого персонала путем внедрения современных корпоративных информационных систем и электронного документооборота.

4. Рассмотреть возможность передачи второстепенных и нерентабельных функций предприятия на аутсорсинг.

5. Внедрить на предприятии систему «наставничества» для молодых специалистов.

6. Организовать учет, анализ и развитие компетенций персонала в интересах эффективного подбора, распределения и назначения персонала, для обеспечения и формирования кадрового резерва и карьерного роста (как горизонтального, так и вертикального).

7. Внедрить систему обучения, подготовки и переподготовки персонала на основе индивидуальных траекторий, планов перспективного развития и личных предпочтений сотрудников.

8. Организовать и проводить регулярные тренинги и курсы повышения квалификации персонала.

9. Разработать систему стимулирования персонала для повышения мотивации и добросовестного отношения к труду.

10. Внедрить систему соревнования между специалистами и подразделениями, Доски почета и лучших по профессии.

11. Совершенствование системы учета рабочего времени, нормирования и оплаты труда.

Внедрение системы «наставничества» для вновь пришедших молодых сотрудников обеспечит быструю адаптацию и передачу необходимого опыта, так необходимого для повышения качества выпускаемой продукции. Отсутствие страха работать в новой сфере без опыта и возможность перенять многолетний, накопленный наставником опыт, конечно, будет плюсом для молодежи. Молодые специалисты, которых обучают наставники, быстрее адаптируются

в коллективе и с меньшей вероятностью будут искать новую работу.

### Заключение

Необходима объективная оценка эффективности всей работы с кадрами предприятия для исключения ошибок и реального повышения эффективности. «Анализ и оценка эффективности управления персоналом необходимы не только для того, чтобы получить представление о том, хорошо или плохо работает кадровая служба, но и найти пути решения существующих проблем управления, повысив тем самым его качество. Аудит управления персоналом необходим как для предприятия, только начавшего свою производственную деятельность, так и для того, которое уже давно известно на рынке товаров и услуг» [3].

Анализ эффективности управления персоналом швейного предприятия ЗАО «Салют» показывает, что предприятие в основном обеспечено трудовыми ресурсами. Численность сотрудников предприятия стабильна. Но необходима серьезная работа по повышению эффективности управления персоналом для обеспечения высококвалифицированными кадрами в будущем на основе предложенных рекомендаций.

### Список литературы

1. Гончарова Е.В., Ромашова И.Д. Возможности управления трудовым потенциалом среднего предприятия // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2018. № 2. С. 149–155. [Электронный ресурс]. URL: <http://e-koncept.ru/2018/184010.htm> (дата обращения: 07.11.2021).
2. Клименко В.С., Карамашева Н.В. Эффективность управления персоналом на предприятии // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. № 13. С. 782–783. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_32539169\\_83550393.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_32539169_83550393.pdf) (дата обращения: 07.11.2021).
3. Симилян Н.А., Перерва О.Л. Оценка эффективности управления персоналом // АНИ: экономика и управление, 2016. № 4 (17). С. 336–338.
4. Полякова Э.И., Быстрицкая Т.Б. Влияние трудового потенциала на результаты деятельности предприятия // Вестник Института экономических исследований. 2018. № 3 (11). С. 54–58.
5. Слатвицкая И.И., Симонян Л.Г., Блищак К.А. К вопросу оценки трудового потенциала на промышленном предприятии // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. № 1. С. 215–219. [Электронный ресурс]. URL: <http://economyandbusiness.ru/wp-content/uploads/2019/02/Slatvitskaya.pdf> (дата обращения: 07.11.2021).
6. Статистические данные Управления Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области по оплате труда в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в январе – июне 2020 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://petrostat.gks.ru/> (дата обращения 10.11.2021).

УДК 519.237.8

## МОДЕЛЬ НЕЧЕТКОГО БАЙЕСОВСКОГО КЛАССИФИКАТОРА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Певнева А.Г., Обухов А.В., Зимовец А.И.

*ФГБВОУ ВО «Военно-космическая Краснознамённая академия имени А.Ф. Можайского»  
Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, e-mail: vka@mil.ru*

Представлена вероятностная модель процесса классификации на основе байесовского подхода. Совместное распределение данных по классам и прототипов классов является вероятностной моделью байесовского нечеткого классификатора. Незначительные значения принадлежностей множества и прототипы множеств как центры классов трактуются как случайные величины. Далее выбирается некоторое эмпирическое распределение для каждой из них и устанавливается наиболее вероятное значение для сделанной выборки. Вероятностная модель в рамках байесовского подхода задается тремя распределениями: совместным распределением многомерных случайных величин, определяющих принадлежности каждого элемента данных какому-либо классу, распределением прототипов классов и априорным распределением прототипов по классам. Проводятся параллели данного подхода с процессом нечеткого вывода на основе продукций в рамках вероятностной логики. Данная модель может иметь более широкое применение по сравнению с традиционным нечетким подходом нечетких *c*-средних, из-за отсутствия ограничений на параметры кластеризации. Проведено сравнение модели с моделью разделения гауссовой смеси, так как методологические подходы к конструкции алгоритма нечеткой кластеризации и метода разделения гауссовой смеси кажутся внешне схожими. Установлены базовые различия между вероятностными моделями этих задач. Приведены некоторые численные результаты, подтверждающие работоспособность модели для стандартного и расширенного диапазона значений параметров.

**Ключевые слова:** байесовский подход, вероятностная модель, методы кластеризации, классификация, нечеткий вывод, метод *c*-средних

## MODEL OF A FUZZY BAYESIAN CLASSIFIER FOR INFORMATION PROCESSING

Pevneva A.G., Obukhov A.V., Zimovets A.I.

*Military Space Academy named after A.F. Mozhaiskiy of the Ministry of Defense  
of the Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: vka@mil.ru*

A probabilistic model of the classification process based on the Bayesian approach is presented. The joint distribution of data by classes and class prototypes is a probabilistic model of a Bayesian fuzzy classifier. Unknown values of set accessories and prototypes of sets as class centers are treated as random variables. Next, some empirical distribution is selected for each of them and the most probable value for the sample is set. The probabilistic model within the Bayesian approach is defined by three distributions: the joint distribution of multidimensional random variables that determine whether each data element belongs to a class, the distribution of class prototypes and the a priori distribution of prototypes by classes. Parallels are drawn between this approach and the process of fuzzy inference based on products within the framework of probabilistic logic. This model may have a wider application compared to the traditional fuzzy approach of fuzzy *c*-means, due to the lack of restrictions on clustering parameters. The model is compared with the Gaussian mixture separation model, since the methodological approaches to the construction of the fuzzy clustering algorithm and the Gaussian mixture separation method seem superficially similar. The basic differences between the probabilistic models of these problems are established. Some numerical results confirming the operability of the model for the standard and extended range of parameter values are presented.

**Keywords:** bayesian approach, probabilistic model, clustering methods, classification, fuzzy inference, *c*-means method

Прикладной характер исследований в области классификации и кластеризации данных, широчайшая область задач, решение которых сводится к эвристическому выбору метода и подбору параметров, оставляет в тени теоретические обоснования этих методов. Между тем сильные расхождения в эффективности одного и того же алгоритма на разных наборах данных можно интерпретировать только на основании математически формализованной модели. Этим обусловлена актуальность работы по построению и исследованию теоретической модели процесса

нечеткой классификации в рамках Байесовского подхода (НКБ).

Методологические подходы к конструкции алгоритма нечеткой кластеризации и вероятностного метода разделения Гауссовой смеси (англ. GMM) кажутся внешне схожими. В некоторых публикациях демонстрируется сходство получаемых результатов [1–3]. Однако в данных работах различие иллюстрируется на уровне методик применения, а не на уровне математически строгого определения вероятности.

Общность понятий «принадлежности» в методологии нечеткого логического вы-

вода и «вероятности» в задачах разделения распределений ощущается исследователями на интуитивном уровне. В [4] анализ сходства этих понятий подвергается развернутому анализу и даже используется неформальное определение: «нечеткость – это замаскированная вероятность», однако сходство это только внешнее, так как «принадлежность» связана с реализацией случайной величины посредством понятия лингвистической переменной, выбор которой субъективен.

В работе [5] объясняется возможность встраивания байесовского статистического подхода в систему нечеткого вывода в рамках вероятностной логики, построив тем самым логико-вероятностную модель классификатора. Работа [6] в рамках этого направления посвящена результирующему этапу процесса нечеткого вывода – фаззификации. В этих работах множество лингвистических переменных ассоциировано с множеством байесовских гипотез. Каждая гипотеза соответствует утверждению об определенном значении выходной лингвистической переменной из своего терм-множества. В [5] приводится также сравнение результатов дефаззификации на основе апостериорной байесовской вероятности с алгоритмом нечеткого вывода Мамдани.

Целью исследования, таким образом, является построение вероятностной модели нечеткой классификации, чтобы синтезировать алгоритм, объединяющий нечеткий и вероятностный подход в рамках теории вероятности. В данной работе описывается математическая вероятностная модель, которая служит основой расчетного алгоритма, приводятся результаты предварительного вычислительного эксперимента на модельных данных. Также с помощью вероятностной формализации модели нечеткого вывода устанавливаются глубокие различия между задачей нечеткой классификации и задачей разделения смеси распределений, так как им соответствуют разные вероятностные модели [6].

#### Материалы и методы исследования

Задача четкой классификации является задачей построения разбиения множества данных  $X$ . Нечеткую классификацию можно представить как задачу построения открытого покрытия  $U_j U_j$  множества данных, так как каждый элемент множества  $U$  может содержаться сразу в нескольких множествах покрытия  $U_j$  с различными значениями функции принадлежности. Отличие от вероятностного подхода в задаче разделения

распределений, состоит в том, что ни одно из этих множеств не является выборкой из генеральной совокупности, имеющей теоретическое распределение.

Каждому элементу покрытия  $U_j$  сопоставим так называемый центр  $y_j$ . Каждому элементу  $x_n$  исходного множества данных сопоставим значение принадлежности  $pr_{i,j}$  какому-либо элементу покрытия. В терминах нечеткой логики это значение функции принадлежности. Под принадлежностью понимается мера близости этого элемента к центру класса  $y_j$ . Каждый элемент покрытия соответствует множеству термов выходной логической переменной. Искомое открытое покрытие должно обладать свойством оптимальности, в том смысле, что общее взвешенное расстояние принадлежности каждой точки данных  $x_n$  к прототипу каждого множества  $y_j$  должно быть минимальным.

Таким образом, принадлежность трактуются как аргументы вероятностных логических функций в системе вероятностной логики. Нечеткие продукты в системе логического вывода преобразуются в вероятностные логические функции, а их значения понимаются как условные вероятности в определении апостериорного распределения. Понятие условной вероятности близко определению продукции, которая является импликативной логической функцией: при выполнении посылок продуктивного правила заключения отражают степень уверенности в том, что выходная лингвистическая переменная принимает то или иное значение из множества термов.

Формальное преобразование логической функции, представленной в нормальной форме, в функцию вероятностной логики следующее: логическим переменным ставятся в соответствие  $p_1, p_2, \dots, p_m$  элементарных событий, соответствующим атомарным формулам. При этом инверсия переменных соответствует значения  $1 - p_i$ . Конъюнкции и дизъюнкции соответствуют арифметическим операциям умножения и сложения.

На этапе дефаззификации [6] для каждой выходной лингвистической переменной на множестве гипотез о принятии значения из своего терм-множества по формуле Байеса вычисляется распределение апостериорных вероятностей.

#### *Вероятностные модели байесовского нечеткого классификатора (НКБ) и гауссовой смеси*

Неизвестные значения принадлежности множества  $pr_{nj}$  и прототипы множеств  $y_j$  (центры классов) трактуются как случайные величины  $X|U$  и  $Y$  соответ-

ственно. Далее выбирается некоторое эмпирическое распределение для каждой из них и устанавливается наиболее вероятное значение для сделанной выборки.

Пусть  $N$  – количество точек данных,  $D$  – размерность пространства данных,  $J$  – количество классов. Обозначим  $pr_{nj}$  принадлежность точки  $x_n$  классу  $j$ ,  $m$  – параметр фаззификации [6–8],  $y_j$  прототип (центр) класса с номером  $j$ . Ясно, что значения наблюдаемых данных представляются матрицей размера  $D \times N$ , значения принадлежностей  $U$  представляются матрицей размера  $J \times N$ , а значения прототипов представляются матрицей размера  $D \times J$ .

Совместное распределение данных по классам и центров классов по множеству данных является вероятностной моделью БНК. Оно задается тремя распределениями: совместным распределением многомерных случайных величин  $X|U$  и  $Y$ , априорным распределением прототипов и классов (вероятность того, что определенный прототип задает класс) и распределением прототипов по данным, т.е. вероятностью того, что точка из множества данных является прототипом класса.

$$p(X, U, Y) = p(X|U, Y) \tilde{p}(U|Y) p(Y). \quad (1)$$

Определим каждый из этих сомножителей.

$$P(X|U, Y) = \prod_{n=1}^N p_F(x_n | u_n, Y) = \prod_{n=1}^N \frac{1}{Z(x_n, m, Y)} \prod_{j=1}^J F_G(x_n | \mu = y_c, \Lambda = pr_{n,j}^m). \quad (2)$$

Это фактически означает, что каждое наблюдаемое значение попадает в какую-либо нормально распределенную выборку с некоторой «уверенностью»  $\Lambda = pr_{n,j}^m$  различной для каждого значения  $x_n$ . Количество таких выборок равно числу классов  $J$ .  $Z(u_n, m, Y)$  – это нормирующий множитель, зависящий от параметров выборочного нормального распределения и параметра фаззификации.

Прототип полагается нормально распределенной величиной

$$P(Y) = \prod_{j=1}^J F_G(y_j | \mu_y, \Sigma_y) \quad (3)$$

с параметрами

$$\mu_y = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n,$$

$$\Sigma_y = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n - \mu_y)(x_n - \mu_y)^T.$$

Далее, априорная вероятность того, что определен класс задается определенным прототипом, имеет распределение:

$$\tilde{P}(U|Y) = \prod_{n=1}^N \tilde{p}(u_n|Y) = \prod_{n=1}^N Z(u_n, m, |Y) \left( \prod_{j=1}^J u_{n,j}^{\frac{mD}{2}} \right) Dirichlet(u_n | \alpha). \quad (4)$$

Здесь первый множитель – произведение констант нормализации, при этом использование евклидовой нормы не является обязательным [6, 7].

Относительно второго произведения необходимо отметить, что оно относится к известному классу «неправильных priоров», так как распределение (4) не может быть нормализовано на интервале  $[0, 1]$ , по крайней мере, для многих соответствующих значений  $m$  и  $D$ ) [7].

Третий сомножитель в (4) – априорная вероятность прототипов классов, для ее представления используется распределение Дирихле, параметризованное вектором  $\alpha$ .

Модель гауссовой смеси имеет принципиально иную вероятностную интерпретацию, чем предложенная модель НКБ.

Распределение гауссовой смеси представлено выражением

$$p(X|Z, Y) = \prod_{n=1}^N \prod_{j=1}^J F_G(x_n | \mu_j, \Sigma_j)^{z_{n,j}}, \quad (5)$$

где  $z_{n,j} \in \{0, 1\}$ ,  $\sum z_{n,j} = 1$ .

#### Сравнение вероятностных моделей

Переменные  $z_{nj}$ , для каждой точки  $x_n$  представляют вероятность того, что данная точка лежит в классе с прототипом в точке  $\mu_j$ . При этом остальные значения этих переменных равны нулю, так как в основе разделения смесей лежит предположение, что каждая точка является элементом выборки только одной генеральной совокупности с некоторым распределением. Сравнивая вероятность в (5) с выражением (1), очевидно, что нечеткий классификатор Байеса использует произведение всех вероятностей компонентов, что означает учет возможности попадания значения  $x_n$  в различные классы. В этом состоит основное отличие рассматриваемых задач.

Так как обратная ковариация использует принадлежность как значение весовой переменной для каждого значения  $x_i$ , то значения, полученные по модели НКБ, независимы, но их распределение неравномерно на множестве данных. В отличие от этого, модель разделения смеси предполагает независимость, но значения, получаемые по (5) в результате итерационного алгоритма, называемого EM [8, 9], оказываются равномерно распределенными на исходном множестве.

*Результаты вычислительного эксперимента на тестовом множестве точек данных*

Целью проведенных расчетов является проверка работоспособности расчетной модели на различных значениях параметрент алгоритма. На первом этапе эксперимент проводился на модельном наборе данных. В [7] подробно разобран алгоритм, который не использует итерационный пересчет значений на множестве данных, следовательно, расширяются возможности использования значения параметров метода, неразрешенных в методе с-средних. Реализация алгоритма представлена в [10]. Там же представлена реализация традиционного алгоритма с-средних.

Модельный набор данных состоял из двух двумерных нормальных выборок, содержащих 250 точек с различными параметрами. Параметры распределений:  $\mu_1 = (1, 2, 5)$ , и  $\mu_2 = (3, 1)$ , ковариационные матрицы  $\Sigma_1, \Sigma_2$  единичные. Параметр фаззификации был взят равным  $m = 1$ , а параметр распределения Дирихле  $\alpha = 1$ .

При  $m = 3, m = 5$  для тех же параметров нормальных выборок значения при-

надлежностей незначительно уменьшаются. Установка значения этого параметра должна связываться с параметрами нормального распределения. Для распределений с единичной ковариационной матрицей влияние изменения этого параметра не выявляется. Расчеты производились для единичного значения. Число пересчетов принадлежности также не терпит критических изменений: использовалось 124 и 131 итерация для  $m = 3, m = 5$  соответственно.

Было установлено, что реализация стандартного метода с-средних без реализации параллельных вычислений и реализация предложенной модели НКБ имеют схожие эмпирические показатели производительности, оба использовали чуть более 100 итераций.

Вид функции принадлежности при расчетах по методу НКБ для изменённых значений  $m = -5$  и  $m = -10$ , показанный на рис. 2, заставляет сделать вывод о том, что отрицательные значения параметра, определяющего, собственно, количественную оценку нечеткости классификации позволяют в некотором смысле «усреднить» значения принадлежности для каждой точки модельного набора. С увеличением по модулю этого параметра растет число требуемых итераций и классы становятся более «размытыми» даже на модельном наборе. Можно предположить, что варьирование этого параметра должно проводиться совместно с изменением параметра  $\alpha$  априорного распределения Дирихле. Взаимовлияние параметров распределений составляет самостоятельное направление исследований в этом направлении.

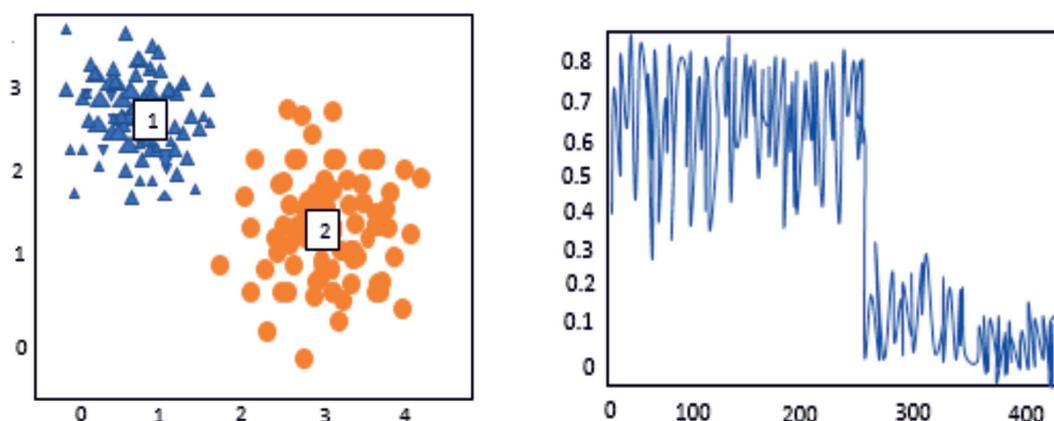


Рис. 1. Результаты кластеризации модельных данных

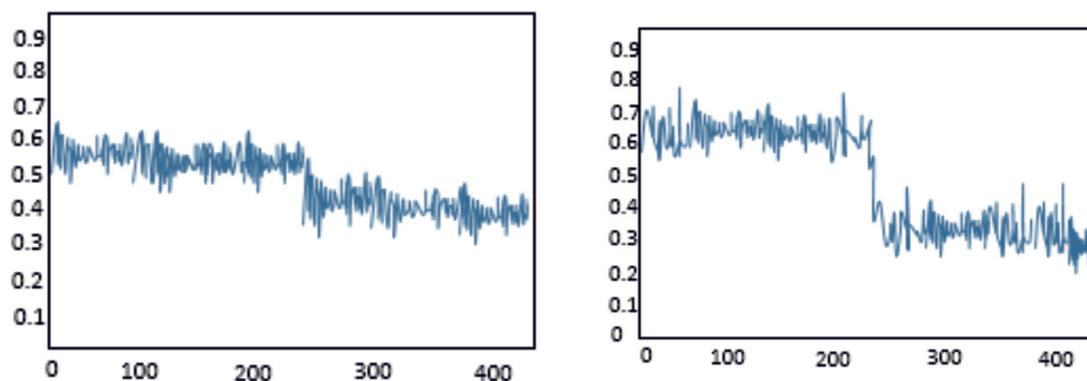


Рис. 2. Функции принадлежности для  $t = -10$  (слева),  $t = -5$  (справа)

### Заключение

Синтез байесовского подхода и нечеткого вывода является современным направлением в исследованиях решения задач классификации и кластеризации, этому посвящено немало публикаций в мировых научных изданиях.

Построенная вероятностная модель байесовской классификации имеет работоспособность не хуже традиционного метода  $s$ -средних на тестовых данных, кроме того, она имеет расширенные возможности в отношении значений параметров классификации.

Перспективные направления представленного исследования состоят прежде всего в применении построенной модели распределения в качестве инструмента дефаззификации в процессе нечеткого вывода. Представляет интерес теоретическая формализация связи построенной модели с алгоритмом нечеткого вывода, в особенности строгое представление связи между продукционными вероятностными функциями и параметрами распределения Дирихле при определении априорных вероятностей. Также возможен переход от классификации к более широкой задаче нечеткой кластеризации, так как прототипы классов в модели являются случайными величинами.

Другим направлением развития является детальное исследование влияния параметров на результаты алгоритма, в частности влияние параметров распределения Дирихле, используемого в качестве априорного распределения. Вычислительный эксперимент с изменением значения параметра  $t$ , определяющего «нечеткость» процесса, показал, что отрицательные зна-

чения  $t$  могут ухудшить работу алгоритма в целом, однако возможность гибкого изменения этого параметра полезна в усовершенствованном алгоритме для решения задачи кластеризации, когда число кластеров неизвестно заранее.

Проведенное сравнение модели задачи нечеткой байесовской классификации с задачей разделения смеси выявляет различие на уровне математической формализации. Однако построенная модель не лишена основного недостатка в сравнении с алгоритмом GMM: алгоритм на основе данной модели применяется лишь для «симметричных по координатам» классов данных. В дальнейших исследованиях целесообразно провести сравнение эффективности расчетных алгоритмов для обеих моделей с целью выявления влияния их различий на результаты классификации объектов с признаками различных типов: символьных, текстовых или числовых.

### Список литературы

1. Кубарев А.И., Поддубный В.В. Байесовская классификация обучением на основе использования копула-функций // Информационные технологии и математическое моделирование. (ИТММ-2013): материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием им. А.Ф. Терпугова (29–30 ноября 2013 г.). Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. Ч. 2. С. 126–130.
2. Ключихин Г.А. Вероятностный метод обработки информации в поле когнитивной науки. Модель наивного байесовского классификатора // Мягкие вычисления и измерения: материалы XXI международной конференции. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского электротехнического университета «ЛЭТИ», 2017. Т. 3. С. 22–26.
3. Кубарев А.И., Поддубный В.В. Адаптивная байесовская классификация объектов в метрическом пространстве // Новые информационные технологии в исследовании сложных структур: материалы Десятой российской конференции с международным участием. Томск: Издательство Томского государственного университета, 2014. С. 115–116.

4. Ланге Ф. Нечеткая логика. СПб.: Страта, 2018. 116 с.
5. Кожомбердиева Г.И. Байесовская логико-вероятностная модель нечеткого вывода // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2015. С. 35–38.
6. Бураков Д.П. Этап дефаззификации нечеткого вывода: традиционный и байесовский логико-вероятностный подходы // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2019. Т. 1. С. 39–42.
7. Taylor C. Glenn, Alina Zare, Paul D. Gader Bayesian Fuzzy Clustering. Transactions of fuzzy systems. 2017. V. 23. No. 5. P. 1222–1246.
8. Модель Гауссовой смеси [Электронный ресурс]. URL: <http://espressocode.top/gaussian-mixture-model/> (дата обращения 15.11.2021).
9. Петренко А. Разбираем EM-algorithm на маленькие кирпичики. 2020 [Электронный ресурс]. URL: <http://httpshabr.com/tu/post/501850/> (дата обращения 13.11.2021).
10. Реализация на Python алгоритмов GMM и EM. 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://russianblogs.com/article/41131145085/> (дата обращения 13.11.2021).

УДК 519.61

**О ГРАНИЦАХ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОРНЕЙ ПОЛИНОМОВ  
НА ОСНОВЕ УСТОЙЧИВОЙ АДРЕСНОЙ СОРТИРОВКИ****Ромм Я.Е.***Таганрогский институт имени А.П. Чехова (филиал)  
ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»,  
Таганрог, e-mail: romm@list.ru*

Изложен компьютерный метод идентификации вещественных и комплексных корней полиномов с вещественными и комплексными коэффициентами на основе распараллеливаемой устойчивой адресной сортировки слиянием. Метод не требует отделения корней, границы области корней достаточно оценить из неравенств Маклорена. С помощью численных экспериментов выполнено исследование метода на границах числового диапазона компьютера. Показано, что все вещественные корни полинома с вещественными коэффициентами степени 12880 и выше идентифицируются с сохранением всех значащих цифр мантисс в формате представления данных в случае взаимной отделенности корней на 0,0001. Все комплексные корни полинома с комплексными коэффициентами степени 220 и выше идентифицируются с сохранением всех значащих цифр мантисс действительной и мнимой части в формате представления данных в случае взаимной отделенности корней на 0,1. Экспериментально метод показывает устойчивость идентификации корней при возмущении коэффициентов, в том числе для полиномов сравнительно высоких степеней. Отличительные качества достигаются вследствие того, что метод не преобразует входные данные, а только сравнивает их, как того требует сортировка. Погрешность возникает только на входе метода при вычислении значений полиномов для последующих сравнений. Метод обладает естественным параллелизмом и максимально параллельной формой. Ставится вопрос о применимости метода для кодирования информации. В работе даны примеры, приведены коды использованных программ и описаны результаты численных экспериментов.

**Ключевые слова:** корни полиномов, устойчивая сортировка слиянием, компьютерная идентификация нулей полиномов высоких степеней, границы числового диапазона компьютера, минимизация погрешности

**ON THE BOUNDS OF THE POLYNOMIALS' ROOTS IDENTIFICATION  
BASED ON STABLE ADDRESS SORTING****Romm Ya.E.***A.P. Chekhov Taganrog Institute (branch) of Rostov State University of Economics,  
Taganrog, e-mail: romm@list.ru*

A computer method for identifying real and complex roots of polynomials with real and complex coefficients, based on multisequencing stable address sorting by merging, is described. The method does not require root separation, it is sufficient to estimate the bounds of the root region from the Maclaurin inequalities. Numerical experiments were used to study the method at the boundaries of the computer numerical range. It is shown that all real roots of a polynomial with real coefficients of degree 12880 and higher are identified while preserving all significant digits of the mantissa in the data representation format in the case of mutual separation of the roots by 0.0001. All complex roots of a polynomial with complex coefficients of degree 220 and higher are identified with the preservation of all significant digits of the mantissa of the real and imaginary parts in the data representation format in the case of mutual separation of the roots by 0.1. Experimentally, the method shows the stability of roots' identification under perturbation of coefficients, including for polynomials of relatively high degrees. Distinctive qualities are achieved due to the fact that the method does not transform the input data, but only compares them, as required by sorting. The error occurs only at the input of the method when calculating the values of the polynomials for subsequent comparisons. The method has both a natural parallelism and the most parallel form. The question is raised about the applicability of the method for information coding. Examples, the codes of the programs used are given and the results of numerical experiments are described.

**Keywords:** roots of polynomials, stable merge sorting, computer identification of high-degree polynomials' zeros, boundaries of the computer numerical range, error minimization

*Введение и постановка вопроса*

Нахождение корней полиномов – одна из основных задач алгебры. К этой задаче сводятся приложения во множестве областей научных исследований. Так, к определению корней характеристических полиномов часто сводятся вычислительные

методы квантовой механики и процессов колебаний [1, 2]. Часто необходимым элементом исследования является анализ устойчивости физического процесса и его дифференциальной модели. Вычисление «простых точек спектра» непосредственно сводится к нахождению корней полинома. В векторном пространстве с помощью

корней характеристического полинома матрицы определяется жорданова форма линейного преобразования в ортогональном базисе, выполняется преобразование квадратичной формы к каноническому виду и исследуются геометрические объекты [3]. В приложениях теории Ляпунова корни характеристического полинома матрицы линейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений определяют характер устойчивости системы [4]. Оценка устойчивости по первому приближению также сводится к поиску корней характеристического полинома матрицы линейной системы. Для определения устойчивости электрической цепи требуется знать расположение корней характеристического полинома на комплексной плоскости. Классический метод расчёта переходных процессов в электрических цепях опирается на свойства корней характеристического полинома. Приложения не исчерпываются этим перечислением. Однако реально находить корни полиномов сложно по причине трудоёмкости вычислений и накопления погрешности, поэтому многие классические методы строятся не на прямых, а на косвенных методах определения свойств корней. Это относится к вычислению как вещественных, так и комплексных корней. В то же время надёжный способ прямого вычисления корней полиномов высоких степеней мог бы упростить решения многих прикладных задач. К числу основных препятствий относят вычислительную неустойчивость, под которой понимается резкий рост погрешности значений корней в зависимости от погрешности определения полиномиальных коэффициентов [5]. Проблемой оказывается также достаточно точное определение границ области нулей и их взаимное отделение. Вычислительные трудности увеличиваются, если корни полинома отделены на малую величину [2]. Компьютерная реализация обостряет вычислительные проблемы вследствие того, что данные обрабатываются с плавающей точкой на разрядной сетке фиксированной длины, это само по себе влечёт плохо контролируемое дополнительное накопление погрешности. В [6, 7] и более детально в [8, 9] предложен метод идентификации корней полинома на основе алгоритма сортировки, при этом большинство вычислительных операций заменяются на операции сравнения. Вычислительные операции требуются только для задания сравниваемых значений полиномов. В результате погрешность нахождения корней существенно снижается: как правило, сохраняются все значащие цифры мантиссы каждого корня

в формате представления данных. Излагаемая ниже работа отвечает на вопрос о пределах практических ограничений метода. Путём задания высоких степеней полиномов исследуются границы числового диапазона, в которых метод сохраняет качество полноты и точности идентификации всех вещественных и комплексных корней без априорной локализации каждого корня.

#### *Цель исследования*

В работе ставится цель изложить метод компьютерной идентификации корней полиномов и указать предельные ограничения для его практического применения. В число рассматриваемых ограничений входят границы степеней полиномов в зависимости от числового диапазона компьютера, рост времени решения задачи в зависимости от степени полинома и характера взаимного расположения корней, рост погрешности идентификации корней в зависимости от возмущения коэффициентов. Исследование выполняется с помощью численных экспериментов. Указываются возможности снижения ограничений, в том числе за счёт параллельной формы метода, а также формальные аспекты его применения к кодированию информации.

#### *Об идентификации корней полиномов на основе сортировки слиянием по матрицам сравнений*

Корни полинома идентифицируются как минимумы модуля этого полинома. Согласно принципу минимума модуля [10] модуль аналитической функции, отличной от константы и не обращающейся в ноль внутри области аналитичности, не может иметь локальных минимумов внутри этой области. Отсюда локальные минимумы модуля полинома достигаются в тех и только тех точках, где он обращается в ноль. Все эти локальные минимумы могут быть конструктивно идентифицированы при помощи устойчивой адресной сортировки. Метод детально изложен в [8] для случая вещественных корней полинома, в [9] – для случая комплексных корней, при этом для простоты описания использована устойчивая сортировка подсчетом по матрицам сравнений. Сортировка слиянием по матрицам сравнений применяется, однако для краткости ее описание в [8, 9] опускается. В излагаемом ниже сообщении используется только сортировка слиянием по матрицам сравнений (кратко – сортировка), поэтому для дальнейшего необходимо указать особенности ее построения и основные свойства. Сортировка упорядочивает элементы массива по отношению ≤.

Пусть требуется выполнить слияние двух упорядоченных по отдельности массивов  $\{a_j\}_{j=1}^m, \{b_i\}_{i=1}^n$ , в единый упорядоченный массив  $\{c_\ell\}_{\ell=1}^{m+n}$ . Матрица сравнений определяется как таблица вида

	$a_0$	$a_1$	...	$a_m$	$a_{m+1}$
$b_0$	$\alpha$	$\alpha$	...	$\alpha_m$	$\alpha$
$b_1$	$\alpha$	$\alpha$	...	$\alpha$	$\alpha$
...	...	...	...	...	...
$b_n$	$\alpha$	$\alpha$	...	$\alpha$	$\alpha$
$b_{n+1}$	$\alpha$	$\alpha$	...	$\alpha$	$\alpha$

где  $a_0 = b_0 = -\infty, a_{m+1} = b_{n+1} = \infty$ , являются формальными ограничителями, и для  $n+1 \geq i \geq 0 \leq j \leq m+1$  элементы таблицы определяются знаками сравнения.

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & b_i < a_j, \\ 0, & b_i = a_j, \\ -1, & a_j < b_i. \end{cases}$$

Если, например,  $\{a_j\}_{j=1}^4 = (1, 6, 6, 10)$ ,  $\{b_i\}_{i=1}^4 = (2, 6, 14, 15)$ , то матрица сравнений имеет вид

	$-\infty$	1	6	6	10	$\infty$
$-\infty$	0	+	+	+	+	+
2	-	-	+	+	+	+
6	-	-	0	0	+	+
14	-	-	-	-	-	+
15	-	-	-	-	-	+
$\infty$	-	-	-	-	-	0

Ограничитель  $\infty$  интерпретируется как элемент, заведомо больший всех упорядочиваемых элементов. Вставка элемента в окончательно упорядоченный массив определяется формулой

$$c_{i+j} = \begin{cases} b_i, & \alpha_{ij} = -1, \alpha_{i(j+1)} \geq 0, \\ a_j, & \alpha_{ij} \geq 0, \alpha_{(i+1)j} = -1, \end{cases} \quad (1)$$

где  $i = \overline{0, n}; j = \overline{0, m}$ . Согласно (1)  $b_i$  вставляется в качестве элемента массива  $c_{i+j}$  тогда и только тогда, когда в  $i$ -й строке матрицы  $j$ -й элемент отрицателен, а  $j+1$ -й элемент неотрицателен. Так,  $b_1 = 2$  перейдет в  $c_{1+1} = c_2$ ,  $b_2 = 6$  перейдет в  $c_{2+1} = c_3$ ,  $b_3 = 14$  перейдет в  $c_{3+4} = c_7$ ,  $b_4 = 15$  перейдет в  $c_{4+4} = c_8$ . Эле-

мент  $a_j$  вставляется в качестве элемента массива  $c_{i+j}$  тогда и только тогда, когда в  $j$ -м столбце матрицы  $i+1$ -й элемент отрицателен, а  $i$ -й элемент неотрицателен:  $a_1 = 1$  перейдет в  $c_{0+1} = c_1$ ,  $a_2 = 6$  перейдет в  $c_{2+2} = c_4$ ,  $a_3 = 6$  перейдет в  $c_{2+3} = c_5$ ,  $a_4 = 10$  перейдет в  $c_{2+4} = c_6$ . В результате все элементы массива  $c$  будут упорядочены. Для равных элементов массивов  $b$  и  $a$  приоритет предшествования отдается элементам массива  $b$ . Для равных элементов одного массива на выходе сохраняется их входной порядок. Таким образом, слияние устойчиво. Все сравнения в матрице взаимно независимы и могут быть выполнены одновременно, вставки выполняются по сравнению каждого элемента матрицы с двумя соседями, поэтому слияние максимально параллельно и выполнимо с временной сложностью  $T(n \times m) = O(1)$ , в скобках слева – число процессорных элементов. Последовательное слияние выполняется путем обхода области неотрицательных элементов, как для данного примера отмечено стрелками – шаг сравнения – одна стрелка, указывающая на результат сравнения с элементом строки:

	$-\infty$	1	6	6	10	$\infty$
$-\infty$	0	+	+	+	+	+
2	$\rightarrow$	$\rightarrow$	+	+	+	+
6	-	$\rightarrow$	0	0	+	+
14	-	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	+
15	-	-	-	-	$\rightarrow$	+
$\infty$	-	-	-	-	-	0

Если на шаге результат сравнения – элемент на пересечении строки и столбца матрицы – отрицательный, то делается вставка по формуле (1) элемента массива  $a$  над этим столбцом и выполняется переход к элементу следующего столбца в этой же строке. Если на шаге элемент на пересечении строки и столбца матрицы неотрицательный, то согласно (1) делается вставка элемента массива  $b$  слева от текущей строки и выполняется переход к элементу следующей строки в этом же столбце. На каждом шаге в массив  $c$  вставляется один элемент, принадлежащий либо массиву  $b$ , либо массиву  $a$ . Число шагов алгоритма равно суммарному числу элементов входных массивов. Временная сложность (здесь и ниже – число последовательных шагов алгоритма) в данном последовательном варианте  $T(1) = O(n + m)$ . Слияние адресное и устанавливает взаимно однозначное соответствие входных и выходных индексов элементов для каждого в отдельности входного массива. Такая ор-

ганизация прямой и обратной адресации сохраняется в целом для сортировки слиянием. С изложенным видоизменением слияния сортировка следует обычной схеме [11]: вначале выполняется слияние каждой пары входных элементов (с запоминанием обратных адресов), затем, аналогично, слияние упорядоченных пар, упорядоченных четверок и т.д. При этом сохраняется взаимный порядок сливаемых пар и массивов пары. Программа сортировки представлена процедурой *sort*, неизменной во всех приводимых ниже программах. Количество сортируемых элементов в данной модификации произвольно, освобождение от равенства степени двойки достигается имитацией дописывания до ближайшей степени двойки возрастающей последовательности элементов входного массива, заведомо больших, чем сортируемые. Имитация реализуется положительными значениями всех элементов каждой из матриц сравнения, которые соответствуют номерам большим истинного числа входных элементов. Сортировка не перемещает входных элементов, вызывая их на момент сравнения по обратным адресам входных индексов. При этом сами обратные адреса перемещаются, имитируя перемещение сортируемых элементов. Окончательные значения обратных адресов на выходе сортировки располагаются в от-

дельном массиве в соответствии порядку отсортированных элементов. Все слияния на шаге сортировки взаимно независимы и могут выполняться параллельно. Число таких шагов не превосходит логарифма ближайшей целой части количества сортируемых элементов. Максимально параллельный вариант сортировки имеет временную сложность  $T(N^2/4) = O(\log_2 N)$  [12]. Последовательный вариант этой же сортировки оценивается временной сложностью  $T = O(N \log_2 N)$  [12]. Все другие особенности применения сортировки для идентификации корней полиномов во всех деталях сохраняют описание и программную реализацию, изложенные в [8] для случая вещественных корней и в [9] – для случая комплексных корней полинома. Реализация этих особенностей неизменна во всех программах ниже. Суть применения кратко заключается в следующем. После сортировки последовательности  $c$  каждый ее локально минимальный элемент с входным индексом  $e_k$ ,  $1 \leq k \leq N$ , в произвольном радиусе локализации  $r = \varepsilon_0$  идентифицируется по схеме, согласно которой

$$\neg \exists \ell \in \overline{1, k-1} : |e_k - e_{k-\ell}| \leq \varepsilon_0. \quad (2)$$

Фрагмент программной реализации условия (2) имеет вид

```
{выполнение процедуры сортировки sort}
k := 1; while k <= n do begin for L := 1 to k-1 do if abs(e[k]-e[k-L]) <= eps0 then goto 11; ik := e[k];
11: k := k+1 end;
```

Здесь  $ik$  – индекс локально минимального элемента в окрестности радиуса  $\text{eps0} = \varepsilon_0$ ; оператор  $ik := e[k]$ ; выполняется, если входной индекс любого элемента меньшего  $c_k$  располагается от  $e_k$  дальше, чем на  $\varepsilon_0$ , поскольку в этом случае  $e_k$  – индекс локально минимального элемента в окрестности радиуса  $\varepsilon_0$ . Если входной индекс хотя бы одного элемента меньшего  $c_k$  расположен ближе, чем на  $\varepsilon_0$ , от  $e_k$  элемент  $c_k$  не является минимальным в окрестности радиуса  $\varepsilon_0$  и пропускается путем перехода по метке к следующему номеру  $k$ . На вход сортировки с шагом дискретизации  $h$  поступают значения модуля полинома. По принципу минимума модуля в результате выполнения (2) в окрестности радиуса  $\varepsilon_0$  окажется один и только один корень в некотором приближении. К нему выполняется спуск посредством итеративного сужения диаметра окрестности локализованного приближения до сближения концов диаметра ниже заданной границы абсолютной погрешности.

Реализующая изложенный подход программа без изменения заимствуется из [8]:

```
program ITERREKORN1680;
{$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const n1 = 40; b: array [1..n1] of extended = (1, 1.0001, 2, 2.0001, 3, 3.0001, 4, 4.0001, 5, 5.0001, 6, 6.0001, 7,
7.0001, 8, 8.0001, 9, 9.0001, 10, 10.0001, 11, 11.0001, 12, 12.0001, 13, 13.0001, 14, 14.0001, 15, 15.0001, 16,
16.0001, 17, 17.0001, 18, 18.0001, 19, 19.0001, 20, 20.0001);
eps = 1E-44; n00 = 1512; mm = 4; type vect1 = array [0..4*n00] of extended; vect2 = array [0..4*n00] of longint;
vec = array [0..n1] of extended; var i,j,k,l,ee,nn0,kk,kk1: longint; a,c: vect1; e: vect2; rex: vect1;
aaa,x,x0,x1,xk,xk0,xk1,h0,min,eps1,hh,z,z1,x00,x11,eps0,h,eps00: extended;
procedure sort(var nn0: longint; var c: vect1; var e: vect2);
type vecc = array [0..4*n00] of longint; var ab: integer; i,j,k,l,m,r,nm,p,n: longint; e1,e2: vecc;
begin p := trunc(ln(nn0)/ln(2)); if p > ln(nn0)/ln(2) then p := p+1; n := round(exp(p*ln(2)));
for l := 1 to n do if l <= nn0 then e[l] := l else ab := 1; for r := 1 to p do begin m := round(exp(r*ln(2)));
nm := n div m; for k := 0 to nm-1 do begin for l := 1 to m div 2 do begin
if (k * m + l > nn0) or (e[k * m + l] > nn0) then ab := 1 else e1[l] := e[k * m + l];
```

```

if (k * m + m div 2 + 1 > nn0) or (e[k * m + m div 2 + 1] > nn0) then ab := 1
else e2[j] := e[k * m + m div 2 + 1] end; i := 1; j := 0; while i + j <= m do begin
if i = m div 2 + 1 then ab := -1; if j = m div 2 then ab := 1;
if (k * m + i > nn0) or (e[k * m + i] > nn0) or (k * m + m div 2 + j > nn0 - 1) or (e[k * m + m div 2 + j] > nn0)
then ab := 1; if (i <= m div 2) and (j <= m div 2 - 1) and (k * m + i <= nn0) and (k * m + m div 2 + j <= nn0 - 1)
then if (e2[j + 1] > nn0) or (e1[i] > nn0) then ab := 1 else
begin if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] = 0 then ab := 0; if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] > 0 then ab := 1;
if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] < 0 then ab := -1 end; if ab >= 0 then begin e[k * m + i + j] := e1[i]; i := i + 1 end
else begin e[k * m + i + j] := e2[j + 1]; j := j + 1 end end end end;
procedure ident (var x0,x11,eps0, h: extended);
label 21, 22;
{polinom stepeni 1680}
function func (var x: extended): extended;
var i0,i1,i2: integer; p,p0,p1: extended;
begin p := 1; for i0 := 1 to n1 do p := p*(sqr(x)-sqr(b[i0]));
p1 := 1; for i1 := 1 to n1 do for i2 := 1 to 10 do p1 := p1*(sqr(x)-sqr(b[i1]+i2*0.001));
p0 := 1; for i1 := 1 to n1 do for i2 := 1 to 10 do p0 := p0*(sqr(x)-sqr(b[i1]-i2*0.001));
func := abs(p*p1*p0); end;
procedure min1 (var x: extended; var ee: longint);
begin min := func(x); ee := 0; for i := 1 to mm do begin
x := xk0+i*h0; if min > func(x) then begin min := func(x); ee := i; end; end; end;
begin
aaa := 1e62; nn0 := n00; hh := nn0*h; kk := 0; x0 := x00; while x0 <= x11 do begin
for i := 1 to nn0 do begin x := x0+i*h; c[i] := func(x); end;
sort(nn0, c, e); k := 1; while k <= nn0 do begin for l := 1 to k-1 do
if abs(e[k]-e[k-1]) <= eps0/h then goto 22; xk := x0+e[k]*h; eps1 := eps0; xk0 := xk-eps1;
xk1 := xk+eps1; h0 := abs(2*eps1)/mm; while abs(eps1) > eps do begin x := xk0; min1(x,ee); eps1 := eps1/1.2;
xk0 := xk0+ee*h0-eps1; xk1 := xk0+ee*h0+eps1; h0 := abs(2*eps1)/mm; end; if func(xk) = 0 then begin x := xk;
goto 21; end; x := xk0+ee*h0+eps1;
for i := 1 to 2 do begin z := x+i*h; if func(x) >= func(z) then goto 22; end;
for i := 1 to 2 do begin z1 := x-i*h; if func(x) >= func(z1) then goto 22; end;
if abs(aaa-x) <= 1e-20 then goto 22;
21: writeln (' ', x, ', ', func(x)); aaa := x; kk := kk+1; rex[kk] := x;
22: k := k+1 end; x0 := x0 + hh end; end;
begin writeln ('PRIBLIJENIE'); writeln; x00 := -32; x11 := 32; eps0 := 0.00049/2; h := eps0/43; eps00 := eps0;
ident(x00,x11,eps0, h); writeln; writeln ('TOCHN'); writeln; eps0 := eps0/10; h := eps0/43; for kk1 := 1 to kk do
begin x00 := rex[kk1]-eps00; x11 := rex[kk1]+eps00; ident(x00,x11,eps0, h); end; readln; end.

```

Единственное изменение состоит в способе задания полинома, что детально оговаривается ниже. Программа построена на первоначальной локализации корней с относительно большим радиусом локализации, по ходу которой каждый локализованный корень запоминается. В окрестности каждого запомненного корня, ограниченной исходным радиусом локализации, выполняется повторный запуск всей процедуры с радиусом локализации столь малым, что он гарантирует идентификацию всех (возможно пропущенных при первоначальной локализации) корней полинома. Начальный радиус локализации меньше половины наименьшего расстояния между корнями, шаг дискретизации около 0,02 радиуса, эти величины могут быть уменьшены или увеличены в зависимости от характера задачи.

#### *Границы применимости метода в случае вещественных корней полинома*

Цель экспериментов – идентификация корней полиномов высоких степеней. С этой целью на вход программ подаются специально подобранные значения корней, чтобы на выходе визуально контролировать наличие корней и точность их идентификации. В данном примере на вход программы ITERREKORN1680 поступают элементы массива  $b$ , где они попарно отделены на 0,0001. В разделе описаний процедуры `ident` из элементов массива  $b$  формируется входной полином с помощью подпрограммы `func`. По основной теореме высшей алгебры полином

$$\tilde{P} = \prod_{\ell=1}^{40} (x - b[\ell]) \quad (3)$$

имел бы в качестве корней все 40 элементов массива  $b$ . Для увеличения степени полинома, корни которого требуется найти, полином (3) преобразовывался в полином степени 80:

$$P = \prod_{\ell=1}^{40} (x^2 - (b[\ell])^2). \quad (4)$$

У полинома (4) те же корни, что и у полинома (3), но кроме того в число корней входят все корни (3) с обратным знаком. Дальнейшее увеличение степени обеспечивает алгоритм

```
p1: = 1; for i1: = 1 to n1 do for i2: = 1 to 10 do p1: = p1*(sqr(x)-sqr(b[i1]+i2*0.01));
p0: = 1; for i1: = 1 to n1 do for i2: = 1 to 10 do p0: = p0*(sqr(x)-sqr(b[i1]-i2*0.01));
```

 (5)

В первом цикле алгоритм (5) к каждому корню полинома (4) десять раз добавляет по 0.01, образуя новые корни, и перемножает все разности квадратов независимой переменной и значения нового корня. Получается полином степени 800. Во втором цикле от каждого корня полинома (4) вычитается по 0,01, и полученные биномы аналогично перемножаются. Получается еще один полином степени 800. Затем значению func присваивается произведение всех трех полиномов: func: = abs(p\*p1\*p0); В результате на вход программы поступает полином степени 1680, многие корни которого взаимно отделены на 0,0001. Результат работы программы (в колонке слева – значения корней, справа – соответственные значения полинома):

```
-2.010010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.010000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.009000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.009010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.008010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.008000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
.....
-2.001010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.001000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.000000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-2.000010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
-1.999000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
.....
1.998010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
1.998000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
1.999010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
1.999000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.000000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.000010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.001000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.001010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.002010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.002000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
.....
2.008000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.008010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.008000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.009000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.009010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.010000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.010010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
```

Для полиномов степени не выше 100 достаточно было бы взять радиус локализации меньше половины расстояния между ближайшими корнями [8]. Однако с ростом степени растет число операций с плавающей точкой, что влечет накопление погрешности значения полинома. Это приводит к необходимости уменьшить радиус локализации до значений, представленных в разделе инструкций. Согласно проверке найдены все 1680 корней, которые вычислены без потери значащих цифр мантииссы в формате представления данных.

**Замечание 1.** Ненакопление погрешности достигается потому, что сортировка не преобразует входные значения, а только сравнивает их. Аналогично, при реализации схемы (2) используются только сравнения индексов, и в остальном программа построена на сравнении значений. Потеря точности возникает на входе, при вычислении значения полинома, что с ростом его степени может нарушать границы числового диапазона компьютера.

**Замечание 2.** Все корни без изменений нашлись бы в расширенной области, например, на отрезке  $x_{00} = -322$ ;  $x_{11} = 322$ . Однако это замедлило бы работу программы. В представленном варианте на ПК с процессором Intel(R) Core(TM) i5-4460 CPU@3.20GHz программа выполняется 4 мин. Дальнейшие эксперименты направлены на кратное увеличение степени полинома, поэтому не безразлично, вычисляется ли значение полинома от 322 или от 22. В первом случае он быстрее выйдет из допустимого числового диапазона, и определить применимость метода для испытываемой степени полинома уже не удастся.

**Замечание 3.** Чтобы найти приближенные границы области корней полинома, следует решить задачу в расширенных границах с увеличенным радиусом локализации, например,  $\epsilon_0 = 0.0049$ ;  $h = \epsilon_0/43$ . Это даст быстрое решение с пропуском близко расположенных корней, но четко обозначит границы области корней в процессе вывода данных [8].

Если в циклах (5)0,01 заменить на 0,01/2, то выходные данные по-прежнему сохраняют наглядность контроля, в частности при двойном увеличении числа шагов цикла:

$$\begin{aligned} p1 &= 1; \text{ for } i1: = 1 \text{ to } n1 \text{ do for } i2: = 1 \text{ to } 20 \text{ do } p1: = p1 * (\text{sqr}(x) - \text{sqr}(b[i1] + i2 * 0.01/2)); \\ p0 &= 1; \text{ for } i1: = 1 \text{ to } n1 \text{ do for } i2: = 1 \text{ to } 20 \text{ do } p0: = p0 * (\text{sqr}(x) - \text{sqr}(b[i1] - i2 * 0.01/2)); \end{aligned} \quad (6)$$

С циклами (6) вместо (5) та же программа (без каких-либо других изменений) будет искать корни полинома степени 3280. Результат работы программы:

```
-2.01000000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.01001000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00950000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00951000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00900000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00901000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00851000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00850000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00801000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00800000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
.....
2.00800000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00801000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00851000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00850000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00900000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00901000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00950000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00951000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.01000000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.01001000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
```

Согласно проверке найдены все корни полинома степени 3280 без потери значащих цифр.

**Замечание 4.** Препятствием увеличения степени полинома является ограниченность числового диапазона компьютера. Так, если непосредственно повторить прием (6) для последующего двойного увеличения степени, то программа выйдет из числового диапазона.

Чтобы обойти трудность, в представление входного полинома вносится деление на одно и то же число независимой переменной и значения корня, например,

$$\tilde{P} = \prod_{\ell=1}^{40} (x/10 - b[\ell]/10). \quad (7)$$

Значения корней полинома при этом не изменятся, но значение самого полинома уменьшится в  $10^{40}$ , что отдалит его значение от границ числового диапазона. Вся подпрограмма задания полинома степени 6480 примет вид

```
function func (var x: extended): extended;
var i0,i1,i2: integer; p,p0,p1: extended;
begin p: = 1; for i0: = 1 to n1 do p: = p*(sqr(x/10)-sqr(b[i0]/10));
p1: = 1; for i1: = 1 to n1 do for i2: = 1 to 40 do p1: = p1*(sqr(x/10)-sqr((b[i1]+i2*0.01/2/10)));
p0: = 1; for i1: = 1 to n1 do for i2: = 1 to 40 do p0: = p0*(sqr(x/10)-sqr((b[i1]-i2*0.01/2/10)));
func: = abs(p*p1*p0); end;
```

Других изменений в программу ITERREKORN1680 не вносится. Результат работы программы:

```
-2.01001000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.01000000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00925000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00926000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
```

```

-2.00950000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00951000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00876000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00875000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00900000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.00901000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
.....
2.00876000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00875000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00900000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00901000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00925000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00926000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00950000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00951000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00975000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.00976000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.01000000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.01001000000000E+0001  0.00000000000000E+0000

```

По мере достоверности визуальной проверки можно утверждать, что программа идентифицировала все 6480 корней полинома степени 6480 без потери значащих цифр мантиссы в формате представления данных. Программа выполняется примерно 1 ч 30 мин.

Если пытаться еще раз повторить прием (7) для удвоения степени полинома, то его значение выйдет за пределы числового диапазона. Чтобы этого избежать, использовано следующее видоизменение приема:

$$\tilde{P} = \prod_{\ell=1}^{40} (x - b[\ell] / q), \quad (8)$$

то есть делению подверглись непосредственно значения самих корней. Из возможных значений делителя не выйти из числового диапазона удалось только при  $q = 18$  и  $q = 17$ . Использование (8) сокращает размер области корней полинома в  $q$  раз. Поэтому необходимо в  $q$  раз уменьшить модуль ранее заданных границ. Расстояние между корнями аналогично уменьшится, – необходимо в  $q$  раз уменьшить радиус локализации, уменьшится модуль корней, при выводе нужно умножить их значения на  $q$ . В итоге подпрограмма func примет вид

```

function func (var x: extended): extended;
var i0,i1,i2: integer; p,p0,p1: extended;
begin p:= 1; for i0:= 1 to n1 do p:= p*(sqr(x)-sqr(b[i0]/18));
p1:= 1; for i1:= 1 to n1 do for i2:= 1 to 80 do p1:= p1*(sqr(x)-sqr((b[i1]+i2*0.01)/18));
p0:= 1; for i1:= 1 to n1 do for i2:= 1 to 80 do p0:= p0*(sqr(x)-sqr((b[i1]-i2*0.01)/18)); func:=
abs(p*p1*p0); end;

```

От деления добавлявшихся к исходным корням значений ( $/2/2/2$ ) пришлось отказаться, при его использовании программа выходила из числового диапазона. С изменением вывода корней, границ области и радиуса локализации заключительная часть программы примет вид

```

.....
21: writeln (' ', 18*x, ' ', func(x)); aaa:= x; kk:= kk+1; rex[kk]:= x;
22: k:= k+1 end; x0:= x0 + hh end; end;
begin writeln ("PRIBLIJENIE"); x00:= -22/18; x11:= 22/18; eps0:= 0.00049/2/2/18; h:= eps0/43;
eps00:= eps0;
ident(x00,x11,eps0,h); writeln ("TOCHN"); eps0:= eps0/10/2; h:= eps0/43; for kk1:= 1 to kk do
begin x00:= rex[kk1]-eps00; x11:= rex[kk1]+eps00; ident(x00,x11,eps0, h); end; readln; end.

```

Других изменений в программу ITERREKORN1680 не вносилось. Результат работы программы:

```

-2.08001000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.08000000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
.....
2.07001000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.07000000000000E+0001  0.00000000000000E+0000

```

```

2.071010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.071000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.072010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.072000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.073000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.073010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.074000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.074010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.075010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.075000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.076010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.076000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.077010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.077000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.078000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.078010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.079000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.079010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.080010000000000E+0001  0.000000000000000E+0000
2.080000000000000E+0001  0.000000000000000E+0000

```

По мере достоверности проверки без потери значащих цифр найдены все корни полинома степени 12880, включая отделенные на 0,0001. Программа выполняется 2 ч 15 мин.

**Замечание 5.** Данные варианты программ не идентифицируют кратность корней полинома, – повторный вывод одинаковых значений не означает кратность. Вариант программы с учетом кратности приводится в [9].

Прием (8) сужения области корней полинома можно распространить на случай, когда полином задан своими коэффициентами,

$$P_n(x) = d_n x^n + d_{n-1} x^{n-1} + \dots + d_1 x + d_0, \quad (9)$$

где, не умаляя общности, можно считать  $d_n = 1$ . Корни полинома (9) связаны с его коэффициентами формулами Виета:

$$\begin{aligned}
 d_n &= 1, \quad d_{n-1} = -(x_0 + x_1 + x_2 + \dots + x_{n-1}), \\
 d_{n-2} &= (x_0 \cdot x_1) + (x_0 \cdot x_2) + \dots + (x_0 \cdot x_{n-1}) + \dots + (x_{n-2} \cdot x_{n-1}), \\
 d_{n-3} &= -(x_0 \cdot x_1 \cdot x_2 + x_0 \cdot x_1 \cdot x_3 + \dots + x_{n-3} \cdot x_{n-2} \cdot x_{n-1}), \dots, \\
 d_{n-l} &= (-1)^{n-l} \cdot (x_0 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \dots x_{l-1} + \dots + x_{n-l-1} \cdot \dots \cdot x_{n-1}), \dots, \\
 d_0 &= (-1)^n \cdot (x_0 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_{n-2} \cdot x_{n-1}).
 \end{aligned} \quad (10)$$

Из (9), (10) следует, что каждый из корней поделится на число  $q > 0$  тогда и только тогда, когда каждый  $(n - \ell)$ -й коэффициент  $d_{n-\ell}$  поделится на  $q^\ell$ ,  $\ell = 1, 2, \dots, n$ .

С сохранением приема степень полинома можно еще немного увеличить. По сравнению с последним вариантом программы следует ввести изменение, состоящее в увеличении количества шагов внутреннего цикла в подпрограмме func до 90 и взять  $q = 17$ ,

```

function func (var x: extended): extended;
var i0,i1,i2: integer; p,p0,p1: extended;
begin p := 1; for i0 := 1 to n1 do p := p*(sqr(x)-sqr(b[i0]/17));
p1 := 1; for i1 := 1 to n1 do for i2 := 1 to 90 do p1 := p1*(sqr(x)-sqr((b[i1]+i2*0.01)/17));
p0 := 1; for i1 := 1 to n1 do for i2 := 1 to 90 do p0 := p0*(sqr(x)-sqr((b[i1]-i2*0.01)/17)); func :=
abs(p*p1*p0); end;

```

при выводе значений учитывать  $q = 17$ , радиус локализации в уточняющей части раздела инструкций ('TOCHN') следует изменить в сторону уменьшения,

```

21: writeln (' ', 17*x, ' ', func(x)); aaa := x; kk := kk+1; rex[kk] := x;
22: k := k+1 end; x0 := x0 + hh end; end;
begin writeln ('PRIBLIJENIE'); x00 := -22/17; x11 := 22/17; eps0 := 0.00049/2/2/17; h := eps0/43;
eps00 := eps0; ident(x00,x11,eps0,h); writeln ('TOCHN'); eps0 := eps0/10/17; h := eps0/43;
for kk1 := 1 to kk do begin x00 := rex[kk1]-eps00; x11 := rex[kk1]+eps00; ident(x00,x11,eps0,h);
end; readln; end.

```

С точностью до визуальной проверки результатом работы программы станет идентификация всех корней полинома степени 14480 без потери значащих цифр мантиссы:

```
-2.09000000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
-2.09001000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
.....
2.08000000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08001000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08100000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08101000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08200000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08201000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
.....
2.08700000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08701000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08800000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08801000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08900000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.08901000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.09000000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
2.09001000000000E+0001  0.00000000000000E+0000
```

Программа выполняется 3 ч 20 мин. Дальнейшие попытки увеличить степень полинома приводили к выходу из границ числового диапазона или к потере значащих цифр мантиссы корней. На этом численные эксперименты в данном направлении были завершены.

*О влиянии возмущения коэффициентов полинома на идентификацию вещественных корней*

Алгоритмы вычисления корней полинома принято считать неустойчивыми: независимо от способа нахождения корней на их значения крайне влияет возмущение коэффициентов полинома. В [5] приводится пример, когда коэффициент полинома

$$P_{20}(x) = \prod_{\ell=1}^{20} (x - \ell), \quad (11)$$

при  $x^{19}$  возмущается на  $2^{-23}$ , –

$$P_{20}^{(0)}(x) = \prod_{\ell=1}^{20} (x - \ell) + \beta_{19} x^{19}, \quad (12)$$

$\beta_{19} = 2^{-23}$ , – в результате больше половины корней полинома (12) становятся комплексными, один из остальных отличается от соответственного корня (11) уже в первых знаках после десятичной точки. Это полностью подтверждается идентификацией корней (12) по представленной выше программе, где подпрограмма func примет вид

```
function func (var x: extended): extended;
var i1: 1..n1; p: extended;
begin p := 1; for i1 := 1 to 20 do p := p*(x-i1); func := abs(p+sqrt(sqrt(sqrt(sqrt(x))))*x*x*x*exp(-23*ln(2))); end;
```

раздел инструкций берется с параметрами границ области корней и радиусов локализации:

```
begin writeln (' ':12,'PRIBLIJENIE'); writeln; writeln;
x00 := -22; x11 := 22; eps0 := 0.00049; h := eps0/43; eps00 := eps0; ident(x00,x11,eps0,h); writeln; writeln;
writeln (' ':12,'ТОЧНО'); writeln; writeln; eps0 := eps0/10; h := eps0/43; for kk1 := 1 to kk do
begin x00 := rex[kk1]-eps00; x11 := rex[kk1]+eps00; ident(x00,x11,eps0,h); end; readln; end.
```

Результат работы программы:

```
1.00000000000000E+0000  1.19209289550781E-0007
2.00000000000000E+0000  2.67926726706873E-0005
3.00000000000019E+0000  5.58171556354209E-0005
3.9999999973898E+0000  2.90234767774677E-0006
5.00000007244851E+0000  1.26962299873412E-0006
5.99999305644644E+0000  1.58001785166561E-0006
```

```
7.00030339886563E+0000 9.00123268365860E-0007
7.99302504437346E+0000 3.68803739547729E-0007
9.14728137862023E+0000 2.23517417907715E-0007
9.50201129715976E+0000 5.96046447753906E-0008
```

Однако при уменьшении возмущения рассматриваемого коэффициента до  $\beta_{19} = 2^{-33}$  уже все 20 корней станут вещественными, а при  $\beta_{19} = 2^{-43}$  все корни идентифицируются с точностью до  $0.5 \times 10^{-4}$ . Дальнейшее уменьшение возмущения влечет повышение точности приближения к значениям корней из (1), и при  $\beta_{19} = 2^{-89}$  все корни окажутся найденными с верными значащими цифрами в принятом числовом формате [7]. Более того, даже если все коэффициенты полинома (11) (кроме старшего единичного) возмутить, причем на возрастающие значения по убыванию индекса коэффициента, вплоть до возмущений больших единицы в коэффициентах при степенях от четвертой до нулевой,

```
function func (var x: extended): extended;
var i1: 1..n1;p:extended;
begin p:= 1; for i1:= 1 to 20 do p:= p*(x-i1); func:= abs(p+1e-27*(sqr(sqr(sqr(sqr(x)))))*x*x*x)+
1e-26*(sqr(sqr(sqr(sqr(x)))))*x*x)+1e-25*(sqr(sqr(sqr(sqr(x)))))*x)+1e-24*(sqr(sqr(sqr(sqr(x)))))+
1e-22*((sqr(sqr(sqr(x))))*x*x*x-1e-20*(sqr(sqr(sqr(x)))))*x*x-1e-18*(sqr(sqr(sqr(x)))))*x-
1e-16*(sqr(sqr(sqr(x)))))-1e-12*((sqr(sqr(x))))*x*x*x-1e-8*((sqr(sqr(x))))*x-1e-4*((sqr(sqr(x)))))*x-
1*sqr(sqr(x))-1.4*sqr(x)*x-1.8*sqr(x)-2.2*x-2.6); end;
```

все значения корней полинома совпадут с корнями невозмущенного полинома (11) при идентификации по представленной программе:

```
1.00000000000000E+0000 -7.98899001000100E-0022
2.00000000000000E+0000 2.82448607935987E-0019
3.00000000000000E+0000 7.86974812262708E-0017
4.00000000000000E+0000 7.39441869845990E-0015
5.00000000000000E+0000 2.90985021530609E-0013
6.00000000000000E+0000 6.17501469624645E-0012
7.00000000000000E+0000 8.43767455081911E-0011
8.00000000000000E+0000 8.31773124213909E-0010
9.00000000000000E+0000 6.37567453464681E-0009
1.00000000000000E+0001 4.00099999988385E-0008
1.10000000000000E+0001 2.13281227462223E-0007
1.20000000000000E+0001 4.03586937610926E-0007
1.30000000000000E+0001 7.11606705941480E-0008
1.40000000000000E+0001 8.33336454193886E-0008
1.50000000000000E+0001 1.07542928787874E-0006
1.60000000000000E+0001 7.41617575745599E-0006
1.70000000000000E+0001 7.55488678400258E-0005
1.80000000000000E+0001 2.07697876763876E-0004
1.90000000000000E+0001 3.85618490701140E-0003
2.00000000000000E+0001 9.83042047999998E-0003
```

Если такое же возмущение вставить в программу с полиномом, корни которого заданы в разделе констант исходной программы ITERREKORN1680, –

```
const n1 = 40; b: array [1..n1] of extended = (1, 1.0001, 2, 2.0001, 3, 3.0001, 4, 4.0001, 5, 5.0001, 6, 6.0001, 7,
7.0001, 8, 8.0001, 9, 9.0001, 10, 10.0001, 11, 11.0001, 12, 12.0001, 13, 13.0001, 14, 14.0001, 15, 15.0001,
16, 16.0001, 17, 17.0001, 18, 18.0001, 19, 19.0001, 20, 20.0001);
```

затем с помощью подпрограммы func задать полином степени 560 с корнями, взаимно отделенными на 0,0001 и на 0,001, при возмущении коэффициентов из предыдущего кода,

```
function func (var x: extended): extended;
var i,i1,i2: integer;p,p1,p2:extended;
begin p:= 1; for i:= 1 to n1 do p:= p*(sqr(x)-sqr(b[i]));
p1:= 1; for i1:= 1 to n1 do for i2:= 1 to 3 do p1:= p1*(sqr(x)-sqr(b[i1]+i2*0.001));
p2:= 1; for i1:= 1 to n1 do for i2:= 1 to 3 do p2:= p2*(sqr(x)-sqr(b[i1]-i2*0.001));
func:= abs(p*p1*p2+1e-27*(sqr(sqr(sqr(sqr(x)))))*x*x*x)+1e-26*(sqr(sqr(sqr(sqr(x)))))*x*x)+
1e-25*(sqr(sqr(sqr(sqr(x)))))*x)+1e-24*(sqr(sqr(sqr(sqr(x)))))+1e-22*((sqr(sqr(sqr(x)))))*x*x*x-
1e-20*(sqr(sqr(sqr(x)))))*x*x-1e-18*(sqr(sqr(sqr(x)))))*x-1e-16*(sqr(sqr(sqr(x)))))-1e-12*((sqr(sqr(x))))*x*x*x-
1e-8*((sqr(sqr(x))))*x*x-1e-4*((sqr(sqr(x)))))*x-1*sqr(sqr(x))-1.4*sqr(x)*x-1.8*sqr(x)-2.2*x-2.6); end;
```

и с разделом инструкций

```
begin writeln ('PRIBLIJENIE'); writeln; x00: = -22; x11: = 22; eps0: = 0.00049/10; h: = eps0/43; eps00: = eps0;
ident(x00,x11,eps0, h); writeln; writeln ('TOCHN'); writeln; eps0: = eps0/10; h: = eps0/43;
for kk1: = 1 to kk do begin x00: = rex[kk1]-eps00; x11: = rex[kk1]+eps00;
ident(x00,x11,eps0, h); end; readln; end.
```

то программа найдет все 560 корней без потери значащих цифр их мантисс:

```
-2.000310000000000E+0001 3.28674871284977E-0003
-2.000300000000000E+0001 3.28642667889085E-0003
-2.000210000000000E+0001 3.28352971535904E-0003
-2.000200000000000E+0001 3.28320797959648E-0003
-2.000110000000000E+0001 3.28031369866020E-0003
-2.000100000000000E+0001 3.27999226083365E-0003
-2.000000000000000E+0001 3.27677951999999E-0003
-2.000010000000000E+0001 3.27710066015066E-0003
.....
-2.003100000000000E+0000 -1.53465946650750E-0019
-2.003000000000000E+0000 -1.53395508261575E-0019
-2.002000000000000E+0000 -1.52692470557641E-0019
-2.002100000000000E+0000 -1.52762664233116E-0019
-2.001100000000000E+0000 -1.52061827515068E-0019
-2.001000000000000E+0000 -1.51991878233121E-0019
-2.000100000000000E+0000 -1.51363433276626E-0019
-2.000000000000000E+0000 -1.51293728063987E-0019
.....
2.000000000000000E+0001 9.83042047999998E-0003
2.000010000000000E+0001 9.83131836319032E-0003
2.000100000000000E+0001 9.83940281061152E-0003
2.000110000000000E+0001 9.84030147140918E-0003
2.000200000000000E+0001 9.84839292015945E-0003
2.000210000000000E+0001 9.84929235920078E-0003
2.000300000000000E+0001 9.85739081500944E-0003
2.000310000000000E+0001 9.85829103293127E-0003
```

Можно предположить, что при использовании предложенного метода устойчивость вычисления вещественных корней полинома можно обеспечить существующими средствами компьютерного приближения коэффициентов.

**Замечание 6.** Однако само значение полинома в идентифицированных корнях остается возмущенным – вычисленным с низкой точностью. В целом это не ошибка, поскольку при возмущении коэффициентов идентифицируются корни другого (по сравнению с невозмущенным) полинома, и полученные значения корней совпали только в границах использованного формата числовых данных.

*Границы применимости метода  
в случае комплексных корней полинома*

В этом случае корни полинома при наличии малой взаимной отделенности идентифицируются существенно более длительно [9], чем в случае вещественных корней. С учетом длительности вычислений и с целью визуального контроля исходные значения вещественных и мнимых частей корней будут взаимно отделяться всего на 0,1. Исходная программа идентификации комплексных корней полинома с комплексными коэффициентами почти без изменений заимствуется из [9]. Там же приводится подробное описание метода, которое для краткости здесь не повторяется. Однако существенное изменение состоит в исключении операторов `if abs(aaa-x) <= 1e-50 then goto 23; if abs(bbb-yk0) <= 1e-50 then goto 22.` В приводимой ниже программе они отмечены комментарием //. В экспериментах эти операторы исключали некоторые корни с совпадающими вещественными или мнимыми частями. Кроме того, не используется отсечение приближений с большим значением модуля полинома (закомментировано в программе).

Для полинома степени  $n$  от комплексной переменной  $P_n(z)$ ,  $z = x + iy$ ,  $i = \sqrt{-1}$ , после перехода к квадрату модуля по соотношению

$$f(x, y) = P_n(z) \times \overline{P_n(z)} = \prod_{i=1}^n \left( (x - a_i)^2 + (y - b_i)^2 \right), \quad (13)$$

идентифицируются минимумы модуля функции двух вещественных переменных, которые соответствуют действительным и мнимым частям искомым комплексных корней. Соот-

ношение (13) элементарно выводится из основной теоремы высшей алгебры,  $a_i, b_i$  – вещественная и мнимая части  $i$ -го корня полинома. Описанные для случая вещественных корней принципы по отдельности применяются к обоим переменным функции (13). Идентификацию корней реализует программа:

```

PROGRAM ITERKOMPORN100;
{$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const n00 = 1024; np1 = 20; type vect3 = array [1..np1] of extended;
const b: vect3 = (-0.1,-0.2,-0.3,-0.4,-0.5,-0.6,-0.7,-0.8,-0.9,-1,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1);
      b1: vect3 = (0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,-0.1,-0.2,-0.3,-0.4,-0.5,-0.6,-0.7,-0.8,-0.9,-1);
type vect1 = array [1..4*n00] of extended; vect2 = array [1..4*n00] of longint;
var i,ii,j,k,kk,k1,r,ee,eel,ttt,mm: longint; c,a1,rex,imy: vect1; e,e3,e33: vect2;
aaa,x,x0,xk,xk0,xk1,hx,hy,min,eps1,eps11,eps12,eps13,z,z1,bbb,
y,y0,yk,yk0,yk1,ykk0,aak,bbk,hh,yz,yz1,x00,x11,y00,y11,eps0,h,eps00,eps: extended;
procedure sort(var nn0: longint; var c: vect1; var e: vect2);
type vecc = array[0..4*n00] of longint; var ab: integer; i,j,k,l,m,r,nm,p,n: longint; e1, e2: vecc;
begin p := trunc(ln(nn0)/ln(2)); if p > ln(nn0)/ln(2) then p := p+1; n := round(exp(p*ln(2)));
for l := 1 to n do if l <= nn0 then e[l] := l else ab := 1; for r := 1 to p do begin m := round(exp(r*ln(2)));
nm := n div m; for k := 0 to nm-1 do begin for l := 1 to m div 2 do begin
if (k * m + l > nn0) or (e[k * m + l] > nn0) then ab := 1 else e1[l] := e[k * m + l];
if (k * m + m div 2 + l > nn0) or (e[k * m + m div 2 + l] > nn0) then ab := 1 else e2[l] := e[k * m + m div 2 + l]
end; i := 1; j := 0; while i + j <= m do begin if i = m div 2 + 1 then ab := -1; if j = m div 2 then ab := 1;
if (k * m + i > nn0) or (e[k * m + i] > nn0) or (k * m + m div 2 + j > nn0-1) or (e[k * m + m div 2 + j] > nn0)
then ab := 1; if (i <= m div 2) and (j <= m div 2-1) and (k * m + i <= nn0) and (k * m + m div 2 + j <= nn0-1)
then if (e2[j + 1] > nn0) or (e1[i] > nn0) then ab := 1 else begin if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] = 0 then ab := 0;
if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] > 0 then ab := 1; if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] < 0 then ab := -1 end; if ab >= 0 then begin
e[k * m + i + j] := e1[i]; i := i + 1 end else begin e[k * m + i + j] := e2[j + 1]; j := j + 1 end end end end end;
procedure identifl(var eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0:extended;
var rex,imy: vect1;var kk:longint;var mm:longint);
label 21,22,23;
function func(x,y:extended):extended;
var p,p0,p1:extended; i1,i2: integer;
begin p := 1; for i1 := 1 to np1 do p := p*(sqr(x-b[i1])+sqr(y-b1[i1]));
p1 := 1; for i1 := 1 to np1 do for i2 := 1 to 2 do p1 := p1*(sqr(x-(b[i1]+i2*1))+sqr(y-(b1[i1]+i2*1)));
p0 := 1; for i1 := 1 to np1 do for i2 := 1 to 2 do p0 := p0*(sqr(x-(b[i1]-i2*1))+sqr(y-(b1[i1]-i2*1)));
func := abs(p*p1*p0); end;
procedure minx(var x,y,min:extended;var ee:integer);
begin min := func(x,y); ee := 0; for i := 1 to mm do begin x := xk0+i*hx;
if min > func(x,y) then begin min := func(x,y);ee := i end end end;
procedure miny(var x,y,min:extended;var eel:integer);
begin min := func(x,y); eel := 0; for i := 1 to tty do begin y := yk0+i*hy;
if min > func(x,y) then begin min := func(x,y);eel := i end end end;
procedure spusx(var eps1, xk0,xk1,hx,y: extended);
begin while abs(eps1) > eps do begin x := xk0; minx(x,y,min,ee); eps1 := eps1/1.2;
xk0 := xk0+ee*hx-eps1;xk1 := xk0+eps1;hx := abs(2*eps1)/mm end end;
procedure spusky(var eps11,yk0,yk1,hy,x: extended);
begin while abs(eps11) > eps do begin ykk0 := yk0; y := yk0; tty := mm;
miny(x,y,min,eel); eps11 := eps11/1.2; yk0 := yk0+eel*hy-eps11; yk1 := yk0+eps11;
hy := abs(2*eps11)/mm end end;
begin {aaa := 1e62;bbb := 1e62;} kk := 0; x0 := x00; y0 := y00; nn0 := n00; hh := nn0*h;
while x0 <= x11+hh do begin while y0 <= y11+hh do begin for r := 1 to nn0 do
begin x := x0+r*h; ykk0 := y0; y := y0; tty := n00; hy := h; miny(x,y,min,eel); a1[r] := min end; sort( nn0,
a1, e3);
k := 1; while k <= nn0 do begin for r := 1 to k-1 do if abs(e3[k]-e3[k-r]) <= eps0/h then goto 23; xk :=
x0+e3[k]*h;
for r := 1 to nn0 do begin y := y0+r*h; a1[r] := func(xk,y) end; sort(nn0, a1, e33); k1 := 1; while k1 <= nn0 do
begin
for r := 1 to k1-1 do if abs(e33[k1]-e33[k1-r]) <= eps0/h then goto 22; yk := y0+e33[k1]*h; eps1 := eps0;
eps11 := eps0; xk0 := xk-eps1; xk1 := xk+eps1; hx := abs(2*eps1)/mm; y := yk; spusx(eps1,xk0,xk1,hx,y);
yk0 := yk-eps11; yk1 := yk+eps11; hy := abs(2*eps11)/mm; x := xk0+ee*hx+eps1; spusky(eps11,yk0,yk1,hy,x);
eps12 := eps0/1.2; xk0 := x-eps12; xk1 := x+eps12; hx := abs(2*eps12)/mm; y := yk0+eel*hy+eps11;
spusx(eps12, xk0,xk1,hx,y); eps13 := eps0/1.2; yk0 := yk0+eel*hy-eps13; yk1 := yk0+2*eps13;
hy := abs(2*eps13)/mm; x := xk0+ee*hx+eps12; spusky(eps13,yk0,yk1,hy,x);
if func(xk,yk) = 0 then begin x := xk; yk0 := yk; goto 21 end;
for i := 1 to 2 do begin z := x+i*h; if func(x,yk0) >= func(z,yk0) then goto 23; end;
for i := 1 to 2 do begin z1 := x-i*h; if func(x,yk0) >= func(z1,yk0) then goto 23; end;
for i := 1 to 2 do begin yz := yk0+i*h; if func(x,yk0) >= func(x,yz) then goto 22; end;

```

```

for i = 1 to 2 do begin yz1 = yk0-i*h; if func(x,yk0) >= func(x,yz1) then goto 22; end;
//if abs(aaa-x)<= 1e-50 then goto 23; if abs(bbb-yk0)<= 1e-50 then goto 22;
21: kk: = kk+1; rex[kk]: = x; imy[kk]: = yk0; {if abs(func(x,yk0))<= e-1 then begin}
writeln(' ', x, ' '); writeln(' ', yk0, ' ', func(x,yk0)); {end;} writeln; {aaa: = x; bbb: = yk0;}
22: k1: = k1+1 end;
23: k: = k+1 end; y0: = y0+hh end; x0: = x0+hh; y0: = y00 end; end;
begin
eps: = 1e-44; mm: = 4; x00: = -3.1; x11: = 3.1; y00: = -3.1; y11: = 3.1; eps0: = 0.049/2/3; h: = eps0/43/2;
eps00: = eps0;
writeln(' ', 'PRIBLIJENIE', ' '); writeln; identifi1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); writeln;
writeln(' ', 'TOCHNOE', ' '); writeln; for ii: = 1 to kk do begin x00: = rex[ii]- eps0;x11: = rex[ii]+ eps0;
y00: = imy[ii]- eps0; y11: = imy[ii]+ eps0; eps0: = eps00/10/2/3; h: = eps0/43/2;
identifi1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); end; readln; end.

```

Вещественные части корней заданы массивом  $b$ , мнимые – массивом  $b_1$ , так что вместо  $(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2$ , где  $a_i, b_i$  – вещественная и мнимая части  $i$ -го корня полинома в (13), в программе задается  $\text{sqr}(x-b[i])+\text{sqr}(y-b_1[i])$ . Квадрат модуля полинома  $p$  степени  $np1$  ( $np1 = 20$ ) определяется в подпрограмме  $\text{func}(x,y)$ . Затем в этой же подпрограмме на основе корней полинома  $p$  циклически формируются квадраты модулей еще двух полиномов:  $p_1$  и  $p_0$ . Первый – путем добавления к вещественной и мнимой части каждого корня полинома  $p$  значения  $i2*1$ , второй – путем добавления к вещественной и мнимой части каждого корня полинома  $p$  значения  $-i2*1$ . В данном примере оба вложенных цикла состоят из двух шагов. Квадраты модулей всех трех полиномов перемножаются. В результате образуется квадрат модуля полинома  $\text{func}: = \text{abs}(p*p_1*p_0)$ ; степень такого полинома равна  $100: np1+ 2*np1+2*np1 = 100$ . Таким образом, программа должна идентифицировать 100 комплексных корней полинома 100-й степени. Границы области и радиусы локализации задаются в разделе инструкций – для приближения ('PRIBLIJENIE'):  $x00: = -3.1; x11: = 3.1; y00: = -3.1; y11: = 3.1; eps0: = 0.049/2/3; h: = eps0/43/2; eps00: = eps0$ ; затем для уточнения – ('TOCHNOE'):  $\text{for } ii: = 1 \text{ to } kk \text{ do begin } x00: = \text{rex}[ii]- \text{eps}0; x11: = \text{rex}[ii]+ \text{eps}0; y00: = \text{imy}[ii]- \text{eps}0; y11: = \text{imy}[ii]+ \text{eps}0; \text{eps}0: = \text{eps}00/10/2/3; h: = \text{eps}0/43/2$ . Относительно точные границы прямоугольной области всех корней можно найти, как и в вещественном случае, путем быстрого решения задачи со сравнительно большим радиусом локализации. Точнее, можно большой радиус взять для приближения, а меньший в расширенных границах – для уточнения. Так, раздел инструкций

```

begin eps: = 1e-44; mm: = 4; x00: = -30; x11: = 30; y00: = -30; y11: = 30; eps0: = 0.49; h: = eps0/43; eps00:
= eps0;
writeln; writeln(' ', 'PRIBLIJENIE', ' '); writeln; identifi1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm);
writeln; writeln(' ', 'TOCHNOE', ' '); writeln; for ii: = 1 to kk do begin
x00: = rex[ii]- 10*eps0; x11: = rex[ii]+ 10*eps0; y00: = imy[ii]- 10*eps0; y11: = imy[ii]+ 10*eps0;
eps0: = eps00/10/2; h: = eps0/43; identifi1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); end; readln;
end

```

задает параметры, с которыми программа в границах квадрата  $60 \times 60$  за 4 мин выдает наименьшие и наибольшие значения вещественной части корней  $-3.0, + 3.0$ , и, аналогично, мнимой части:  $-3.0, + 3.0$ . Остается с небольшим запасом взять границы области из представленной выше программы ITERKOMPKORN100.

**Замечание 7.** Добавления к вещественной и мнимой части каждого корня полинома  $p$  значений  $i2*1$  и  $-i2*1$ , а не меньших величин, как это было в вещественном случае, помимо наглядности обусловлено тем, что добавление десятичных долей повлекло бы дублирование корней. Добавление же сотых и менее долей привело бы к необходимости на порядок и более уменьшить радиус локализации. Это принципиально замедлило бы программу и сделало бы невозможным экспериментальное изучение границ роста степеней полинома.

Результат работы программы ITERKOMPKORN100 (в левой колонке парами – вещественная и мнимая часть корня, в правой – значение в нем полинома):

-3.000000000000000E+0000	
-1.000000000000000E+0000	0.000000000000000E+0000
-2.900000000000000E+0000	
-1.100000000000000E+0000	0.000000000000000E+0000
-2.700000000000000E+0000	
-1.300000000000000E+0000	0.000000000000000E+0000
-2.800000000000000E+0000	

-1.20000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
0.00000000000000E+0000	
-2.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
2.00000000000000E+0000	
0.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
0.00000000000000E+0000	
2.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
2.70000000000000E+0000	
1.30000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
2.60000000000000E+0000	
1.40000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
2.80000000000000E+0000	
1.20000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
2.90000000000000E+0000	
1.10000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
3.00000000000000E+0000	
1.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000

Найдены 100 различных комплексных корней полинома степени 100 с комплексными коэффициентами без потери значащих цифр мантисс в формате представления данных. Программа выполняется 1 ч 55 мин.

**Замечание 8.** Можно изменить параметры программы так, что она будет выполняться за 20 мин – для приближения:  $\text{eps0} = 0.049/2$ ;  $h = \text{eps0}/43/2$ ; для уточнения:  $x00 = \text{rex}[ii] - \text{eps0}$ ;  $x11 = \text{rex}[ii] + \text{eps0}$ ;  $y00 = \text{imy}[ii] - \text{eps0}$ ;  $y11 = \text{imy}[ii] + \text{eps0}$ ;  $\text{eps0} = \text{eps00}/10/2$ ;  $h = \text{eps0}/43/2$ ; В этом случае корни придется искать не только в результатах уточнения ('ТОЧНОЕ'), но и в результатах приближения ('ПРИБЛИЖЕНИЕ'). Процедура уточнения может пропустить некоторые корни, хотя они будут идентифицированы в результатах процедуры приближения.

Последовательное добавление именно  $\pm 1$  при циклическом формировании степени полинома, как отмечалось, выбрано для визуальной проверки результатов. Иначе можно было бы задать любой набор корней с радиусом локализации меньшим половины минимального ненулевого расстояния между различными вещественными и различными мнимыми частями корней [9]. В программе ITERKOMPORN100 радиус дополнительно уменьшен на случай полиномов с экспериментально высокими степенями. Можно было бы полностью исключить вывод неточных приближений по условию, которое закомментировано в программе: `if abs(func(x,yk0)) <= e-10 then begin writeln (' ', x, ' '); writeln (' ', yk0, ' ', ' ', func(x,yk0)); end.`

Результаты программы проверялись следующим образом. Выходной файл копировался с консоли и сохранялся как текстовый файл Word, где поиск требуемого корня осуществлялся опцией «Найти» по маске вещественной части. Выбирались последовательные пары вещественной и мнимой части каждого корня, заданные в массивах  $b$ ,  $b1$  начиная с пары  $-0.1$ ,  $0.1$ . В разделе файла ТОЧНОЕ выполнялся поиск вещественной части корня  $-0.1$ . Среди найденных значений фиксировались те значения корней, у которых мнимая часть равна  $0.1$ . При этом их вещественная и мнимая части в формате с плавающей точкой отображаются с множителем  $E-0001$ , а сами они представлены как  $-1.0... E-0001$  и  $1.0... E-0001$ . Если идентифицировался правильный результат, то на основании алгоритма генерации корней полинома совершенно аналогично выполнялся поиск пары  $-0.1+1$ ,  $0.1+1$ , то есть вещественной части корня  $0.9$  и мнимой части  $1.1$  в формате  $9.0... E-0001$  и  $1.1... E0000$ . После идентификации правильного результата выполнялся поиск следующей пары  $-0.1+2$ ,  $0.1+2$ , то есть  $1.9$  и  $2.1$ . Если был найден верный результат, то выполнялся переход к поиску  $-0.1-1$ ,  $0.1-1$ , то есть  $-1.1$  и  $-0.9$ . Затем, аналогично,  $-0.1-2$ ,  $0.1-2$ , то есть  $-2.1$  и  $-1.9$ . В случае достоверности результата совершенно аналогично проверялась следующая пара  $-0.2$ ,  $0.2$  и ее алгоритмические преобразования  $-0.2+1$ ,  $0.2+1$  и  $-0.2+2$ ,  $0.2+2$ , затем  $-0.2-1$ ,  $0.2-1$  и  $-0.2-2$ ,  $0.2-2$ . Проверка продолжалась до исчерпания элементов массивов  $b$ ,  $b1$ . Были найдены 100 различных корней полинома без потери значащих цифр мантисс в формате данных extended. При начальных проверках некоторые корни оказывались только в файле приближений. Тогда уменьшался радиус локализации процедуры уточнения, программа перезапускалась, и так – до окончательных значений параметров, при которых в файле уточнений оказывались все правильные результаты.

Если попытаться увеличить степень полинома, сделав число шагов вложенных циклов равным 5, то подпрограмма func примет вид

```
function func (x,y:extended):extended;
var p, p0, p1: extended; i1,i2: integer;
begin p:= 1; for i1:= 1 to np1 do p:= p*(sqr(x-b[i1])+sqr(y-b1[i1]));
p1:= 1; for i1:= 1 to np1 do for i2:= 1 to 5 do p1:= p1*(sqr(x-(b[i1]+i2*1))+sqr(y-(b1[i1]+i2*1)));
p0:= 1; for i1:= 1 to np1 do for i2:= 1 to 5 do p0:= p0*(sqr(x-(b[i1]-i2*1))+sqr(y-(b1[i1]-i2*1)));
func:= abs(p*p1*p0); end;
```

Поскольку теперь к исходным значениям вещественной и мнимой части корней будет добавляться и вычитаться единица не два, а пять раз, то изменятся границы области корней. Это изменение определяется в разделе инструкций:

```
begin eps:= 1e-44; mm:= 4; x00:= -6.5; x11:= 6.5; y00:= -6.5; y11:= 6.5;
eps0:= 0.049/2/3; h:= eps0/43/2; eps00:= eps0; writeln; writeln ('PRIBLIJENIE'); writeln ;
identifl(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); writeln; writeln ('TOCHNOE'); writeln;
for ii:= 1 to kk do begin x00:= rex[ii]-eps0; x11:= rex[ii]+eps0; y00:= imy[ii]-eps0; y11:= imy[ii]+eps0;
eps0:= eps00/10/2/3; h:= eps0/43/2; identifl(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); end;
readln; end.
```

Иных изменений в программу ITERKOMPORN100 не вносилось. Результат ее работы:

-6.00000000000000E+0000	
-4.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-5.90000000000000E+0000	
-4.10000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-5.70000000000000E+0000	
-4.30000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-5.80000000000000E+0000	
-4.20000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
.....	
-4.90000000000000E+0000	
-3.10000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-5.00000000000000E+0000	
-3.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-4.90000000000000E+0000	
-5.10000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
.....	
0.00000000000000E+0000	
-2.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
.....	
0.00000000000000E+0000	
2.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
.....	
-2.00000000000000E+0000	
0.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
.....	
2.00000000000000E+0000	
0.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
.....	
5.70000000000000E+0000	
4.30000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
5.80000000000000E+0000	
4.20000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
5.90000000000000E+0000	
4.10000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
6.00000000000000E+0000	
4.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000

Программа идентифицировала 220 комплексных корней полинома степени 220 с комплексными коэффициентами. Однако по сравнению с исходной программой для полинома степени 100 она проявляет два существенных недостатка. Первый – некоторые из корней, идентифицированных в приближении, программа может пропустить при уточнении. Хотя все они не изменяют значащих цифр мантисс в формате вывода. Второй – программа выполняется свыше 12 ч. Ее можно ускорить до 5,5 ч за счет увеличения начального радиуса локализации, и при этом сохранится качество идентификации корней, однако не будет гарантии, что некоторые корни не окажутся пропущенными.

По причине длительности работы программы на этом можно было бы завершить эксперименты по увеличению степени полинома, но тема требует продолжения, которое целесообразно изложить после попытки дополнительно удвоить степень полинома. Для искомого увеличения степени полинома подпрограмма его генерации принимается в виде

```
function func (x,y:extended):extended;
var p,p1,p0: extended; i1,i2: integer;
begin p:= 1; for i1:= 1 to np1 do p:= p*(sqr(x-b[i1])+sqr(y-b1[i1]));
p1:= 1; for i1:= 1 to np1 do for i2:= 1 to 10 do p1:= p1*(sqr(x-(b[i1]+i2*1))+sqr(y-(b1[i1]+i2*1)));
p0:= 1; for i1:= 1 to np1 do for i2:= 1 to 10 do p0:= p0*(sqr(x-(b[i1]-i2*1))+sqr(y-(b1[i1]-i2*1)));
func:= abs(p*p1*p0); end;
```

Генерируется полином степени 420. Раздел инструкций принят в виде

```
begin eps:= 1e-44; mm:= 4; x00:= -12; x11:= 12; y00:= -12; y11:= 12; eps0:= 0.049/2; h:= eps0/43/2;
eps00:= eps0;
writeln; writeln(' ', 'PRIBLIJENIE', ' '); writeln; identif1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm);
writeln; writeln(' ', 'TOCHNOE', ' '); writeln; for ii:= 1 to kk do begin
x00:= rex[ii]-eps0; x11:= rex[ii]+eps0; y00:= imy[ii]-eps0; y11:= imy[ii]+eps0; eps0:= eps00/10/2/3;
h:= eps0/43/2; identif1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); end; readln; end.
```

Начальный радиус локализации увеличен до  $\text{eps0} := 0.049/2$ ; (иначе программа выполнялась бы неприемлемо долго). Результат работы программы:

-1.10000000000000E+0001	
-9.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-1.09000000000000E+0001	
-9.10000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-1.04000000000000E+0001	
-9.60000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-1.06000000000000E+0001	
-9.40000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-1.07000000000000E+0001	
-9.30000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
-1.08000000000000E+0001	
-9.20000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
.....	
-2.00000000000000E+0000	
-9.79570305531453E-0045	1.75265537401960E+0585
.....	
9.79570305531453E-0045	
2.00000000000000E+0000	1.75265537401960E+0585
.....	
9.79570305531453E-0045	
-2.00000000000000E+0000	1.75265537401960E+0585
.....	
2.00000000000000E+0000	
0.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
.....	
1.07000000000000E+0001	
9.30000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
1.05000000000000E+0001	
9.50000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
1.06000000000000E+0001	
9.40000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
1.08000000000000E+0001	
9.20000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
1.09000000000000E+0001	
9.10000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000
1.10000000000000E+0001	
9.00000000000000E+0000	0.00000000000000E+0000

Некоторые из корней, идентифицированных в приближении, программа пропустила при уточнении. Все найденные корни не содержат изменения значащих цифр мантис, за исключением трех корней, представленных в данной распечатке. Программа выполняется 12 ч 30 мин. Проверка выходных значений производилась выборочно, так что нельзя утверждать, что найдены все без исключения 420 комплексных корней полинома степени 420.

*О снижении временной сложности на основе распараллеливания*

Алгоритм идентификации корней полинома можно разделить на взаимно независимые части, которые при реализации в параллельной вычислительной системе не потребуют обмена. Пусть, например, рассматривается программа для полинома степени 220 с границами области  $x_{00} = -6.5$ ;  $x_{11} = 6.5$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ; Эта область разделяется, в частности, на следующие подобласти:

$x_{00} = -6.5$ ;  $x_{11} = -5.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  $x_{00} = -5.5$ ;  $x_{11} = -4.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  
 $x_{00} = -4.5$ ;  $x_{11} = -3.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  $x_{00} = -3.5$ ;  $x_{11} = -2.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  
 $x_{00} = -2.5$ ;  $x_{11} = -1.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  $x_{00} = -1.5$ ;  $x_{11} = 0.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  
 $x_{00} = -0.5$ ;  $x_{11} = 1.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  $x_{00} = 0.5$ ;  $x_{11} = 2.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  
 $x_{00} = 1.5$ ;  $x_{11} = 3.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  $x_{00} = 2.5$ ;  $x_{11} = 4.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  
 $x_{00} = 3.5$ ;  $x_{11} = 5.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  $x_{00} = 4.5$ ;  $x_{11} = 6.0$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;  
 $x_{00} = 5.5$ ;  $x_{11} = 6.5$ ;  $y_{00} = -6.5$ ;  $y_{11} = 6.5$ ;

Границы мнимых частей разделять без изменения структуры программы нельзя. В каждой из таких подобластей программа без изменений выполняется за 1,5 ч. Последовательно проходя каждую подобласть, программа получит все искомые значения корней полинома степени 220. Такое восстановление результатов работы программы было практически апробировано, когда после 11 ч работы всплеск напряжения вызвал перезагрузку компьютера с потерей данных. Переход от подобласти к смежной с ней не использует каких-либо предшествующих значений данных. Поэтому разделенная по подобластям программа могла бы быть реализованной на 13 параллельно работающих компьютерах без обмена данными за 1,5 ч. Условно можно полагать, что аналогичное ускорение достигалось бы в параллельной вычислительной системе на 13 процессорах. Деление на подобласти можно продолжить, сократив границы вещественных частей корней, например, вдвое. Соответственно на 26 процессорах время решения задачи сократилось бы до 0,75 ч. Продолжая процесс деления на подобласти, можно решить задачу за 0,325 часа на 52 процессорах, менее чем за 3 мин – на 208 процессорах и т.д. При этом не требуется межпроцессорный обмен. Если же допускать возможность обмена, то на подобласти делятся, помимо того, границы мнимых частей корней. В этом случае с учетом обмена меняется структура программы, но в потенциале возможно дополнительное ускорение. Временная сложность максимально параллельной формы алгоритма, лежащего в основе программы, достигает оценки

$$T \left( 32 \times 10^3 \times \frac{(x_{11} - x_{00})^3 n}{3 \epsilon_0^3} \right) = O(\log_d \frac{\epsilon_0}{\epsilon}).$$

Эта оценка и ее разновидности в зависимости

от структуры алгоритма и сортировки, положенной в его основу, подробно выводятся в [9]. Правую часть оценки можно трактовать как  $O(1)$ .

Представленная схема распараллеливания без обмена переносится на описанный ранее поиск области корней полинома в прямоугольнике больших размеров.

*О восстановлении пропущенных корней полинома*

Если нет уверенности, что найдены все корни полинома, формально возможен следующий подход. По найденным корням восстанавливаются коэффициенты полинома. Предпочтительно пользоваться алгоритмом из [7]:  $d_{kk} = d_{(k-1)(k-1)}$ ,  $d_{k(k-\ell)} = d_{(k-1)(k-\ell-1)} - d_{(k-1)(k-\ell)} z_{k-1}$ ,  $\ell = 1, 2, \dots, k-1$ ,  $d_{k0} = -d_{(k-1)0} z_{k-1}$ , где  $z_k$  – корни полинома,  $k = 1, 2, \dots, n$ . При  $k = n$  получаются искомые коэффициенты:  $d_i = d_{ni}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;  $d_n = 1$ ;  $P_n(x) = d_n z^n + d_{n-1} z^{n-1} + d_{n-2} z^{n-2} + \dots + d_1 z + d_0$ . Затем выполняется деление исходного полинома на только что сформированный полином из найденных корней. Полином в частном будет полиномом меньшей степени, чем в делимом. У него можно найти корни по изложенной ранее схеме, применив необходимое уменьшение радиусов локализации.

Более доступна следующая возможность. Из (13) по идентифицированным корням восстанавливается квадрат модуля полинома, корнями которого они являются. Составляется дробь, числителем которой будет квадрат модуля исходного полинома, а знаменателем – только что составленный квадрат модуля полинома из найденных корней. Теперь недостающие корни можно искать без изменения предложенной программы, в которой подпрограмма func примет вид (np0 – число предварительно идентифицированных корней):

```
function func (x,y:extended):extended;
var p,p0: extended; i1: integer;
begin p := 1; for i1 := 1 to np1 do p := p*(sqr(x-b[i1])+sqr(y-b1[i1])); p0 := 1; for i1 := 1 to np0
do p0 := p0*(sqr(x-b[i1])+sqr(y-b1[i1])); if p0 > 0 then func := abs(p/p0) else func := abs(p); end;
```

Так, в случае  $np0 = 10$ , с корнями из раздела констант исходной программы ITERKOMPORN100

```
const b: vect3 = (-0.1,-0.2,-0.3,-0.4,-0.5,-0.6,-0.7,-0.8,-0.9,-1,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1);
      b1: vect3 = (0.1,0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,-0.1,-0.2,-0.3,-0.4,-0.5,-0.6,-0.7,-0.8,-0.9,-1); (14)
```

программа выдаст корни только с положительной вещественной частью:

```
1.0000000000000000E-0001
-1.0000000000000000E-0001      0.0000000000000000E+0000
2.0000000000000000E-0001
-2.0000000000000000E-0001      0.0000000000000000E+0000
.....
9.0000000000000000E-0001
-9.0000000000000000E-0001      0.0000000000000000E+0000
1.0000000000000000E+0000
-1.0000000000000000E+0000      0.0000000000000000E+0000
```

В случае изменения цикла в виде  $p0: = 1$ ; for  $i1: = np0+1$  to  $np1$  do  $p0: = p0*(\text{sqr}(x-b[i1])+\text{sqr}(y-b1[i1]))$ ; программа выдаст корни из того же набора, но только с отрицательной вещественной частью. Сомножители из (13) с одинаковыми корнями полиномов числителя и знаменателя ведут себя так, как если бы они алгебраически сокращались. Однако этот процесс требует значений параметров, приводимых в разделе инструкций:

```
begin eps: = 1e-44; mm: = 4; x00: = -1.2; x11: = 1.2; y00: = -1.2; y11: = 1.2; eps0: = 0.049/2/2; h: = eps0/43/2;
eps00: = eps0; identif1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); for ii: = 1 to kk do
begin x00: = rex[ii]-eps0; x11: = rex[ii]+eps0; y00: = imy[ii]-eps0; y11: = imy[ii]+eps0; eps0: = eps00/10/2/2;
h: = eps0/43/2; identif1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); end; readln; end. (15)
```

Без специального исследования неясно, будет ли работать этот прием в случае полиномов предельно высоких степеней и какие значения параметров при этом потребуются. Можно добавить, что оба полинома дроби могут синхронно вычисляться на параллельно работающих процессорах. Кроме того для их вычисления могут использоваться схемы распараллеливания вычисления полиномов.

*О влиянии возмущения коэффициентов полинома на идентификацию комплексных корней*

Согласно экспериментам, набор которых не претендует на полноту, возмущение коэффициентов полинома с комплексными корнями влияет на точность идентификации корней ненамного более, чем в случае полинома с вещественными корнями. Так, если взять рассматриваемую программу ITERKOMPORN100 с набором комплексных корней (14), а квадрат модуля полинома возмутить путем его сложения с тем же полиномом, который использовался для возмущения в случае вещественных корней, подпрограмма func примет вид

```
function func (x,y:extended):extended;
var p:extended; i1: integer;
begin p: = 1; for i1: = 1 to np1 do p: = p*(\text{sqr}(x-b[i1])+\text{sqr}(y-b1[i1]));
func: = abs(p+1e-27*(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(x))))*\text{x}*\text{x}*\text{x})+1e-26*(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(x))))*\text{x}*\text{x})+
1e-25*(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(x))))*\text{x})+1e-24*(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(x)))))+1e-22*((\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(x))))*\text{x}*\text{x}*\text{x} -
1e-20*(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(x))))*\text{x}*\text{x}-1e-18*(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(x))))*\text{x}-1e-16*(\text{sqr}(\text{sqr}(\text{sqr}(x))))-1e-12*((\text{sqr}(\text{sqr}(x))))*\text{x}*\text{x}*\text{x}-
1e-8*((\text{sqr}(\text{sqr}(x))))*\text{x}-1e-4*((\text{sqr}(\text{sqr}(x))))*\text{x}-1*\text{sqr}(\text{sqr}(x))-1.4*\text{sqr}(x)*\text{x}-1.8*\text{sqr}(x)-2.2*\text{x}-2.6); end;
```

С последним разделом инструкций (15) получится следующий результат работы программы:

```
-1.0000000000000000E+0000
1.0000000000000000E+0000      -2.79081000999900E-0022
-9.0000000000000000E-0001
9.0000000000000000E-0001      -2.02555164542026E-0022
-8.0000000000000000E-0001
8.0000000000000000E-0001      -1.77040596623799E-0022
.....
9.0000000000000000E-0001
-9.0000000000000000E-0001      -7.39891230590379E-0022
```

```
8.000000000000000E-0001
-8.000000000000000E-0001    -6.55222748617176E-0022
1.000000000000000E+0000
-1.000000000000000E+0000    -7.98899001000100E-0022
```

Все корни полинома 20-й степени при возмущении всех коэффициентов, кроме старшего единичного коэффициента, идентифицированы без потери значащих цифр мантиссы.

**Замечание 9.** То, что значения полинома в найденных корнях определены лишь как приближения к точным нулевым значениям, не ошибка, потому что найдены корни другого полинома с измененными коэффициентами. Множество всех корней полинома взаимно однозначно соответствует множеству его коэффициентов. Найденные корни совпадают с корнями полинома с невозмущенными коэффициентами только в данном формате вывода данных. За пределами формата младшие разряды уже не совпадали бы с разрядами корней невозмущенного полинома. Так, даже в данном формате значение

```
-1.000000000000000E+0000
1.000000000000000E+0000    -2.79081000999900E-0022
```

заимствовано из файла приближений, – в файле уточнений оно имело вид

```
-9.999999999999999E-0002
1.000000000000000E-0001    -2.39669999901001E-0022
```

Устойчивость к возмущению коэффициентов проявляется и в примере, аналог которого часто приводят [13] в качестве примера ожидаемой неустойчивости. Именно, будут рассматриваться полиномы в левых частях уравнений

$$x^4 - (0.000001)^2 = 0, \quad x^4 + (0.000001)^2 = 0. \quad (16)$$

Справедливо утверждается, что ошибка в задании свободного члена «всего» на  $2 \times (0.000001)^2$  превратит вещественные корни в комплексные, и наоборот. В (16) задается подобный свободный член  $(0.000001)^2 = 0.0000000001$ . Однако программа ошибки не совершает, выдавая для первого уравнения два комплексно сопряженных мнимых корня и два вещественных корня противоположных знаков с одинаковым модулем вещественных и мнимых частей 0.001.

Для второго уравнения программа выдает четыре попарно комплексно-сопряженных корня с одинаковым модулем вещественных и мнимых частей без потери значащих цифр.

Чтобы это показать, требуются изменения в программе, которые включают подпрограммы комплексного сложения и умножения, подпрограмму схемы Горнера для вычисления полиномов с комплексными коэффициентами. Подпрограмма func в этом случае задает корень квадратный из суммы квадратов вещественной и мнимой части значения полинома. Ниже приводится измененная таким образом часть предыдущей программы:

```
PROGRAM ITERKOMPORDVOICHNCOEF;
{$APPTYPE CONSOLE} uses SysUtils;
const n00 = 1024; n1 = 4{20}; type vect3 = array [0..n1] of extended; type vect1 = array [1..4*n00] of extended;
vect2 = array [1..4*n00] of longint; var i,ii,j,k,kk,k1,r,ee,ee1,ty,nn0,mm: longint; c,a1,rex,imy: vect1;
e,e3,e33: vect2; aaa,x,x0,xk,xk0,xk1,hx,hy,min,eps1,eps11,eps12,eps13,z,z1,bbb,
y,y0,yk,yk0,yk1,ykk0,aak,bbk,hh,yz,yz1,x00,x11,y00,y11,eps0,h,eps00,eps: extended;
a,b,a11,b11, ca,cb: extended; bdv, bmv: vect3; p1,p2,d1,d2: extended; pp1,pp2,d3,d4: extended;
procedure sort(var nn0:longint; var c: vect1; var e: vect2);
type vecc = array[0..4*n00] of longint; var ab: integer; i,j,k,l,m,r,nm,p,n: longint; e1, e2: vecc;
begin
... {полное повторение подпрограммы сортировки}
end;
procedure identif1(var eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0:extended;
var rex,imy: vect1;var kk:longint;var mm:longint);
label 21,22,23;
{процедура комплексного умножения}
procedure um(var a,b,a11,b11: extended; var ca,cb: extended);
begin ca: = a*a11-b*b11; cb: = a*b11+b*a11 end;
{процедура комплексного сложения}
procedure sum(var a,b,a11,b11: extended; var ca,cb: extended);
begin ca: = a+a11; cb: = b+b11 end;
```



В последней модификации программы, ITERKOMPORDVOICHNCOEF, любые коэффициенты полинома, в том числе комплексные, задаются в явной форме. Например, фрагмент

```
bdv[n1]: = 1;bdv[n1-1]: = 3.7; bdv[n1-2]: = 0; bdv[n1-3]: = 2.1;bdv[n1-4]: = 1; bdv[n1-5]: = -1; bdv[n1-6]: = 1.9;
bmv[n1]: = 0; bmv[n1-1]: = -1.5; bmv[n1-2]: = 1; bmv[n1-3]: = 0; bmv[n1-4]: = 1.04; bmv[n1-5]: = -1.04; bmv[n1-6]:
= -2.04;
```

задает коэффициенты следующего полинома 6-й степени (в этом случае в разделе констант следует положить  $n1 = 6$ ):

$$P_6(z) = z^6 + (3.7 - 1.5I)z^5 + Iz^4 + 2.1z^3 + (1 + 1.04I)z^2 - (1 + 1.04I)z + 1.9 - 2.04I. \quad (19)$$

С применением (17) к (19) сначала корни ищутся в границах  $x00: = -5; x11: = 5; y00: = -5; y11: = 5$ ; с увеличенным радиусом локализации приближения  $eps0: = 0.49; h: = eps0/43/2$ ; для уточнения берется радиус  $eps0: = eps00/10; h: = eps0/43/2$ ; Программа выдает неточные приближения корней, по которым видно, что не равные друг другу вещественные и мнимые части корней отделены друг от друга не менее чем на 0.07 и что границы вещественной и мнимой части искомым корней можно задать следующими параметрами раздела инструкций:

```
eps: = 1e-44; mm: = 4; eps: = 1e-44; x00: = -3.9; x11: = 0.8; y00: = -0.8; y11: = 1.7; eps0: = 0.049/2/3;
h: = eps0/43/2; eps00: = eps0; writeln(' ', 'PRIBLIJENIE', ' '); writeln ;
identif1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); writeln; writeln(' ', 'TOCHNOE', ' '); writeln;
for ii: = 1 to kk do begin x00: = rex[ii]-eps0; x11: = rex[ii]+eps0; y00: = imy[ii]-eps0; y11: = imy[ii]+eps0;
eps0: = eps00/10/2/3; h: = eps0/43/2; identif1(eps,x00,x11,y00,y11,eps0,h,x,yk0,rex,imy,kk,mm); end;
readln; end.
```

Результат работы программы для полинома (19):

-3.88520985312034083000000000000000	0.000000000000000120000000000000
1.65518319070365495000000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.87210739602115732000000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.09042119341149333000000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.18813486854605886000000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.78848879509814288000000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.11153959624777391000000000000000	0.000000000000000000000000000000
1.11717399440035840000000000000000	0.000000000000000000000000000000
0.64016054930908668000000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.78490516963533486000000000000000	0.000000000000000000000000000000
0.71683116462624424000000000000000	0.000000000000000000000000000000
0.39145797304095771000000000000000	0.000000000000000000000000000000

Найдены шесть комплексных корней, обращающих в ноль полином (19).

**Замечание 10.** В первом из корней полином обратился в ноль не точно, а в приближении – с ошибочными цифрами в 16-м и 17-м знаках мантиссы. Устранить эту неточность не удастся. Причина – выполнение схемы Горнера с комплексным сложением и комплексным умножением с плавающей точкой.

Если в этом же примере сохранить вещественные части коэффициентов и задать им нулевые мнимые части, сделав все коэффициенты вещественными, неточность вычисления полинома в наибольшем по модулю корне уменьшится на два десятичных разряда. Остальные – еще один вещественный и две пары комплексно сопряженных корней – обратят полином в ноль в данном формате вывода.

Для того чтобы получить эти результаты, надо заново найти границы вещественной и мнимой части корней согласно (17). В случае вещественных коэффициентов для первичного задания границ области корней достаточно взять максимальный по модулю коэффициент, сложить модуль с единицей и решить задачу с увеличенным радиусом локализации. По виду приближений корней затем устанавливаются уточненные границы вещественных и мнимых частей, а также исходный радиус локализации не больший половины наименьшего расстояния между несовпадающими вещественными и мнимыми частями приближенных значений корней. Радиус локализации для уточнения меньше десятой части исходного радиуса.

В последнем примере радиусы локализации приближения и уточнения уменьшены до значений, с которыми решались все задачи этой части экспериментов.

*Схема идентификации границ области корней и определения радиуса локализации*

В общем случае границы вещественных и мнимых частей корней полиномов с явно заданными, вообще говоря, комплексными коэффициентами первоначально устанавливаются из (17), (18), причем использование (18) не необходимо. Максимум модулей коэффициентов из (17), сложенный с единицей, проектируется на вещественную и мнимую оси комплексной плоскости. Границы проекций принимаются в качестве приближений границ области с небольшим запасом в обе стороны от центра координат. Радиус локализации для процедуры `identif1` приближения ('PRIBLIJENIE') принимается увеличенным примерно в 10 раз по сравнению с использованным в предыдущих программах. В пределах границ квадрата  $20 \times 20$  можно брать этот радиус равным 0.49. В пределах квадрата  $200 \times 200$  можно брать радиус на единицу больший (при малых значениях радиуса программа будет работать неприемлемо долго). Радиус процедуры `identif1` уточнения ('TOCHNOE') берется десятой частью от радиуса приближения. С такими параметрами задача решается, результатом будут приближения корней. Посредством рассмотрения их вещественных частей в качестве уточненных границ выбираются наименьшее и наибольшее значение вещественной части всех различных приближений корней. Аналогично, в качестве уточненных границ выбираются наименьшее и наибольшее значение мнимой части всех различных приближений корней. В процессе рассмотрения отмечаются наиболее близкие друг к другу значения вещественных, а также мнимых частей не совпадающих приближений корней. За новый радиус локализации для последующей процедуры приближения принимается величина, меньшая половины модуля наименьшей разности этих значений. В за-

висимости от класса и степени полиномов этот радиус может быть уменьшен вдвое или в шесть раз. За новый радиус локализации для последующей процедуры уточнения принимается радиус, в десять раз меньший радиуса приближения, аналогично предыдущему, он может быть уменьшен вдвое или в шесть раз. Неправильный выбор границ и соответственного им радиуса локализации может проявить едва ли не самый существенный недостаток предложенного метода: при малом радиусе в больших границах (в комплексном случае) программа будет работать неприемлемо долго, при слишком завышенном радиусе пропустит корни и даст искаженное представление о структуре их расположения.

Изложенная схема выбора границ и радиусов допускает автоматизацию. Среди вещественных частей приближений корней ищется наименьшая и наибольшая в один проход цикла. Составляется массив разностей вещественных частей для каждого текущего приближения корня, и минимальное значение выбирается в двойном цикле по всем приближениям корней. Аналогично – для границ мнимой части и радиуса локализации. Очевидно, схема распараллеливается по всем приближениям корней.

При разбросе корней на комплексной плоскости предложенную схему можно применить несколько раз с соответственно убывающими параметрами. Кроме того, область корней можно разделить на подобласти с относительно близко расположенными корнями. В каждой подобласти корни ищутся без изменения метода.

*Об идентификации корней полинома с двоичными коэффициентами*

Коэффициенты полиномов равны либо нулю, либо единице задаются в подпрограмме `func` только в вещественной части, мнимая часть заполняется нулями, например,

`bdv[n1]: = 1; bdv[n1-1]: = 1; bdv[n1-2]: = 0; bdv[n1-3]: = 1; bdv[n1-4]: = 0; bdv[n1-5]: = 1; bdv[n1-6]: = 1;  
bmv[n1]: = 0; bmv[n1-1]: = 0; bmv[n1-2]: = 0; bmv[n1-3]: = 0; bmv[n1-4]: = 0; bmv[n1-5]: = 0; bmv[n1-6]: = 0;`

В этом примере заданы коэффициенты полинома

$$P_6(z) = 1 \times z^6 + 1 \times z^5 + 0 \times z^4 + 1 \times z^3 + 0 \times z^2 + 1 \times z + 1, \quad (20)$$

Согласно (17) для границ его корней достаточно взять значение 2: `x00: = -2; x11: = 2; y00: = -2; y11: = 2;` Запускается программа с увеличенным радиусом локализации `eps0: = 0.49; h: = eps0/43/2;` По результатам работы программы уточняются границы вещественной и мнимой части корней, определяется и уточняется радиус локализации:

`eps: = 1e-44; mm: = 4; x00: = -1.6; x11: = 0.8; y00: = -1; y11: = 1; eps0: = 0.049/2/3; h: = eps0/43/2; eps00: = eps0;`

Окончательные результаты вычисления корней полинома (20):

-1.506135679553838820000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.000000000000000000000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.663950807072194900000000000000	0.000000000000000000000000000000
0.000000000000000000000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.155553908732990950000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.987827404700784920000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.155553908732990950000000000000	0.000000000000000000000000000000
0.987827404700784920000000000000	0.000000000000000000000000000000
0.740597152046007810000000000000	0.000000000000000000000000000000
-0.671949297478122520000000000000	0.000000000000000000000000000000
0.740597152046007810000000000000	0.000000000000000000000000000000
0.671949297478122520000000000000	0.000000000000000000000000000000

Программа нашла две пары комплексно сопряженных корней и два вещественных корня. Ясно, что битовые значения коэффициентов не окажут существенного влияния на комплексные операции схемы Горнера при некоторых ограничениях степени полинома. В этом случае всегда будет точный (в формате представления данных) результат. Полином (20) соответствует двоичному числу  $1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2 + 1 = 1101011$ . Если предполагать, что в определенных границах степеней двоичных полиномов (разрядности двоичных чисел) предложенный метод всегда будет давать только правильные значащие цифры их вещественной и мнимой части, то найденные корни будут единственным образом соответствовать сопоставленному полиному и по транзитивности – двоичному коду.

Возникает вопрос, можно ли на основе предложенной программы при условии ограниченной разрядности целочисленных двоичных кодов конструктивно установить взаимно однозначное соответствие двоичных кодов и комплексных корней полиномов с коэффициентами соответственных двоичных полиномов? Если с некоторыми оговорками это возможно, то комплексные корни могут кодировать информацию. Сами коды восстанавливаются с помощью представленного выше алгоритма восстановления коэффициентов полинома по его корням. Аналогичный вопрос можно отнести к другим позиционным системам счисления.

Подводя итог, можно заключить, что предложенный метод идентификации корней полиномов отличается от известных [3, 4, 10, 13, 14] по построению на основе устойчивой адресной сортировки (сортировка слиянием по матрицам сравнений). Отличительные особенности характеризуются тем, что метод не требует отделения корней, область корней достаточно ограничить оценками Маклорена (или более гру-

быми оценками [9]), точность приближения сохраняет верные значащие цифры мантисс корней, в том числе в случае полиномов высоких степеней (до 14480 в случае вещественных корней, до 420 в случае комплексных корней). Метод обладает естественным и максимальным параллелизмом, что дополнительно отличает его от известных [15], отличия сохраняются по отношению к компьютерно-ориентированным методам вычисления корней полиномов [16–18].

#### Заключение

Изложен компьютерный метод идентификации корней полиномов на основе сортировки слиянием по матрицам сравнений. С помощью численных экспериментов показано, что метод идентифицирует все (в том числе плохо отделенные) вещественные корни полиномов до степени 14480 с верными знаками мантисс в формате данных extended. Метод идентифицирует все комплексные корни полиномов до степени 420 с верными знаками мантисс в том же формате. Правильная работа метода сохраняется в границах числового диапазона компьютера, при этом проявляется устойчивость к возмущению коэффициентов полинома. В случае комплексных корней ограничение создает время работы программы.

#### Список литературы

1. Иванов М.Г. Как понимать квантовую механику. М. – Ижевск: Р&С Dynamics, 2012. 516 с.
2. Шарый С.П. Курс вычислительных методов. Новосибирск: НГУ, Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, 2021. 660 с.
3. Тимофеева Н.В. Линейная алгебра. Современная алгебра. Ч. 2. Ярославль: ЯрГУ, 2017. 136 с.
4. Тынкевич М.А., Пимонов А.Г. Введение в численный анализ. Кемерово: КузГТУ, 2017. 176 с.
5. Уилкинсон Д.Х. Алгебраическая проблема собственных значений. М.: Наука, 1970. 564 с.
6. Ромм Я.Е. Локализация и устойчивое вычисление нулей многочлена на основе сортировки. I // Кибернетика и системный анализ. 2007. № 1. С. 165–183.

7. Ромм Я.Е. Локализация и устойчивое вычисление нулей многочлена на основе сортировки. II // Кибернетика и системный анализ. 2007. № 2. С. 161–175.
8. Ромм Я.Е. Идентификация нулей и экстремумов функций на основе сортировки с приложением к анализу устойчивости. I. Случай одной действительной переменной // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 6–1. С. 79–97. DOI: 10.17513/snt.38075.
9. Ромм Я.Е. Идентификация нулей и экстремумов функций на основе сортировки с приложением к анализу устойчивости. II. Случай двух действительных и одной комплексной переменной // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 6–2. С. 254–282. DOI: 10.17513/snt.38101.
10. Привалов И.И. Введение в теорию функций комплексного переменного. М.: Лань-Пресс, 2020. 442 с.
11. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 3. Сортировка и поиск. М.: Вильямс, 2017. 832 с.
12. Ромм Я.Е. Параллельная сортировка слиянием по матрицам сравнений. I // Кибернетика и системный анализ. 1994. № 5. С. 3–23.
13. Рыжиков Ю.И. Вычислительные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 400 с.
14. Фаддеев Д.К. Лекции по алгебре. М.: Книга по требованию, 2013. 416 с.
15. Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений. Томск: Изд-во Томского университета, 2013. 224 с.
16. Pan V.Y., Zheng A.-L. New progress in real and complex polynomial root-finding. *Comput. Math. Appl.* 2011. 61. № 5. P. 1305–1334.
17. Ghidouche K., Couturier R., Sider A. A parallel implementation of the Durand–Kerner algorithm for polynomial root-finding on GPU. *International Conference on Advanced Networking Distributed Systems and Applications (INDS)*. IEEE. 2014. P. 53–57.
18. Ghidouche K., Sider A., Khodja L., Couturier R. Two Parallel Implementations of Ehrlich–Aberth Algorithm for Root-Finding of Polynomials on Multiple GPUs with OpenMP and MPI. *IEEE Intl Conference on Computational Science and Engineering (CSE), IEEE 14th Intl Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC), and 15th Intl Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering (DCABES)*. 2016. V. 1. P. 270–277. DOI Bookmark: 10.1109/CSE-EUC-DCABES.2016.196.

УДК 004.891:004.9

## ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ ЗАЯВКИ НА ПРОЕКТНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНТОВ

**Сироткин А.В., Копченко В.К.**

*ФГБОУ ВО «Северо-Восточный государственный университет», Магадан,  
e-mail: andrew\_sirotkin@mail.ru, vkkopchenko49@gmail.com*

В работе рассматривается реализация этапа автоматизированной оценки актуальности заявки, представленной для соискания проектного финансирования. Данный этап является частью процесса рассмотрения и принятия решения по заявкам на выделение грантов, производимого с использованием разрабатываемой авторами автоматизированной системы распределения грантов (АСРГ). Актуальность заявки рассматривается как оценка соответствия множества частных критериев формализованного предлагаемого соискателем решения множеству накопленных аналогов, выступающих в качестве эталонных решений в данной предметной области. Предварительным этапом, необходимым для оценки актуальности, выступает строгая формализация материала заявки по достигаемым показателям для последующей адекватной оценки соответствия их значений актуальным значениям эталонных критериев. Последующим этапом выступает установление состава этих критериев в материалах описания заявки на основе изменённой метрики TF-IDF, с использованием анализа взвешенных термов в тексте заявки. Непосредственно оценка производится путём сравнения значений эталонных частных критериев и сформулированных показателей для аналогичного технического решения. В качестве окончательного этапа анализа выступает принятие решения на основе конкурентного поиска среди заявок той, состав показателей которой наилучшим образом соотносится с максимальным количеством эталонных критериев.

**Ключевые слова:** проектное финансирование, грант, модель, автоматизация, модель заявки

## ASSESSMENT OF THE RELEVANCE OF AN APPLICATION FOR PROJECT FINANCING IN AN AUTOMATED GRANT DISTRIBUTION SYSTEM

**Sirotkin A.V., Kopchenko V.K.**

*North-Eastern State university, Magadan, e-mail: andrew\_sirotkin@mail.ru, vkkopchenko49@gmail.com*

The paper considers the implementation of the stage of automated assessment of the relevance of the application submitted for project financing. This stage is part of the process of reviewing and making decisions on grant applications made using the automated grant distribution system (ASGD) developed by the authors. The relevance of the application is considered as an assessment of the compliance of a set of particular criteria of the formalized solution proposed by the applicant with a set of accumulated analogues acting as reference solutions in this subject area. The preliminary stage necessary for the assessment of relevance is the strict formalization of the application material according to the achieved indicators for the subsequent adequate assessment of their compliance with the actual values of the reference criteria. The next step is to establish the composition of these criteria in the materials of the application description based on the modified TF-IDF metric, using the analysis of weighted terms in the application text. The evaluation is carried out directly by comparing the values of the reference private criteria and the formulated indicators for a similar technical solution. The final stage of the analysis is the decision-making based on a competitive search among the applications of the one whose composition of indicators best correlates with the maximum number of reference criteria.

**Keywords:** project financing, grant, model, automation, application model

В рамках реализации Указов Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года сформулирована концепция развития цифровых технологий в экономике и государственном управлении. Особое внимание в данной концепции уделяется улучшению условий ведения предпринимательской деятельности, что в немалой степени зависит от государственной, региональной или отраслевой поддержки малого и среднего предпринимательства. Этот факт отмечают различные исследователи, в том числе, например, и для Магаданской области [1].

Одной из форм поддержки инновационных решений и предложений в этой

сфере экономики является проектное финансирование и субсидирование субъектов малого и среднего предпринимательства, осуществляемого на основе распределения грантов. Грантовая поддержка осуществляется на экспертной основе, существует ряд проблем, связанный с принятием решения о выделении гранта, например [2], ведутся соответствующие исследования и поиски решений, направленные на разрешение этих проблем или снижение их влияния на конечный результат, например [3].

Одним из решений, направленных на повышение эффективности работы грантовой системы, может быть применение автоматизированных технических средств,

решающих задачи анализа заявки и принятия решения о выделении гранта. В настоящее время на рынке программного обеспечения отсутствуют специализированные технические решения, ориентированные на заданные задачи, в связи с чем разработка подобной системы представляется весьма актуальной. Применение подобного средства позволит исключить субъективность, повысит скорость и прозрачность процесса принятия решения.

### Материалы и методы исследования

Работа автоматизированной системы распределения грантов (АСРГ) предполагает, по мнению авторов, решение последовательного ряда задач:

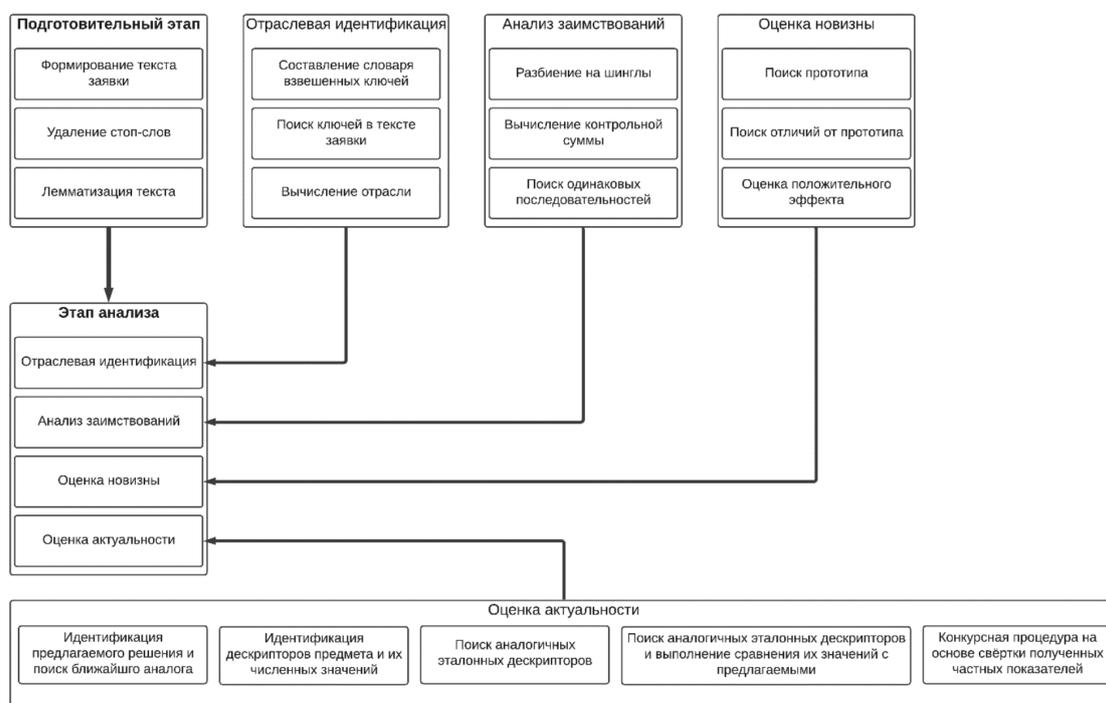
- определение отраслевой принадлежности заявки;
- установление её уникальности и новизны;
- определение актуальности предлагаемого в заявке решения.

Для реализации данных прецедентов необходима разработка соответствующих компонентов АСРГ; первые два из них были разработаны и представлены авторами в работах [4-6]. На рисунке приведена процессная схема работы компонентов АСРГ.

Анализ заявки в АСРГ состоит из двух этапов: подготовительного и аналитического.

На подготовительном этапе текст заявки очищается от стоп-слов, то есть слов, не несущих смысла в отрыве от контекста. К таким словам относятся союзы, предлоги, междометия, местоимения, частицы, HTML-теги. В исключительных случаях из текста могут быть удалены прилагательные. Затем текст очищается от стоп-символов (знаков препинания, служебных символов, числовых знаков, знаков табулирования), выполняется приведение каждого слова в тексте к нижнему регистру, затем – к нормальной форме (для существительных – именительный падеж, единственное число; для прилагательных – именительный падеж, единственное число, мужской род; для глаголов, причастий, деепричастий – глагол в инфинитиве (неопределённой форме) несовершенного вида. Этап анализа состоит из отраслевой идентификации, анализа уникальности, оценки новизны и оценки актуальности.

Задача определения отраслевой принадлежности решается аналогично задаче рубрикации текста с помощью сопоставления каждому терму документа величины, называемой весом, и использования метрики *TF-IDF*, согласно которой вес слова пропорционален частоте использования этого слова в документе и обратно пропорционален частоте использования слова во всех документах коллекции.



Процессная схема работы компонентов

Задача определения уникальности решается с помощью алгоритма поиска нечетких дубликатов, иначе называемого алгоритмом шинглов, в основе которого идет канонизация текста заявки с последующим разделением текста на последовательности слов произвольного размера, но не более 10 слов в каждой последовательности. В настоящее время данная технология достаточно хорошо проработана исследователями (например [7]) и широко используется для численной оценки оригинальности текстовых документов. Основу алгоритма составляет вычисление контрольных сумм (иначе «сигнатур») – уникальных чисел, поставленных в соответствие некоторому тексту. Для каждой последовательности слов рассчитываются 84 значения контрольной суммы с использованием различных функций (*SHA1*, *MD5*, *CRC32*, *FNV* и т.д.). После вычислений контрольные суммы предметного и эталонного текстов сравниваются между собой. Обычно для повышения производительности вычислений сравниваются выборки значений результирующих сумм, кратные 25. Несмотря на то что алгоритм шинглов считается не самым надежным в силу того, что изменение даже одной буквы слова меняет хеш-сумму всей строки, качественная канонизация текста позволяет минимизировать риск пропусков дубликата.

Задача оценки новизны решения может быть решена с помощью поиска прототипа проекта, поиска отличий проекта от прототипа и оценки положительного эффекта отличий. Прототипом можно считать заявку, у которой величина совпавших с текущей заявкой признаков новизны максимальна. В случае отсутствия результатов можно применить оценку важности признаков через сопоставление весов термам описательной части заявки. В случае если величина совпадений новых признаков в рассматриваемой заявке с признаками, предложенными в архивных документах, не превышает некоторого значения (по мнению авторов 50%), проект можно считать соответствующим критерию новизны.

Объектом настоящей работы является разработка модуля АСРГ, предназначенного для определения актуальности решения, заявляемого грантосоискателем.

Актуальность как важность или значимость предмета в системе измерений окружающих систем различными исследователями определяется по-разному в зависимости от предметной области, точки зрения исследователя, целей оценки и пр. Исследователи определяют актуальность

как меру важности, интересности, значимости, например [8].

Наиболее часто при определении актуальности численными методами используются такие подходы, как экспертный и наукометрический.

Известна оценка актуальности научных публикаций, основанная на оценке количества посещений информационного сервиса, учёте активности посетителей, маршрутов перемещений, вероятностных оценок отдельного наблюдения на основе наивного байесовского классификатора (например, [9]) и пр. Данная методика основана на анализе статистических данных посещений информационного интернет-ресурса, на котором размещены оцениваемые объекты, ориентирована на точку зрения посетителя, т.е. фактически реализует метод экспертных оценок, который, на взгляд авторов, не алгоритмизируем в контексте решения поставленной задачи в силу отсутствия широкой публикации заявки грантосоискателя и наличия временных ограничений на принятие решения.

Наукометрическая методика оценки актуальности научных исследований, предложенная, например, в [10], основывается на терминологических методах анализа частоты встречаемости ключевых слов в исследуемом предмете в сравнении с аналогичными работами, признанными актуальными в данной области. В предлагаемой методике учитывается новизна используемых терминов, но не анализируется влияние на целевую функцию, описывающую назначение данного предмета. Тем не менее предлагаемый в работе терминологический подход выглядит привлекательным для целей настоящего исследования и может быть использован после адаптации к выбранным авторами технологиям.

В наукометрической численной оценке актуальности важно учитывать параметр времени, который влияет на «убывание новизны», а значит и актуальности предмета, как показано, например, в [11]. В нашем случае для обеспечения этого критерия предполагается формирование и поддержание на экспертной основе эталонной базы объектов, обладающих высокой актуальностью на текущий момент времени.

Использование терминологических методов наукометрической оценки актуальности заявки предполагает контекстную формализацию предмета, которая, во-первых, позволит отнести предмет к ближайшим аналогам, во-вторых, формализует параметры оценки и их веса в отношении целевой функции предмета.

В этой связи, отталкиваясь от предложенных в работе [11] «терминологических дескрипторов», выступающих в роли качественных критериев терминологического анализа, для оценки актуальности заявки на получение гранта, предполагается использование набора дескрипторов (целевых показателей предмета), описывающих различные качества предмета, и сравнение их численных значений с эталонными аналогами для аналогичного объекта.

В аспекте решения, предлагаемого грантосоискателем, для оценки актуальности необходимо выполнение следующих процедур (рисунок):

- идентификация предлагаемого решения и поиск ближайшего аналога;
- идентификация дескрипторов предмета и их численных значений;
- поиск аналогичных эталонных дескрипторов и выполнение сравнения их значений с предлагаемыми;
- конкурсная процедура на основе свёртки полученных частных показателей.

Идентификация предмета выполняется с использованием накопленной базы аналогов, в качестве которых могут выступать как существующие решения, так и перспективные, отвечающие требованиям времени. Создание подобной базы находится в компетенции экспертов или систем на основе искусственного интеллекта.

Целью идентификации предмета является определение ближайшего аналога для сравнения его параметров с параметрами предмета. Идентификация производится методами терминологического анализа, в частности, в силу краткости описания предмета можно использовать для поиска ближайшего аналога модифицированную метрику  $TF-IDF$ , предложенную авторами в предыдущих публикациях, например в [6]. Пусть  $R$  – описание предмета заявки, содержащее некоторое множество лемматизированных терминов  $Q_R$ ,  $D$  – множество накопленных аналогов  $d$  из соответствующей отрасли, каждому из которых соответствует некоторое множество терминологических ключей  $C_d$ . Тогда поиск аналога, ближайшего к предмету, можно описать как

$$d = \arg \max S(Q_R, C_{d_j}), j \in \overline{[1, |D|]},$$

$$d_j \in D, S = |Q_R \cap C_{d_j}|, \quad (1)$$

где  $S$  – количество совпадений ключевых терминов.

Для повышения точности идентификации можно применить весовую оценку важности признаков, допустим, что на каждом

множестве  $C_{d_j}$  определено множество весов  $W_{d_j}$ . Тогда функция  $S$  примет следующий вид:

$$S = \sum_{k=1}^N w_k; w_k \in W_{d_j}; N = |W_{d_j}|;$$

$$h: W_{d_j} \rightarrow (Q_R \cap C_{d_j}). \quad (2)$$

После нахождения релевантного аналога может быть запущена процедура оценки актуальности заявленного объекта во множестве аналогов, которому принадлежит найденный образец.

Определение актуальности объекта заявки может производиться путём сравнения обобщенного показателя (ОП) дескрипторов проекта с аналогичными показателями для множества эталонных образцов в условиях принудительного ограничения числа дескрипторов для каждой итерации. Актуальность будет доказана, если обобщенный показатель заявляемого объекта превысит аналогичный показатель хотя бы одного эталонного объекта. Исходя из факта существования данного эталонного объекта во множестве аналогов, которые по обобщённому показателю могут его превосходить, логически следует, что данный эталонный объект может превосходить аналоги по неучитываемым в обобщённом показателе дескрипторам, в силу чего заявляемый объект, превосходящий эталон по обобщённому показателю, имеющему доминирующий характер, может конкурировать как с ним, так и с другими аналогами по дескрипторам, не используемым для свёртки ОП. Формализованно этот алгоритм можно представить следующим образом.

Используем метод экспертных оценок (аналогичный, например [12]) для определения матрицы эталонных аналогов  $P \times Z$ , атрибутами которой –  $Z$  – выступают дескрипторы, экземплярами  $P$  – объекты  $p_i, i \in \overline{[1, |P|]}$ , на пересечении строк и столбцов определены численные значения дескрипторов.

Пусть,  $A$  – множество требований (дескрипторов заявленного объекта), такое, что  $A \in Z$ , где  $a_i \in A$  – требование для текущего момента, актуальное в данной предметной области.

Установим неравновесное влияние каждого дескриптора на ОП объекта путём введения  $W$  – множества весов,  $h: W \rightarrow Z, \sum W = 1$ .

Для введения принудительного ограничения числа требований и, соответственно, дескрипторов, введём множество индексов

дескрипторов заявленного объекта и эталонных аналогов, такое, что

$$K = |A|, k \in [1, |K|]; I = |P|,$$

$$i \in [1, |I|]; J = |Z|, j \in [1, |J|].$$

Введём правое и левое ограничения на количество используемых дескрипторов:  $R_{max}$  – максимальное количество используемых дескрипторов,  $R_{min}$  – нижний предел того же множества, при том что  $R$  – множество дескрипторов заявленного объекта.

Для оценки актуальности заявленного объекта необходимо выбрать множество таких дескрипторов, значимость которых для объектов является наибольшей в условиях введённых ограничений:

$$r \in R, R_{min} \leq |R| \leq R_{max}; r_k = \operatorname{argmax}(Z_i W_i). \quad (3)$$

Следующим этапом является оценка актуальности на основе расчёта обобщенного показателя, использующего ту или иную функцию свёртки, мы в данном случае выбрали мультипликативную, которая, на наш взгляд, не имеет очевидной линейной зависимости от количества показателей.

Введём множество ОП эталонных аналогов –  $Q$ ,  $q_i \in Q$ , где  $q_i$  – ОП  $i$ -го проекта:

$$q_i = \prod_{l=1}^{|Z|} Z_l W_l. \quad (4)$$

Соответственно, ОП предмета определяется как

$$q_{пр} = \prod_{l=1}^{|K|} Z_{пр,l} W_{пр,l}. \quad (5)$$

Тогда при выполнении условия

$$\forall i \in [1, |P|] \exists (q_{пр} > q_i) \quad (6)$$

мы считаем предмет заявки актуальным и достойным дальнейшей экспертной оценки для поиска положительного решения на выделение гранта.

### Заключение

Разработанные в ходе исследования модели оценки актуальности могут быть использованы не только в рамках автоматизированной экспертизы заявок на про-

ектное финансирование, но и в качестве уточняющих инструментов при оценке научных публикаций и иных текстов, к которым предъявляются повышенные требования к актуальности. Применение данных моделей в сочетании с разработанными механизмами терминологического анализа позволит не только снизить влияние личных предпочтений экспертов в пользу объективности и качества экспертизы, но и планировать оцениваемые работы в соответствии с учетом актуальных требований отраслевой конъюнктуры.

### Список литературы

1. Акулич О.В. Современное состояние и достаточность государственной поддержки малого и среднего бизнеса в Магаданской области // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2017. № 8. С. 190–202.
2. Бабина К.И. Грант как один из способов финансирования научных учреждений: особенности, проблемы, перспективы // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2014. № 5(54). С. 170–173.
3. Петрулев, Д.С., Гусарова М.С. Государственное регулирование и проблемы грантовой политики в Российской Федерации // Московский экономический журнал. 2019. № 6. С. 2. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-16002.
4. Сироткин А.В. Отраслевая идентификация заявок в автоматизированной экспертной системе распределения грантов // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 7. С. 99–103.
5. Сироткин А.В. Постановка задачи определения новизны заявки на проектное финансирование в автоматизированной системе распределения грантов // Инновационные технологии управления. 2019. № 6. С. 259–262.
6. Сироткин А.В. Модель определения новизны заявки на проектное финансирование методами терминологического анализа // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4. С. 239–244.
7. Цимбалов А.В., Золотарев О.В. Метод шинглов // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2016. № 4. С. 72–79.
8. Баранецкий А.Н. Мера актуальности ценности и мера ценности актуальности // Архонт. 2018. № 1(4). С. 10–17.
9. Силич В.А., Савельев А.О., Марчуков А.В., Алексеев А.А. Методы оценки актуальности научных публикаций, на основе анализа интернет – обращений к научным порталам // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2010. № 1–1. С. 283–287.
10. Артамонова Г.В., Галеев А.Р., Баженова Т.С. Альтернативный метод оценки актуальности медико-биологических научных исследований российских НИУ // Менеджер здравоохранения. 2012. № 12. С. 35–41.
11. Бугаев К.В. Возможности определения новизны и актуальности научных тем методами наукометрии (на примере криминалистики) // Научный вестник Омской академии МВД России. 2014. № 3(54). С. 49–54.
12. Орлов А.И. Эконометрика. М.: Экзамен, 2002. 413 с.

## СТАТЬИ

УДК 378.1

### ОСОБЕННОСТИ ВОСПИТАНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ БУДУЩИХ ВОЕННЫХ ЛЕТЧИКОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВОЕННОГО ВУЗА

<sup>1</sup>Абдалина Л.В., <sup>2</sup>Гончаров С.А.<sup>1</sup>*Воронежский государственный университет, Воронеж, e-mail: ablava11@rambler.ru;*<sup>2</sup>*ФГКВБОУ ВО «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» (4 авиационный факультет (Д и ВТА)), Балашов, e-mail: s.a\_goncharov@mail.ru*

В статье делается акцент на специфике воспитания гражданской ответственности будущих офицеров-летчиков в процессе их обучения в военном вузе, рассматривается ряд подходов к дефиниции понятия «гражданская ответственность» на современном этапе развития общественной и педагогической мысли, подчеркивается, что гражданская ответственность – это, прежде всего, ответственность личности перед обществом, законом и государством. Помимо этого, в работе выделяются педагогические условия воспитания гражданской ответственности, определяется, что воспитание гражданской ответственности будущих военных летчиков обусловлено в большей степени учетом традиций и ценностей нашей страны, а также особенностями служебной деятельности курсантов. В статье также описывается роль преподавателя и командира в воспитании гражданской ответственности будущих офицеров, иллюстрируются варианты работы преподавателя и командира по патриотическому воспитанию и формированию гражданской ответственности будущих военных летчиков. В заключение еще раз акцентируется внимание, что на формирование гражданской ответственности будущих военных летчиков оказывает значительное влияние учет в воспитательном процессе традиций и ценностей нашей страны и ее Вооруженных сил, специфики военного образовательного учреждения, а также целенаправленная и системная работа в течение всего периода обучения курсантов.

**Ключевые слова:** педагогические условия воспитания гражданской ответственности, будущие военные летчики, патриотические качества, эффективность воспитательного процесса

### SOME FEATURES OF FUTURE MILITARY PILOTS CIVIL LIABILITY MENTORING IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF A MILITARY INSTITUTE

<sup>1</sup>Abdalina L.V., <sup>2</sup>Goncharov S.A.<sup>1</sup>*Voronezh State University, Voronezh, e-mail: ablava11@rambler.ru;*<sup>2</sup>*Krasnodar Air Force Institute for Pilots named after the Hero of the Soviet Union A.K. Serov (4th aviation faculty (long-range and transport aviation)), Balashov, e-mail: s.a\_goncharov@mail.ru*

The article analyzes the specifics of future military pilots civil liability mentoring in the educational process of a military institute, examines various approaches to defining the concept of «civil liability» at the present stage of pedagogical thought development, emphasizes that civil liability is, first of all, the responsibility of an individual to society, law and country. In addition, the work highlights pedagogical conditions of civil liability mentoring, defines that education of civil liability of future military pilots is largely due to taking into account the traditions and values of our country, as well as the peculiarities of cadets' service. The article also describes the role of a teacher and a commander in achieving high efficiency of educational activities, illustrates the teacher' and commander' work in the patriotic education and the formation of civil liability of future military pilots. On balance, attention is paid to the fact that future military pilots mentoring has a significant impact of the consideration in the educational process of the traditions and values of our country and its armed forces, the specifics of a military educational institution, as well as purposeful and systematic work during the entire period of cadets' training.

**Keywords:** pedagogical conditions of civil liability mentoring, future military pilots, patriotic qualities, effectiveness of the educational process

Развитие педагогической мысли можно проследить, начиная с эпохи Античности. Одни из самых первых античных философов, известные в традициях той эпохи как «семь мудрецов», занимались проблемами изучения всестороннего развития человека, его нравственного и разумного поведения, формирующегося в процессе обучения. Основу их мыслей составляла «идея меры», соответствие которой гарантировало эллинам счастье и преуспевание. Вот как рассуждал афинский реформатор Солон – один из представителей древнегре-

ческой семерки: «Нам, эллинам, не подобает оставлять человека так, как создала его природа; мы, напротив, требуем для всех гимнастического образования, дабы удачно созданное природою становилось еще гораздо лучше, а дурные наклонности, сколько возможно, облагораживались» [1, с. 25]. Это достижимо, когда следуешь по пути получения знания, воспитания духовных ценностей и гражданской ответственности перед обществом и самим собой.

Основы формирования гражданской ответственности прослеживаются в трудах

таких известных древнегреческих ученых, как Сократ, Аристотель, Демокрит, Платон и других. Этические традиции, продиктованные культурой поведения и взаимоотношений, определяли тенденции и подходы к воспитанию гражданской ответственности в обществе. Философов Древнего Рима относят к первопроходцам в развитии патриотизма. Жизнедеятельность римляно того времени определяла ряд характеристик гражданина: ответственный воин, имеющий высокие моральные качества, верный Родине, готовый к самопожертвованию. Именно в данный период возникают различные воспитательные теории, где поднималась проблема гражданской ответственности.

В научных трудах исследователей современности понятие «гражданская ответственность» рассматривается с различных ракурсов. Например, И.Ф. Яруллин в своей монографии дает определение «гражданской ответственности как целостному интегративному качеству личности, являющемуся результатом гражданского воспитания, ... включающему в себя внутреннюю свободу и уважение к государственной власти, любовь к Родине и стремление к миру, чувство собственного достоинства и дисциплинированность, гармоничное проявление патриотизма и культуры межнационального общения...» [2]. В.И. Кожкар в своей работе подчеркивает, что гражданская ответственность органично сочетает в себе систему определенных элементов: соблюдение моральных норм и дисциплины, умение интегрировать личные интересы с общественными, приверженность закону, следование принципу единства слова и дела в повседневной жизни. По мнению А.С. Гаязова, «гражданская ответственность как свойство личности характеризуется стремлением и умением оценивать свое поведение с точки зрения пользы и вреда для общества, соизмерять свои поступки с преобладающими в обществе требованиями, нормами, законами, соотносить свои потребности с реальными возможностями, руководствуясь интересами социального прогресса...» [3, с. 61]. Мы рассматриваем гражданскую ответственность как «интегративное качество личности будущего офицера, характеризующее его морально-правовую культуру, проявляющуюся в способности личности выполнять свой нравственный долг с чувством собственного достоинства и законопослушности, способствующую развитию профессионально важных качеств и компетенций, достижению удовлетворенности трудом в избранной военной профессии» [4, с. 66]. Следовательно, гражданская ответственность – прежде все-

го ответственность личности, обладающей рядом положительных качеств, перед обществом, законом и государством.

Воспитание гражданской ответственности – многоступенчатый процесс, который зарождается с юного возраста и длится на протяжении всей жизни в образовательном учреждении, в семье и в периоды самоопределения и профессионального становления.

В этой связи цель исследования – выделить педагогические условия, способствующие эффективности воспитания гражданской ответственности будущих военных летчиков в образовательном процессе военного вуза.

### Материалы и методы исследования

Теоретической основой представленного исследования послужили основные положения, представленные в работах И.В. Зубова [5], Т.В. Ковалевой [6], С.И. Куликовой [7], Е.И. Усовой [8], И.Ф. Ярулина [2] и др. в сфере воспитания гражданской ответственности. При проведении исследования применялись различные теоретические методы: анализ и синтез теоретических аспектов изучаемой темы, обобщение и систематизация необходимых положений, а также методы эмпирического исследования: педагогическое наблюдение, ряд опросных методов.

### Результаты исследования и их обсуждение

Профессия военного летчика является одной из наиболее опасных и сложных среди других военных специальностей. Подготовка военных летчиков – многоэтапный образовательный процесс, относящийся к компетенции авиационной педагогики, в результате которого курсант становится «летчиком-инженером», подготовленным не только к решению вспомогательных задач на поле боя, но и к выполнению должностных обязанностей командира экипажа, а также, в случае необходимости и после получения служебного опыта, командира эскадрильи [9, с. 74-75].

Высшее образование в военном вузе, по сравнению с другими высшими учебными заведениями, имеет свою особую специфику, которая обуславливается тем, что курсантами становятся молодые люди со сформировавшимся мировоззрением, в котором важное место занимает патриотизм и ответственность за безопасность Родины. Чувство патриотизма первоначально закладывается семьей, школой, обществом и культурно-образовательной политикой самого государства, начиная с детства

и юности [10, с. 71]. В военном вузе будущим офицерам уже с первых дней обучения начинают прививать патриотические качества, воспитывать у них гражданскую ответственность как во время аудиторных занятий при изучении общегуманитарных и специальных дисциплин, так и в период самоподготовки, несения нарядов и нахождения в строю. Одним из педагогических условий формирования гражданской ответственности с самого начала обучения является системная и целенаправленная воспитательная работа с курсантами.

Особенности воспитания гражданской ответственности будущих военных летчиков в военном вузе в большей степени определяются характерными чертами их служебной деятельности:

- все военнослужащие Вооруженных сил (ВС) РФ должны соблюдать общевоинские уставы, выполнять различные строевые приемы и носить специальную форму одежды;

- свобода перемещения в военных образовательных организациях значительно ограничена: курсанты 1-2 курсов обязаны проживать на территории военного училища, курсанты старших курсов могут жить за пределами учебного заведения только с разрешения руководства при условии высокой успеваемости и дисциплинированности;

- все участники образовательного процесса в военных вузах должны соблюдать субординацию;

- в увольнения курсанты могут ходить в соответствии с регламентом и с разрешения командования училища;

- как курсанты, так и офицеры должны нести службу в нарядах и караулах;

- курсанты часто принимают непосредственное участие в мероприятиях, связанных с риском для жизни;

- курсанты-летчики должны на всем протяжении обучения поддерживать отличную физическую форму, сдавать необходимые нормативы по физической подготовке, а также обладать отменным здоровьем;

- уровень требований, предъявляемый к нравственным, моральным и деловым качествам военного летчика ВВС России, очень высок и т.д.

Представленные особенности служебной деятельности в военных учебных заведениях России оказывают непосредственное влияние на степень формирования гражданской ответственности будущих офицеров – военных летчиков.

Образовательный процесс в военном авиационном вузе сам по себе обладает особыми чертами и отличиями, не свойствен-

ными другим образовательным учреждениям, которые также влияют на организацию воспитания гражданской ответственности у курсантов военного вуза:

- образовательный процесс, служебная и внеслужебная деятельность регламентированы с учетом требований и правовых норм, определенных приказов, инструкций, действующей дисциплинарной практики на курсе и факультете;

- учебные, воспитательные, служебные мероприятия регламентированы по расписанию дня, их нарушение предполагает персональную ответственность, дисциплинарные наказания;

- главными участниками образовательного процесса служат командиры различных уровней, их подчиненные и воинский коллектив, одновременно выступающие как объектами, так и субъектами воспитания и собственного профессионального становления.

Таким образом, при воспитании гражданской ответственности следует обязательно учитывать специфику военного вуза.

В ряде педагогических исследований доказано влияние начальников, командиров курса, роты, преподавателей на эффективность воспитательного процесса курсантов в военном вузе. По мнению В.А. Чеботарева, «...сохраняется прямая связь между эффективной деятельностью командиров, преподавателей, других субъектов воспитательного процесса (внутренних и внешних) и результатами социально-профессионального воспитания» [11, с. 96].

Их значительная роль в воспитательной деятельности состоит в том, чтобы, используя потенциал субъект-субъектных и объект-субъектных отношений, достигать ее исключительной высокой эффективности, оставаясь в правовых рамках.

Преподаватель военного вуза, выступая также в роли примера для курсантов, зачастую обладает большим, по сравнению с командиром, опытом военно-профессиональной деятельности. Практика показывает, что он может выполнять роль консультанта, помощника, наставника в профессиональном становлении будущего офицера. В связи с этим педагогическая деятельность требует от преподавателей военных вузов активного использования в процессе обучения курсантов различных методов и приемов патриотического воспитания как во время аудиторной, так и внеаудиторной работы.

По нашему мнению, формирование патриотизма, гражданской ответственности и других морально-нравственных качеств для курсанта сопряжено со знанием истории своего государства. Будущие офице-

ры-летчики редко обращаются к документальным источникам, используя в основном учебную литературу. Поэтому для преподавателя очень важно мотивировать курсантов на исследовательскую работу с историческими документами, формировать их морально-нравственные и ценностные ориентиры с позиции активной гражданской позиции, воспитывать у них гражданскую ответственность. В процессе реализации данного подхода необходимо постоянно повышать интерес будущих военных летчиков к изучению дисциплин, которые оказывают непосредственное значение на формирование гражданственности. В этой ситуации следует действовать грамотно и предлагать курсантам задания, нацеленные на развитие их исследовательских умений.

К примеру, при изучении раздела о Великой Отечественной войне в курсе военной истории курсантам может быть предложена следующая тема проекта – «Моя семья в годы Великой Отечественной войны», при работе над которой курсантам по заданию преподавателя необходимо найти материалы о родственниках, принимавших непосредственное участие в военных действиях того времени или попавших в концлагеря. В качестве источников поиска информации могут быть предложены изучение семейных архивов, беседа с родственниками, а также работа в интернет-классе на сайтах «Мемориал», «Подвиг народа в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.». На государственном уровне была проведена огромная работа, благодаря чему вся доступная информация об участнике войны, погибшем или пропавшем без вести родственнике может быть найдена на данных сайтах. Процесс поиска необходимой информации способствует включению будущего военного летчика в историю своей семьи, развитию патриотизма и чувства гражданской ответственности и долга перед Отечеством. Изучение истории Великой Отечественной войны через призму семьи ведет к патриотическому сплочению родственников и общества в целом, поднятию боевого духа и гордости за своих предков, что очень важно в военной профессии. Такая работа решает одновременно комплекс задач по патриотическому воспитанию, формированию гражданской ответственности будущих военных летчиков, а также их самовоспитанию и саморазвитию.

Помимо исследовательской работы, на воспитание гражданской ответственности положительно влияют занятия, проводимые в форме проблемных лекций, внеаудиторная работа с курсантами (экскурсии, просмотр документальных и художествен-

ных фильмов, посвященных мужеству нашего народа, проявлению его гражданского долга и любви к Родине) с последующим обсуждением и выполнением ряда заданий, организацией дискуссий по острым вопросам отечественной военной истории.

Что касается роли командира, то он, как правило, выступает одновременно в нескольких ролях: как носитель ценностей офицерского корпуса, как пример соблюдения норм военно-социального взаимодействия, профессионального поведения. Командир подразделения призван занимать активную гражданскую позицию, помогать курсантам адаптироваться и разбираться в вопросах несения военной службы, помогать им справляться с тяготами и лишениями военной службы и вырабатывать чувство гражданской ответственности [8, с. 227].

Командир проводит занятия на социально значимые темы, развивает у будущих военных летчиков интерес к истории России и ее Вооруженных сил, способствует воспитанию индивидуальной гражданской ответственности. Несмотря на то что курсанты совершеннолетние граждане и вроде бы не нуждаются в воспитании, все равно для будущего военнослужащего важны внеурочные занятия по передаче опыта, формированию мировоззрения военнослужащего – защитника Родины, чести и долга. Более того, он служит для курсантов старшим товарищем и посредником в сфере военного социума, а также управляющим развитием курсантских коллективов. Последнее вполне согласуется с его должностными обязанностями и возможностями в образовательном процессе военного вуза.

Следовательно, для эффективности воспитания гражданской ответственности у курсантов военных вузов необходимо соблюдение следующих педагогических условий:

- целенаправленная и системная воспитательная работа по формированию гражданской ответственности;
- учет специфики военного вуза при воспитании гражданской ответственности будущих военных летчиков;
- регулярное обращение к историческим традициям и ценностям нашей страны и ее Вооруженных сил;
- вовлечение каждого курсанта в процесс самовоспитания и саморазвития.

#### **Заключение**

Идея о необходимости формирования гражданской ответственности у подрастающего поколения зародилась еще во времена Античности, но остается очень актуальной

и в настоящее время. В современном мире воспитание гражданской ответственности рассматривается с различных точек зрения, но общим качеством у всех педагогов является ответственность личности перед народом и государством.

Наличие развитого чувства патриотизма, гражданственности, любви к своему народу является неотъемлемой составляющей любого военного летчика, основной задачей которого служит защита нашей страны. Именно в гражданской ответственности заключается вектор формирования целостности и зрелости личности будущего военного летчика, способной трудиться на благо Родины и государства. На становление этой целостности большое влияние оказывают как командиры, так и преподаватели, в связи с чем именно на них ложится большая ответственность по патриотическому воспитанию и сплочению в военном коллективе.

Помимо этого, выделенные в работе педагогические условия воспитания гражданской ответственности будущих военных летчиков в образовательном процессе военного вуза дают основание утверждать, что на формирование гражданской ответственности будущих военных летчиков оказывает значительное влияние учет в воспитательном процессе традиций и ценностей нашей страны и ее Вооруженных сил, специфики военного образовательного учреждения, а также целенаправленная и системная работа в течение всего периода обучения курсантов.

#### Список литературы

1. Головнева Е.В., Головнева Н.А., Синдикова Г.М. История развития образования, воспитания и педагогической мысли в античную эпоху // История и педагогика естествознания. 2020. № 2. С. 24–29.
2. Яруллин И.Ф. Формирование гражданской ответственности студентов педагогических вузов. Казань: Татарское Республиканское издательство «Хэтер», 2011. 184 с.
3. Гревцева Г.Я. Воспитание ответственности подростков в процессе гражданского образования // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование. Педагогические науки». 2015. Т. 7. № 3. С. 58–67.
4. Гончаров С.А. Некоторые аспекты изучения и воспитания гражданской ответственности военного летчика // Вопросы педагогики. 2020. № 12–1. С. 65–69.
5. Зубов И.В., Остапенко В.С. Гражданская ответственность спасателей и специфика ее формирования в вузах МЧС России // Педагогический журнал. 2016. Т. 7. № 2А. С. 5–15.
6. Ковалева Т.В. К проблеме гражданско-патриотического воспитания студенческой молодежи в современной России // Гражданственность личности в условиях изменяющегося мира: от протестной к созидательной активности: сборник научных статей международной научно-практической конференции 22-23 октября 2015 года. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2015. С. 326–328.
7. Куликова С.И. Генезис формирования гражданской ответственности и личности в теории и практике педагогической науки // Педагогика и психология образования. 2016. № 3. С. 18–23.
8. Усова Е.И. Формирование нравственности и гражданской ответственности у студентов // Гражданственность личности в условиях изменяющегося мира: от протестной к созидательной активности: сборник научных статей международной научно-практической конференции (г. Курск, 22-23 октября 2015 г.). Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2015. С. 224–227.
9. Савельев А.И. Специфика военно-профессиональной деятельности курсантов-военных летчиков // Вестник Самарского университета. История, педагогика, филология. 2019. Т. 25. № 4. С. 73–78.
10. Казаченко О.В., Хамула Л.А. Патриотизм как имидж (психолингвистический аспект) // Вестник Марийского государственного университета. 2019. Т. 13. № 1(33). С. 68–75.
11. Чебатарева В.А. Педагогические закономерности социально-профессионального воспитания будущих офицеров // Мир науки, культуры, образования. 2016. № 2(57). С. 94–97.

УДК 796

## ПРОБЛЕМЫ ПРОВЕРКИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МАЛЫХ ВЫБОРОК В ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТЕ

**Абрахманова И.В., Лущик И.В.**

*ФГБОУ ВО «Волгоградская государственная академия физической культуры»,  
Волгоград, e-mail: academy@vgaflk.ru*

В статье рассмотрены трудности, возникающие в процессе статистического анализа массивов данных малого объема, выявленные авторами при изучении магистерских диссертационных исследований в области физической культуры и спорта. Особенность таких работ состоит в том, что исследователь пытается выделить статистики, связанные с применением параметрических критериев. Но выборки малого объема не позволяют получить корректные значения, или их дальнейшее использование приводит к противоречивым результатам. Авторами определены условия, обуславливающие необходимость выбора непараметрического критерия для проверки гипотезы о нормальном распределении значений исследуемого признака. Выделены достоинства и недостатки критериев, применяемых в настоящих условиях. Описаны особенности их расчета и интерпретации в формальном и графическом представлении. Авторы приводят примеры, иллюстрирующие неоднозначность результатов проверки гипотезы о нормальном распределении выборочных данных. В статье представлены результаты статистического анализа физических качеств детей и подростков различных возрастных групп и рекомендации по отбору в качестве математического инструментария непараметрических критериев Шапиро – Уилка и Колмогорова – Смирнова. Сопоставлены выводы, формулируемые при их использовании для идентичных массивов значений. Определены причины, обуславливающие противоречивость результатов проверки статистических гипотез.

**Ключевые слова:** статистический анализ, физическая культура, непараметрические критерии, проверка статистических гипотез

## PROBLEMS OF TESTING STATISTICAL HYPOTHESES IN THE STUDY OF SMALL SAMPLES IN PHYSICAL CULTURE AND SPORTS

**Abdrakhmanova I.V., Luschik I.V.**

*Volgograd State Physical Education Academy, Volgograd, e-mail: academy@vgaflk.ru*

The article considers the difficulties arising in the process of statistical analysis of small data arrays, identified by the authors when studying master's dissertation research in the field of physical culture and sports. The peculiarity of such works is that the researcher tries to identify statistics related to the use of parametric criteria. But small-volume samples do not allow to obtain correct values or their further use leads to contradictory results. The authors have determined the conditions that determine the need to choose a nonparametric criterion to test the hypothesis of a normal distribution of values of the studied feature. The advantages and disadvantages of the criteria used in these conditions are highlighted. The features of their calculation and interpretation in formal and graphical representation are described. The authors provide examples illustrating the ambiguity of the results of testing the hypothesis about the normal distribution of sample data. The article presents the results of a statistical analysis of the physical qualities of children and adolescents of various age groups and recommendations for the selection of nonparametric Shapiro-Wilk and Kolmogorov-Smirnov criteria as mathematical tools. The conclusions formulated when using them for identical arrays of values are compared. The reasons for the inconsistency of the results of testing statistical hypotheses are determined.

**Keywords:** statistical analysis, physical education, nonparametric criteria, statistical hypothesis testing

В области физической культуры и спорта часто рассматриваются относительно небольшие выборки, что определяется спецификой испытуемых (высококвалифицированные спортсмены высшего эшелона). При этом научная значимость исследований в данной области подтверждается, в частности, результатами обработки статистических данных, среди которых доминируют следующие:

– первичная организация массива (ранжирование, распределение в соответствии с выбранным признаком – по возрасту, специализации, уровню сформированности какого-либо качества и прочее), определе-

ние центральных тенденций и вариационных характеристик;

– проверка значимости различий представленных выборок (контрольной и экспериментальной групп) по уровню исследуемого признака, неслучайного характера сдвигов по исследуемому показателю, несущественности отличий распределения данных от нормального закона распределения и прочее;

– выявление связи между исследуемыми факторами.

Первая и третья задачи статистического анализа решаются большинством молодых исследователей без особых трудностей. На-

глядным примером является использование потенциала программного обеспечения, оптимизирующего процесс создания базы данных, реализованное сотрудниками ФГБОУ ВО «ВГАФК» при проведении исследования адаптивных возможностей организма подростков с различным уровнем здоровья и двигательной активности [1, с. 51]

В то же время проверка статистических гипотез связана с рядом проблем, обусловленных спецификой указанных исследований. Отметим, что анализ диссертационных исследований магистрантов ФГБОУ ВО «ВГАФК» свидетельствует о том, что они предпочитают использовать в качестве средства статистической обработки данных программу MS Excel, а наиболее популярный критерий при выявлении значимых или случайных различий – критерий Стьюдента. При этом молодые ученые игнорируют тот факт, что t-критерий Стьюдента является параметрическим, то есть его применение возможно только для нормально распределенных выборок с равными дисперсиями. Возможно использование модификаций критериев, но они неизвестны широкому кругу пользователей гуманитарного направления подготовки.

В случае если для исходных данных проводится проверка гипотезы о нормальном распределении, магистранты используют критерий согласия Пирсона. При этом возникает проблема несостоятельности данного критерия согласия в связи с малым объемом данных (условия применимости – не менее 50 наблюдений). Использование потенциала MS Excel также вызывает затруднение: исследование непрерывных величин в этом случае сопряжено с необходимостью предварительного построения интервального вариационного ряда, так как частота каждой градации должна быть не менее 5.

С целью решения представленных выше проблем был произведен сравнительный анализ непараметрических критериев, используемых в современной практике статистического анализа данных малого объема.

Цель исследования: произвести сравнение условий применения непараметрических критериев для проверки гипотезы о нормальном распределении исходных данных в случае, когда выборка имеет малый объем; определить возможные несоответствия между аналитическими и графическими вариантами представления результатов сопоставления теоретического и эмпирического распределений.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследование проводилось на основе анализа данных открытых информа-

ционных источников. Был произведен сравнительный анализ наиболее широко используемых непараметрических критериев. Рассмотрены варианты интерпретации обработки данных в формальном приложении и в виде диаграмм при помощи онлайн-калькуляторов.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Вопросы выбора параметрических или непараметрических критериев для оценки различий между средними характеристиками рассматриваются рядом ученых. Одним из первых условий алгоритма отбора является проверка нормальности распределения данных [2, с. 56].

В специальной литературе приводится следующая классификация критериев согласия:

- параметрические критерии;
- критерии, основу которых составляет сравнение параметрических и непараметрических выборочных оценок;
- критерии, предусматривающие сравнение нормального распределения и эмпирических функций распределения выборочных данных [3, с. 83]

Обзор критериев согласия, применяемых в исследованиях в сфере образования, также представлен в публикациях отечественных ученых. Производится сравнение мощности следующих непараметрических критериев: Хегази – Грина, Гири, Дэвида – Хартли – Пирсона, Шпигельхальтера, Локка – Спурье, Оя. Два последних представляют собой аппроксимации критерия согласия Пирсона. Критерий Шпигельхальтера имеет существенные ограничения, а критерий Гири имеет меньшую мощность, чем критерий Шапиро – Уилка, при работе с малыми выборками [4, с. 208].

В общем случае, для нормально распределенного массива данных должны выполняться следующие условия:

- 1) незначительное различие или совпадение значений средней выборочной, моды и медианы;
- 2) соблюдение правила «трёх сигм» (интервал  $M \pm 1\sigma$  включает не менее 68,3% значений, представленных в выборке, интервал  $M \pm 2\sigma$  – не менее 95,5%, интервал  $M \pm 3\sigma$  – не менее 99,7% данных);
- 3) анализу подвергаются количественные данные;
- 4) положительные результаты проверки на нормальность распределения при помощи специальных критериев – Колмогорова – Смирнова или Шапиро – Уилка;
- 5) абсолютные значения показателей асимметрии и эксцесса не превышают 1.

Ограничения применимости непараметрических критериев для проверки нормальности распределения признака

Критерий	Объем выборки	Примечание
Шапиро – Уилка	Менее 50 наблюдений	Наиболее мощный из непараметрических критериев
Колмогорова – Смирнова	Не менее 50 наблюдений	Имеет модификацию – критерий Лилиефорса

Как указано выше, для проверки гипотезы о нормальном распределении полученных данных малого объема в настоящее время широко применяются критерии Шапиро – Уилка и Колмогорова – Смирнова. Условия их применимости представлены в таблице.

Диапазон применимости критерия Шапиро – Уилка довольно широк (от 3 до 2000 наблюдений), но его надежность подтверждена для выборок объемом от 8 до 50 наблюдений. В случае если объем выборки превышает 50, возникает риск отклонить верную гипотезу о нормальности распределения. В этом случае, согласно данным таблицы, можно воспользоваться модифицированным критерием Шапиро – Уилка или критерием Колмогорова – Смирнова, имеющим меньшую мощность. Заметим, что указанные критерии сопоставляют фактическое распределение с теоретическим, не связанным с данным. Модифицированный критерий Лилиефорса предполагает построение теоретической кривой, параметры которой определены на основе анализа исходных данных, то есть наблюдается аппроксимация наблюдаемой и теоретической кривых. Данный факт снижает мощность критерия Лилиефорса, так как результаты расчетов представляют искусственно уменьшенные значения отклонений.

При использовании критериев Шапиро – Уилка и Колмогорова – Смирнова определяется значение уровня значимости ( $p$ ), которое сравнивается с заданным ( $\alpha$ ). В большинстве случаев значение  $\alpha$  принимают равным 0,05. Если расчетное значение будет ниже 0,05, то нулевая гипотеза отклоняется (данные не имеют нормального распределения).

Рассматривая последовательность проверки гипотезы, авторы трудов в данной области подчеркивают необходимость графической интерпретации (например, квантильных диаграмм). Данное требование обусловлено несовершенством анализа: при небольшом объеме наблюдений могут быть проигнорированы выраженные отклонения от нормального распределения. Большие выборки могут быть не идентифицированы, как имеющие нормальное распределение даже при наличии несущественных отклонений от теоретической модели.

Использование программных сред для реализации аналитической статистики не-

прерывных данных широко обсуждается в научной литературе. Авторы подчеркивают необходимость использования непараметрических критериев в случаях, когда не выполняется ряд требований, предъявляемых параметрическими методами. При этом они подчеркивают, что отказ от параметрических методов не всегда возможен или целесообразен. В этих условиях предлагается производить трансформацию (смещение) данных посредством применения возможностей программной среды R [5, с. 52].

Современные сервисы обеспечивают возможность онлайн-расчета значения критерия, а также результатов сопоставления распределений в графическом формате: присутствует возможность построения гистограмм или остаточных регрессий. Рассмотрим процедуру использования одного из онлайн-калькуляторов для расчета значений описанных критериев.

Ниже представлены итоги проверки нормального распределения результатов бега на 10 м у детей в возрасте 11 лет. Введены показатели 36 испытуемых.

Для расчета значения критерия Шапиро – Уилка были использованы возможности сервиса Shapiro-Wilk Test Calculator. Результаты были представлены как числовыми значениями (уровень значимости  $p$ , статистика  $W$ ), так и графически (рис. 1).

Визуальный анализ гистограммы и сравнительный анализ квартилей теоретического нормального распределения и экспериментальных данных (рис. 2), которые были построены программой автоматически, позволяет заключить, что наблюдаются различия между сопоставляемыми распределениями, которые игнорируются даже при использовании мощного критерия.

Согласно результатам калькуляции, расчетный уровень значимости ( $p = 0,5962$ ) превысил 0,05, то есть велика вероятность ошибки I рода. Тестовая статистика  $W$  равна 0,9756 и в 95% случаев попадает в доверительный интервал [0,9398; 1]. В этих условиях нет оснований для отклонения нулевой гипотезы. Таким образом, различия между распределением экспериментальных данных и нормальным распределением не могут быть признаны существенными, данная выборка имеет нормальное распределение.

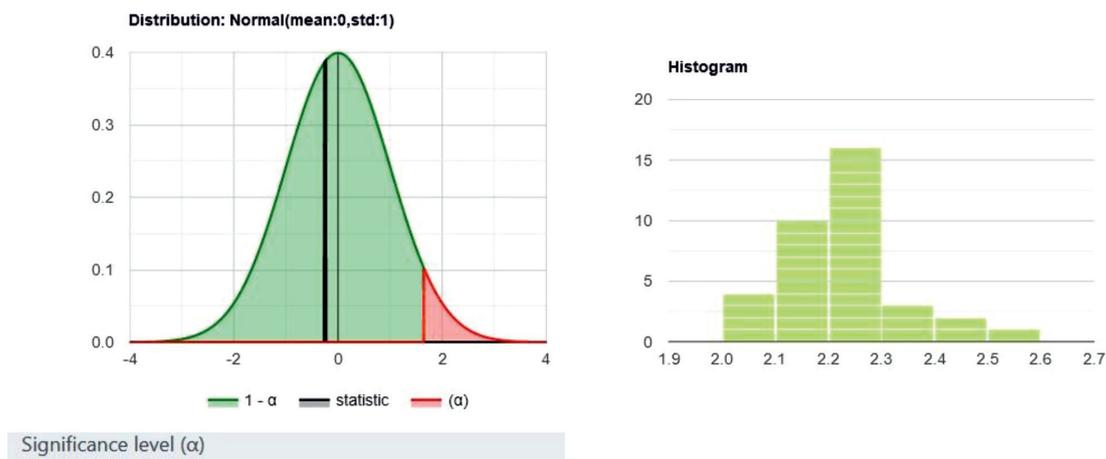


Рис. 1. Сопоставление нормального и данного ( $n = 36$ ) распределения при помощи критерия Шапиро – Уилка

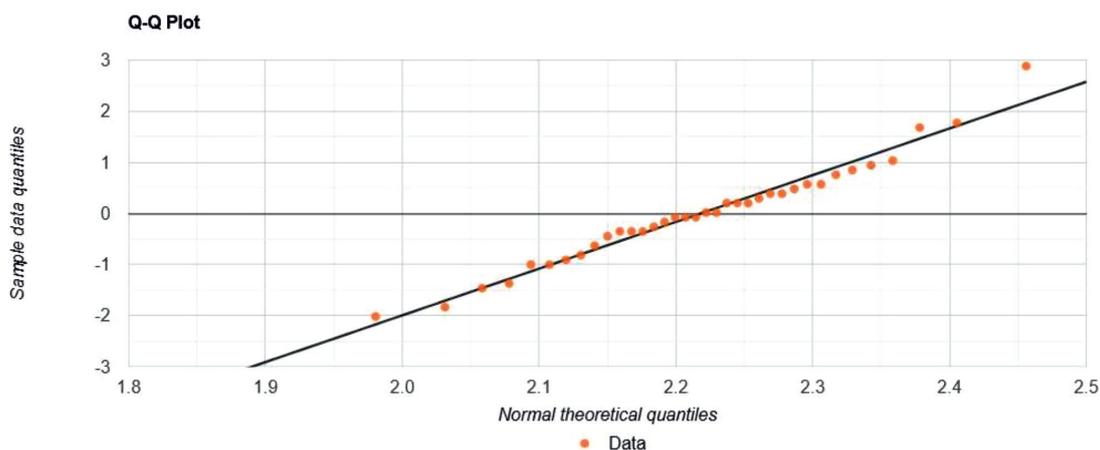


Рис. 2. Сопоставление квантилей нормального и данного распределения ( $n = 36$ )

Аналогичное положение наблюдается при сопоставлении результатов бега на 10 м у детей в возрасте 10 лет. Введены показатели 115 испытуемых.

Для расчета значения критерия Колмогорова – Смирнова были использованы возможности сервиса Kolmogorov-Smirnov Test Calculator. Графическая интерпретация данных представлена в виде гистограммы (рис. 3).

Сопоставление квантилей теоретического нормального распределения и экспериментальных данных (рис. 4) свидетельствует о различиях, которые оцениваются как статистически незначимые.

Согласно полученным данным, расчетный уровень значимости ( $p = 0,2603$ ) превысил 0,05, то есть велика вероятность

ошибки I рода. Тестовая статистика D равна 0,0656 и в 95% случаев попадает в доверительный интервал  $(-\mu; 0,0829]$ . В этих условиях нет оснований для отклонения нулевой гипотезы. Таким образом, различия между распределением экспериментальных данных и нормальным распределением не могут быть признаны существенными, данная выборка имеет нормальное распределение.

Данное положение может частично обуславливаться более низкой, по сравнению с критерием Шапиро – Уилка, мощностью критерия Колмогорова – Смирнова. Однако такая же ситуация наблюдается более чем в 50% произведенных проверок нормального распределения (измерения проводились в 12 группах, где состав испытуемых превышал 50 чел.).

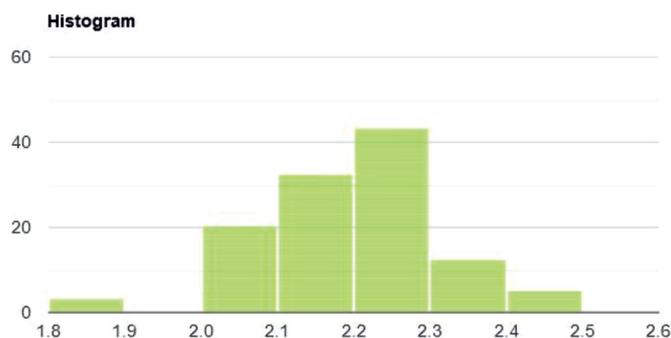


Рис. 3. Гистограмма распределения экспериментальных данных ( $n = 115$ )

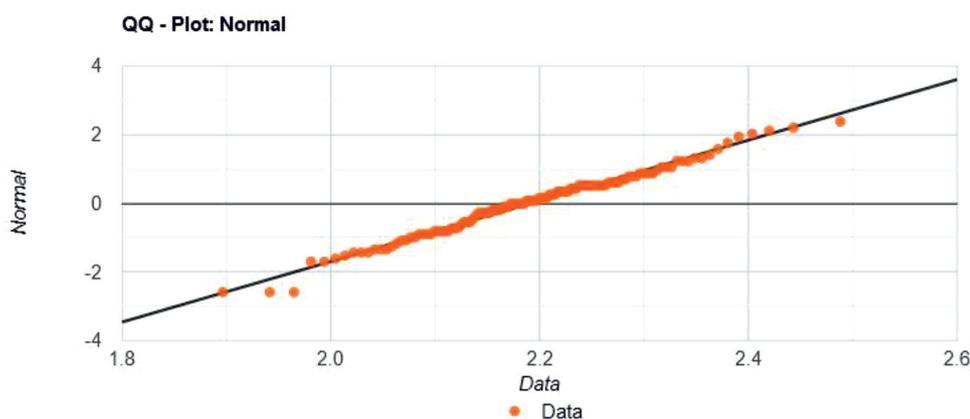


Рис. 4. Сопоставление квантилей нормального и данного распределений ( $n = 115$ )

Описанные выше несоответствия визуального анализа распределения экспериментальных данных и результатов использования непараметрических критериев различной мощности представлены в разработанных методических рекомендациях для магистрантов. В данной работе внимание студентов акцентируется на особенностях организации проверки статистических гипотез о нормальном распределении выборочных данных малого объема, в частности описана процедура отбора параметрического или непараметрического критерия согласия соответствующей мощности.

### Заключение

Обоснованный отбор критерия для проверки нормального распределения выборочных данных позволяет получить корректные результаты для дальнейшего статистического анализа при проведении исследований в области физической культуры и спорта.

### Список литературы

1. Абдрахманова И.В., Хованская Т.В., Лущик И.В., Подгорная И.А. Электронная система оценки адаптивных

возможностей организма школьников на занятиях по физической культуре // Ученые записки университета Лесгафта. 2019. № 12 (178). С. 3–7.

2. Унгурияну Т.Н., Гржибовский А.М. Краткие рекомендации по описанию, статистическому анализу и представлению данных в научных публикациях // Экология человека. 2011. № 5. С. 55–60. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kratkie-rekomendatsii-po-opisaniyu-statisticheskomu-analizu-i-predstavleniyu-dannyh-v-nauchnyh-publikatsiyah> (дата обращения: 29.11.2021).

3. Александровская Л.Н., Кириллин А.В. Рекомендации по применению ряда критериев проверки отклонения распределения вероятностей от нормального закона в практике инженерного статистического анализа // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. № 1–1. С. 82–90. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekomendatsii-po-primeneniyu-ryada-kriteriev-proverki-otkloneniya-raspredeleniya-veroyatnostey-ot-normalnogo-zakona-v-praktike> (дата обращения: 30.11.2021).

4. Зыков С.В., Незнанов А.А., Максименкова О.В. Критерии отклонения распределения случайных величин от нормального в математическом обеспечении программных систем поддержки измерений в образовании // Программные системы: теория и приложения. 2018. № 4 (39). С. 200–217. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriterii-otkloneniya-raspredeleniya-sluchaynyh-velichin-ot-normalnogo-v-matematicheskom-obespechenii-programmnyh-sistem-podderzhki> (дата обращения: 30.11.2021).

5. Егошин В.Л., Иванов С.В., Саввина Н.В., Калмаханов С.Б., Жамалиева Л.М., Гржибовский А.М. Анализ непрерывных данных с использованием программной среды R // Экология человека. 2018. № 11. С. 51–64. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-neprepryvnnyh-dannyh-s-ispolzovaniem-programmnoy-sredy-r> (дата обращения: 29.11.2021).

УДК 377.5:378

## ВЛИЯНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ФИЛОЛОГИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Антонова Е.А.

*ГПОУ Ярославской области «Гаврилов-Ямский политехнический колледж»,  
Гаврилов-Ям, e-mail: antlena1980@mail.ru*

В статье затрагиваются вопросы, касающиеся проблемы формирования профессиональной направленности студентов колледжа. Кроме педагогических средств важно создание педагогических условий на конкретных дисциплинах, обладающих высоким потенциалом для формирования профессиональной направленности. В статье рассмотрены педагогические условия, применяемые на филологических дисциплинах. Конкретизируется классификация педагогических условий, реализуемых на филологических дисциплинах. К организационно-педагогическим условиям отнесены следующие: построение учебного процесса на основе интеграции филологических дисциплин и профессиональных модулей; создание партнёрских отношений между мастерами производственного обучения, преподавателями и обучающимися. К психолого-педагогическим условиям отнесены: реализация текстоцентрического подхода и включение обучающихся в рефлексивно-оценочную деятельность. Дидактическая группа педагогических условий заключается в обеспечении устной и письменной профессиональной коммуникации через весь процесс обучения с учётом систематического решения конфликтных ситуаций в профессии, включение в учебный процесс заданий, направленных на повышение профессиональной мотивации, реализации в учебном процессе различных видов профессионального общения, внедрение авторской программы «Русский язык в профессиональной деятельности». Выявлена эффективность вышеуказанных педагогических условий на дисциплинах «Русский язык», «Иностранный язык», «Литература». Целесообразность внедрения профессионально ориентированных педагогических условий подтверждена статистической обработкой данных, полученных за пять лет исследования, которое осуществлялось на филологических дисциплинах.

**Ключевые слова:** педагогическое условие, профессиональная направленность, филологические дисциплины, коммуникация, интеграция

## THE INFLUENCE OF PEDAGOGICAL CONDITIONS ON THE FORMATION OF THE PROFESSIONAL ORIENTATION OF STUDENTS IN THE DEVELOPMENT OF PHILOLOGICAL DISCIPLINES

Antonova E.A.

*State Professional Educational Institution of the Yaroslavl region Gavrilov-Yamsky Polytechnic College,  
Gavrilov-Yam, e-mail: antlena1980@mail.ru*

The article touches upon issues related to the problem of the formation of professional orientation of college students. In addition to pedagogical tools, it is important to create pedagogical conditions in specific disciplines with high potential for the formation of professional orientation. The article considers the pedagogical conditions applied in philological disciplines. The classification of pedagogical conditions implemented in philological disciplines is specified. The organizational and pedagogical conditions include the following: the construction of the educational process based on the integration of philological disciplines and professional modules; the creation of partnerships between masters of industrial training, teachers and students. The psychological and pedagogical conditions include: the implementation of a text-centric approach and the inclusion of students in reflexive and evaluative activities. The didactic group of pedagogical conditions consists in providing oral and written professional communication through the entire learning process, taking into account the systematic resolution of conflict situations in the profession, the inclusion in the educational process of tasks aimed at increasing professional motivation, the implementation of various types of professional communication in the educational process, the introduction of the author's program «Russian in professional activity». The effectiveness of the above pedagogical conditions in the disciplines «Russian language», «Foreign language», «Literature» is revealed. The expediency of introducing professionally oriented pedagogical conditions is confirmed by statistical processing of data obtained over five years of research, which was carried out in philological disciplines.

**Keywords:** pedagogical condition, professional orientation, philological disciplines, communication, integration

Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования предъявляет актуальные требования к современному выпускнику, выраженные в виде общих и профессиональных компетенций, которые, в свою очередь, способствуют формированию профессиональной направленности обучающихся. Профессиональная направленность – одна из составляющих

успеха выпускников колледжа в их трудовой деятельности, их востребованности на рынке труда, в построении траектории карьерного роста. А.К. Маркова, С.Я. Батышев, Е.А. Климов, Ю.П. Поварёнков, С.Л. Рубинштейн, Л.М. Митина отмечали характерные черты профессиональной направленности, включив в неё профессиональные интересы и склонности, сформированные профессиональные мо-

тивы. Современные учёные (Г.П. Чиркова, Е.В. Машиньян, С.Н. Чистякова, Г.А. Белецкая, И.А. Бабанова, А.П. Беляева, Т.С. Дергач, А.М. Жаркеева) выделили и обосновали критерии сформированности профессиональной направленности обучающихся. Это коммуникативный, профессионально-деятельностный, эмоционально-волевой, мотивационно-целевой и когнитивный. Исходя из указанных точек зрения, профессиональную направленность следует трактовать как устойчивое свойство личности, для которой характерно глубокое профессиональное самосознание, потребность в овладении общими и профессиональными компетенциями, самореализация в профессии. Формирование профессиональной направленности в колледжах имеет свою специфику и идет вместе с дисциплинами общеобразовательного цикла.

Согласно ФГОС СПО, все изучаемые дисциплины общеобразовательного цикла в учреждениях среднего профессионального образования важно проводить с профессиональным уклоном. Такие дисциплины, как «Русский язык», «Иностранный язык», «Русский язык в профессиональной деятельности», «Литература», относят к филологическим. Именно они способствуют погружению обучающихся в осваиваемую профессию за счёт работы с текстами разной направленности. Для того, чтобы процесс формирования профессиональной направленности обучающихся в учреждениях среднего профессионального образования стал более эффективным, следует создать специальные педагогические условия.

Цель исследования заключается в выявлении влияния педагогических условий, создаваемых на филологических дисциплинах, на формирование профессиональной направленности обучающихся.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Рассмотреть существующие подходы к определению понятия «педагогическое условие».
2. Предложить классификацию педагогических условий, создаваемых на филологических дисциплинах и формирующих профессиональную направленность, на основе существующих групп условий.
3. Доказать влияние педагогических условий на формирование профессиональной направленности, опираясь на результаты анкетирования обучающихся.
4. Произвести статистическую обработку полученных результатов анкетирования с последующим обоснованием.

Исходя из цели, задач, требований ФГОС СПО можно предположить, что фор-

мирование профессиональной направленности обучающихся колледжа в процессе изучения филологических дисциплин происходит активнее при создании благоприятных педагогических условий.

### Материалы и методы исследования

Теоретические методы исследования – анализ научной литературы, классификация – позволили конкретизировать понятие «педагогическое условие» и определить группы педагогических условий. Эмпирические методы использовались в исследовании для определения эффективности созданных педагогических условий (анкетирование) и отслеживания процесса внедрения условий, создаваемых на филологических дисциплинах, на формирование профессиональной направленности обучающихся (наблюдение). Методы статистической обработки данных (критерий «ХИ-квадрат» Пирсона») позволил доказать влияние педагогических условий на формирование профессиональной направленности обучающихся колледжа.

Материалом исследования являются данные входного анкетирования первокурсников, зачисленных на обучение в 2016, 2017, 2018 гг., и итогового анкетирования тех же обучающихся к моменту выпуска в 2019, 2020 и 2021 гг. В исследовании приняли участие 156 респондентов – это обучающиеся Государственного профессионального образовательного учреждения Ярославской области «Гаврилов-Ямской политехнический колледж» по профессиям «Повар, кондитер», «Парикмахер», «Слесарь по ремонту строительных машин», «Мастер отделочных строительных работ».

### Результаты исследования и их обсуждение

При описании эффективности педагогических условий, создаваемых на филологических дисциплинах, для формирования профессиональной направленности обучающихся следует обратиться к трактовке понятия «педагогическое условие». Общественность понятия «условие» раскрывается в философии, педагогике, психологии. Под условиями следует понимать некие обстоятельства, которые оказывают воздействие на человека в определённой ситуации [1]. В образовательной деятельности принято создавать педагогические условия. В словаре по гражданско-патриотическому воспитанию даётся следующая трактовка: «Педагогическое условие – это специально отобранный комплекс мер педагогического воздействия, целенаправленно повышающий эффективность педагогического процесса» [2, с. 196].

Таблица 1

Классификация педагогических условий в процессе изучения филологических дисциплин

Группа условий	Педагогические условия формирования профессиональной направленности
Организационно-педагогические	1. Построение учебного процесса на основе интеграции филологических дисциплин и профессиональных модулей. 2. Создание партнёрских отношений между мастерами производственного обучения, преподавателями и обучающимися
Психолого-педагогические	1. Реализация текстоцентрического подхода при освоении филологических дисциплин. 2. Включение обучающихся в рефлексивно-оценочную деятельность
Дидактические	1. Обеспечение устной и письменной профессиональной коммуникации через весь процесс обучения с учётом: 1) систематического решения конфликтных ситуаций в профессии, 2) включения заданий, направленных на повышение профессиональной мотивации, 3) реализации различных видов профессионального общения, 4) внедрения авторской программы «Русский язык в профессиональной деятельности».

Изучению педагогических условий посвящены труды В.И. Андреева, Н.М. Яковлевой, А.Я. Найна, Н.В. Ипполитовой, Н.М. Борытко, А.О. Малыгина, А.В. Сверчкова. Применительно к нашему исследованию наиболее полным является определение М.И. Шалина. Он считает, что педагогические условия – это целенаправленный процесс, представляющий собой совокупность внешних обстоятельств и единства внутренних сущностей и явлений, который влияет на развитие личности [3].

Существующая в педагогической теории классификация выделяет группы условий: организационно-педагогические, психолого-педагогические и дидактические. Основываясь на точках зрения Е.И. Козыревой, В.А. Беликова, С.Н. Павлова, А.В. Сверчкова, под организационно-педагогическими условиями мы будем понимать возможности, необходимые для целенаправленного осуществления образовательного процесса и планируемого управления им, основанного на взаимодействии между участниками образовательного процесса.

А.О. Малыгин, А.В. Лысенко, В.А. Беликов к психолого-педагогической группе относят такие условия, которые обеспечивают развитие и формирование личности обучающегося на основе взаимодействия между участниками образовательного процесса, что приводит к повышению качества образования [4].

М.Ф. Рутковская к дидактической группе относит такие условия, которые адаптируют образовательные возможности под цели обучения. Немаловажно то, что содержание базируется и реализуется с помощью целенаправленного выбора эффективных образовательных технологий, методов, приёмов, использованием необходимых педагогических средств, сочетанием целе-

сообразных форм работы для достижения образовательных задач [5].

Профессиональная направленность обучающихся формируется на филологических дисциплинах, благодаря специально созданным педагогическим условиям, основанным на субъектно-ориентированном, деятельностном, текстоцентрическом и рефлексивно-оценочном подходах, которые представлены в табл. 1.

Обратимся к обоснованию педагогических условий, создаваемых на филологических дисциплинах.

Первое условие – построение учебного процесса на основе интеграции филологических дисциплин и профессиональных модулей – обеспечивает целенаправленную комплексную работу, построенную на взаимодействии преподавателей общеобразовательных дисциплин, в частности филологических дисциплин, и мастеров производственного обучения; проведение интегрированных занятий по изучаемому профессиональному модулю, соотнесение его с программами филологического профиля. Такое построение учебного процесса дает возможность сформировать профессиональную направленность обучающихся. Интегрированный урок, интегрированный проект и исследование, интегрированное мероприятие, мастер-класс – основные формы интеграции в учреждениях среднего профессионального образования, которые способны совместить знания и умения как по дисциплине, так и по изучаемому профессиональному модулю.

Говоря об интеграции филологических дисциплин и профессиональных модулей, необходимо вычленив общие характеристики: содержание, цель, задачи. В данном случае следует учитывать содержание общих и профессиональных компетенций, после чего определяются цель и задачи.

Тема интегрированного занятия носит интегративный характер, включая в себя тему филологической дисциплины и тему профессионального модуля (например, «Закрепление навыка правописания Н и НН в именах прилагательных и причастиях в теме "Приготовление блюд из мяса и птицы"»). В соответствии с темой занятия происходит подбор целесообразных педагогических средств, форм работы, методов.

Реализация данного условия достигается за счёт использования таких педагогических средств, как исследовательская и проектная деятельность. Данные средства позволяют выйти обучающимся на собственный реальный продукт в профессии.

Дисциплина «Литература» формирует важные в профессиональной деятельности качества: креативность, нестандартность мышления, творческий подход к делу. Так с 2016 по 2020 г. интеграция дисциплины «Литература» и производственного обучения обеспечивалась организацией проектной деятельности по следующим профессиям: «Повар, кондитер», «Парикмахер», «Слесарь по ремонту строительных машин», «Мастер строительных отделочных работ». Тематика проектов была следующая: «"Каменный цветок" П. Бажова в интерьере», «Колесо в литературе и профессии», «Масленичные пословицы и поговорки», «Причёски возлюбленных А.С. Пушкина» (для обучающихся 1–3 курсов по профессии «Парикмахер»), «Особенности интерьера в иллюстрациях к произведениям», «Литература и транспорт».

Индивидуальный интегрированный исследовательский проект проводился в период с 2020 по 2021 учебный год по профессии «Повар, кондитер». Общая тема исследовательского проекта: «Кулинарные пристрастия населения». Тематика индивидуальных работ диктовалась интересами обучающихся к конкретному профессиональному модулю («Приготовление пирогов по запросу клиента», «Праздничная подача салата "Оливье"», «Блины с начинкой», «Открытые бутерброды для праздника», «Макаронеры с яйцом "на скорую руку"», «Самая популярная пицца», «"Правильное питание" посетителей фитнес-клубов», «Любимое блюдо студентов»).

Вторым условием является создание партнёрских отношений между мастерами производственного обучения, преподавателями и обучающимися, что оказывает положительное влияние на атмосферу в коллективе: обучающиеся наравне с мастерами и преподавателями включены в образовательный процесс и подготовку к занятиям, учитывается мнение каждого, обучающиеся

ищут оптимальный способ улучшения процесса обучения, таким образом, соблюдается принцип сотрудничества, субъектно-ориентированный подход.

Третье условие – реализация текстоцентрического подхода при освоении филологических дисциплин – осуществляется на основе профессионального текста. Профессиональный текст используется на дисциплинах «Русский язык» и «Иностранный язык». Здесь могут быть использованы разные виды устных (прочтение текста вслух, пересказ, интерпретация, аудирование, рассуждение) и письменных (перевод, выполнение заданий к тексту, написание плана, создание технологической карты, тезирование, поиск синонимов, антонимов к выделенным словам, различные виды разборов, составление определения профессионального термина, работа с этимологическим значением профессиональной лексики, создание на основе предложенного текста текстов разных стилей и типов речи) заданий. В этом случае происходит осознанное прочтение профессионального текста за счёт специально разработанных заданий.

Четвёртое условие реализуется через включение обучающихся в рефлексивно-оценочную деятельность. Осуществляется с помощью таких педагогических средств, как анкетирование, написание эссе «Я и моя профессия», беседа, фокус-группа, круглый стол, монологическое высказывание на профессионально значимую тему. Данное условие формирует осознанное отношение обучающихся к результатам собственной профессиональной деятельности.

Пятое условие – обеспечение устной и письменной профессиональной коммуникации через весь процесс обучения – происходит с учётом:

1) систематического решения конфликтных ситуаций в профессии. У обучающихся должен быть сформирован навык работы в нестандартных ситуациях, данную задачу можно решить несколькими способами: решать искусственно созданные проблемные ситуации, решать реальные конфликтные профессиональные ситуации, возникшие в ходе профессионального обучения, решать ситуации, предложенные обучающимися на основе их жизненного или профессионального опыта. Например, для обучающихся по профессии «Парикмахер» целесообразно проводить цикл занятий по русскому языку на тему: «Конфликты в профессии парикмахера»;

2) включения заданий, направленных на повышение профессиональной мотивации с помощью разнообразных заданий: написание эссе профессиональной направленности («Немного о полезности про-

фессии», «Мой идеал в моей профессии», «Моя профессия завтра»), написание аргументированного ответа на поставленный вопрос («Почему ручная работа становится востребованной?», «Моя профессия – это творчество», «Важно ли работать с душой?»), построения траектории карьерного роста («Я в профессии через 5–15 лет», «Я создаю своё дело»), в процессе устного собеседования;

3) реализации различных видов профессионального общения. Кроме диалога, монологического высказывания важно практиковать такие виды общения как приказ, совещание, отчёт, переговоры, беседа. Обучающимся на уроке русского языка можно предложить ситуацию введения новой услуги. За счёт увеличения видов профессионального общения реализуется отработка устной (беседа, совещание, переговоры) и письменной (приказ, отчёт) коммуникации. В каждом конкретном случае одинаковая ситуация будет рассматриваться по-разному. Устные виды профессионального общения обыгрываются на уроке с соблюдением требований каждого вида общения.

4) внедрение авторской программы «Русский язык в профессиональной деятельности».

Дисциплина «Русский язык в профессиональной деятельности» разрабатывалась с 2015 по 2018 г. и внедрена в сентябре 2018 г. для обучающихся, зачисленных в 2016 г., к моменту внедрения дисциплины обучающиеся перешли на 3 курс. Программа

рассчитана на 72 академических часа. Основная цель внедрения авторской программы – формирование у обучающихся средних профессиональных организаций навыков коммуникативной компетенции, обеспечивающих профессиональную направленность языковой подготовки специалиста, способного на устную и письменную коммуникацию в профессиональной деятельности в соответствии с нормами и правилами современного русского литературного языка. Программа раскрывает особенности и пути формирования общих компетенций обучающихся за счёт возможностей русского языка. В программе имеется перечень практических и самостоятельных работ, задания к зачёту по дисциплине, средства оценивания.

Исследование по выявлению влияния педагогических условий на формирование профессиональной направленности обучающихся проводилось на уроках русского языка, иностранного языка, литературы в период с 2016 по 2021 учебные годы.

С целью выявления эффективных педагогических условий обучающимся был предложен вопрос: «Какие, на ваш взгляд, условия организации учебного процесса помогут глубже понять вашу профессию, расширить представления о ней?» Обучающимся предлагалось выбрать несколько вариантов ответов. Указанные педагогические условия отбирались педагогом на основе изучения научных статей и анализа собственного педагогического опыта. Результаты анкетирования представлены в табл. 2.

Таблица 2

Данные анкетирования по определению влияния педагогических условий на профессиональную направленность

Факторный признак	Результативный признак	
	До исследования (количество человек)	После исследования (количество человек)
Педагогические условия формирования профессиональной направленности		
Построение учебного процесса на основе интеграции филологических дисциплин и профессиональных модулей	38	134
Создание партнёрских отношений между мастерами производственного обучения, преподавателями и обучающимися	78	125
1. Реализация текстоцентрического подхода при освоении филологических дисциплин	31	132
Включение обучающихся в рефлексивно-оценочную деятельность.	21	78
Обеспечение устной и письменной профессиональной коммуникации через весь процесс обучения с учётом:		
1) систематического решения конфликтных ситуаций в профессии	54	102
2) включения заданий, направленных на повышение профессиональной мотивации	42	118
3) реализации различных видов профессионального общения	56	113

Окончание табл. 2		
Факторный признак	Результативный признак	
4) внедрения авторской программы «Русский язык в профессиональной деятельности».	24	108
Никакие из перечисленных	68	12
Всего	412	922

Полученные результаты можно объяснить тем, что обучающиеся при поступлении не понимают значимости данных условий при формировании их как профессионалов, не осознают важности указанных педагогических условий.

Согласно поставленной цели необходимо выявить влияние педагогических условий, создаваемых на филологических дисциплинах, на формирование профессиональной направленности обучающихся. Полученные результаты анкетирования сравнивались до и после исследования и обработаны автоматически с помощью программы SPSS Statistica.

Для проверки предположения о том, что разница в формировании профессиональной направленности до исследования (педагогические условия не введены) и после исследования (после создания педагогических условий на филологических дисциплинах) существенна, применим  $\chi^2$  – критерий Пирсона (критерий «хи-квадрат»).

Обозначим нулевую гипотезу  $H_0$ : указанные педагогические условия, создаваемые на филологических дисциплинах, не оказывают влияния на формирование профессиональной направленности обучающихся.

Альтернативная гипотеза  $H_1$ : указанные педагогические условия, создаваемые на филологических дисциплинах, оказывают существенное влияние на формирование профессиональной направленности обучающихся.

В результате выявлено следующее: при числе степеней свободы равно 8 эмпирическое значение критерия  $\chi^2$  составило 149,484 при уровне значимости  $p < 0,001$ . В то время как критическое значения критерия  $\chi^2$  при уровне значимости  $p = 0,01$  составляет 20,09. В данном случае наблюдается устойчивая связь между признаками, которая значима при уровне значимости  $p < 0.01$ . Следовательно, делаем вывод о существенных изменениях значений после проведения исследования и отвергаем нулевую гипотезу. Экспериментальное значение превышает критическое:  $\chi^2_{\text{эм}} = 149,484 > \chi^2_{\text{крит}} = 20,09$ , что является подтверждением альтернативной гипотезы. Результаты статистической обработки доказывают влияние педагогических

условий, создаваемых на филологических дисциплинах, на формирование профессиональной направленности обучающихся колледжа.

### Заключение

Таким образом, для формирования профессиональной направленности обучающихся важно создавать такие условия, которые бы обеспечивали интеграцию, партнёрство между участниками образовательного процесса, осуществление текстоцентрического подхода на филологических дисциплинах: «Русский язык», «Иностранный язык», «Литература». Для усиления профессиональной подготовки обучающихся, погружения их в сущность профессии необходимо развивать дидактическую группу педагогических условий: обеспечение устной и письменной профессиональной коммуникации через весь процесс обучения, который реализуется в большей степени за счёт внедрения авторской программы «Русский язык в профессиональной деятельности», базирующийся на основе содержания профессиональных модулей. Указанные педагогические условия способствуют формированию не только профессиональной направленности, но и мотивируют обучающихся на дальнейшую самореализацию в профессии.

### Список литературы

1. Шаркова А.Ю., Сибгатуллина Т.В. Педагогические условия использования проектной деятельности для формирования проектно-исследовательских компетенций обучающихся педагогического колледжа // III Андреевские чтения: современные концепции и технологии творческого саморазвития личности: сборник статей участников Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Казань, 27–28 марта 2018 г.). Казань: ООО «Центр инновационных технологий», 2018. С. 277–284.
2. Гревцева Г.Я., Циулина М.В. Краткий словарь-справочник по гражданско-патриотическому воспитанию. Челябинск, 2014.
3. Шалин М.И. Организационно-педагогические условия развития конкурентоспособности личности старшеклассника // Теория и практика образования в современном мире: материалы III Международной научной конференции (Санкт-Петербург, 20–23 мая 2013 г.). Санкт-Петербург: Реноме, 2013. С. 47–49.
4. Низамова Ч.И., Доброторская С.Г. Анализ и уточнение дефиниции и классификационных групп педагогических условий // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. 2019. Т. 38. № 4. С. 623–628.
5. Ипполитова Н.В., Стерхова Н.С. Анализ понятия «педагогические условия»: сущность, классификация // General and Professional Education. 2012. № 1. С. 8–14.

УДК 378.147.227

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ГРУППОВОЙ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ВУЗА В ЭЛЕКТРОННОЙ СРЕДЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ

Арасланова М.Н., Бутакова С.М., Мансурова Т.П.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск,  
e-mail: aras@mail.ru, butakovasvet@mail.ru, tatyana-mansurova@mail.ru

Статья посвящена вопросу организации групповой учебной деятельности студентов младших курсов инженерных направлений вуза в электронной среде при изучении математических дисциплин и выделению особенностей такой организации, нацеленных на формирование личностных и межличностных компетенций студентов. В работе описан перечень компетенций, подлежащий формированию у студентов данных направлений в курсе дисциплины «Математика» в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования 3+ и 3++. Приводятся причины интереса к командным формам работы в современных условиях, как на производстве, так и в ходе реализации образовательного процесса в вузе. Рассматриваются различные аспекты трактовки понятий групповая учебная деятельность, «работа в команде» и проводится сравнительный анализ терминов «группа» и «команда». Обосновывается возможность формирования личностных и межличностных компетенций обучающихся в рамках групповой работы в электронной среде, наряду с предметными и общепрофессиональными. Выделены преимущества использования организации групповой учебной деятельности студентов: повышение мотивации студентов к обучению; активизация познавательной деятельности студентов; развитие умения вести диалог, дискусию, аргументировать свои мысли в ходе коммуникации; повышение взаимной ответственности каждого участника группы за общий результат; получение опыта работы в команде в электронной среде; реализация начальных шагов в подготовке студентов младших курсов к проектной деятельности. Описанный опыт организации групповой учебной деятельности студентов в электронной среде при изучении дисциплины «Математика» может быть использован в различных учреждениях высшего профессионального образования при подготовке методических материалов.

**Ключевые слова:** компетенция, образовательный процесс, инженерные направления вуза, математическая подготовка, групповая учебная деятельность, работа в команде, электронная среда

## FEATURES OF THE ORGANIZATION OF GROUP EDUCATIONAL ACTIVITIES OF ENGINEERING STUDENTS OF THE UNIVERSITY IN THE ELECTRONIC ENVIRONMENT WHEN STUDYING MATHEMATICS

Araslanova M.N., Butakova S.M., Mansurova T.P.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: aras@mail.ru,  
butakovasvet@mail.ru, tatyana-mansurova@mail.ru

The article is devoted to the organization of group educational activities of junior students in engineering directions of a university in an electronic environment when studying mathematical disciplines and highlighting the features of such an organization aimed at the formation of personal and interpersonal competencies of students. The paper describes a list of competencies to be formed in students of these areas in the course of the discipline «Mathematics» in accordance with the federal state educational standards of higher education 3+ and 3++. The reasons for the interest in team forms of work in modern conditions, both in production and during the implementation of the educational process at a university, are given. Various aspects of interpretations of the concepts of group learning activity, «teamwork» are considered, and a comparative analysis of the terms «group» and «team» is carried out. The possibility of the formation of personal and interpersonal competencies of students within the framework of group work in an electronic environment, along with subject and general professional ones, is substantiated. The advantages of using the organization of group educational activities of students are highlighted: increasing students' motivation for learning; enhancing the cognitive activity of students; development of the ability to conduct a dialogue, discussion, to argue their thoughts in the course of communication; increasing the mutual responsibility of each member of the group for the overall result; gaining experience in teamwork in an electronic environment; implementation of the initial steps in preparing junior students for project activities. The described experience of organizing group educational activities of students in an electronic environment in the study of the discipline «Mathematics» can be used in various institutions of higher education in the preparation methodological materials.

**Keywords:** competence, educational process, engineering areas of the university, mathematical training, group educational activities, teamwork, electronic environment

В современном обществе в связи с постоянно ускоряющимися темпами развития производства повышаются требования к выпускникам инженерных направлений вуза. Их квалификация, способность к саморазвитию и самоорганизации, сформированные навыки работы в команде по достижению значимого результата бу-

дут способствовать в дальнейшем развитию предприятия.

Интерес к командным формам работы, как на производстве, так и в ходе реализации образовательного процесса в техническом вузе обусловлен следующими причинами:

– в современных горно-металлургических компаниях усложняются структура

организации и управление предприятием, а также решаемые производственные задачи, выполнение которых по силам сформированным коллективам;

– выпускник инженерных направлений вуза достаточно часто является участником инновационных исследовательских групп, работающих на перспективу развития организации, где он функционирует, принимая на себя ответственность за качество полученного командного результата;

– принятие работником корпоративной политики на предприятии связано с формированием рабочего коллектива, как группы людей, обладающей особой культурой и ценностями;

– переход от технократической парадигмы в образовании к гуманистической, предполагающий формирование личностных и межличностных компетенций студентов наряду с предметными и профессиональными.

В рамках гуманистической образовательной парадигмы организацию учебного процесса в вузе большинство авторов осуществляют как непрерывный интеграционный процесс, который нацелен на отработку студентами различных способов познавательной деятельности, не только индивидуальной, но групповой и командной учебной деятельности, на создание условий для саморазвития студентов не только при изучении специальных дисциплин, но и фундаментальных.

Цель исследования – выделить особенности организации групповой учебной деятельности студентов младших курсов инженерных направлений вуза в электронной среде при изучении математики, направленные на формирование личностных и межличностных компетенций студентов.

Необходимость использования различных форм групповой учебной деятельности студентов в образовательном процессе обусловлена:

– задачей формирования в рамках реализации курсов математических дисциплин компетенций, позволяющих студентам в дальнейшем в своей производственной деятельности стать активным участником социального взаимодействия и выполнять свою роль в командной работе;

– интенсификацией познавательной деятельности студентов путем индивидуализации обучения, с одной стороны, и развития коллективного творчества, с другой.

Целесообразность организации такой деятельности именно в электронной среде связана с актуальным в современных условиях принципом информатизации всех форм образовательного процесса. Под электронно-информационной образовательной средой (ЭИОС) в «Положении об ЭИОС

Сибирского федерального университета», разработанного в соответствии с нормативными документами Российской Федерации, понимается «совокупность: информационных и телекоммуникационных технологий; технологических средств; электронных информационных и образовательных ресурсов, необходимых и достаточных для организации опосредованного взаимодействия обучающихся с педагогическим, учебно-вспомогательным персоналом, а также между собой» [1, с. 4]. Информационное наполнение ЭИОС определяется потребностями реализации образовательных программ.

### Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составили: системно-деятельностный, личностно-ориентированный и компетентностный подходы, актуальные в условиях глобализации, информатизации и практико-ориентированности современной системы высшего инженерного образования. Использованы классические методы педагогического исследования: сравнительно-сопоставительный анализ психолого-педагогической литературы, систематизация и структурирование информации, метод включенного наблюдения.

Определение четких результатов обучения с точки зрения принципа обратного дизайна способствует ориентации образовательного процесса дисциплин на их достижение. Анализируя перечень компетенций ФГОС ВО 3+, а также сопоставляя их с компетенциями, представленными в ФГОС ВО 3++ и их проектах, проиллюстрируем тесную взаимосвязь формируемых компетенций в курсах математических дисциплин для образовательных программ горно-металлургического профиля по двум инженерным направлениям подготовки таблицей (табл. 1) [2, 3]. В этой таблице проведено сопоставление по содержанию формируемых общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК), профессиональных (ПК) и универсальных (УК) компетенций.

Таким образом, организуя образовательный процесс по дисциплине «Математика» для студентов вышеуказанных направлений, мы ориентировались на достижение запланированных результатов обучения (компетенций), в состав которых входят в том числе личностные компетенции, нацеленные на развитие у студентов критического, аналитического, творческого и системного мышления, и межличностные компетенции, связанные с формированием способности студентов к работе в команде, а также к устной и письменной коммуникации.

Таблица 1

Сопоставление компетенций, формируемых в курсах математических дисциплин

Направления	ФГОС ВО 3+	ФГОС ВО 3++
21.05.02 Прикладная геология (уровень специалитета)	ОК-1. Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу	УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
	ОПК-6. Готовность проводить самостоятельно или в составе группы научный поиск, реализуя специальные средства и методы получения нового знания	УК-3. Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
	ОК-6. Способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия	УК-4. Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
	ПК-15. Способность проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	ОПК-3. Способен применять основные положения фундаментальных естественных наук и научных теорий при проведении научно-исследовательских работ по изучению и воспроизводству минерально-сырьевой базы
	ОПК-8. Применение основных методов, способов и средств получения, хранения и обработки информации, наличием навыков работы с компьютером как средством управления информацией	ОПК-8. Способен применять основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации, наличием навыков работы с компьютером как средством управления информацией
22.03.02 Металлургия (уровень бакалавриата)	ПК-1. Способность к анализу и синтезу	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
	ОК-4. Способность работать в команде, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовать свою роль в команде
	ОК-3. Способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)
	ПК-3. Готовность использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания
	ПК-8. Способность использовать информационные средства и технологии при решении задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	ОПК-5. Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств.

Методологическая база эффективной организации групповой деятельности, с нашей точки зрения, представлена технологиями: коллективной познавательной деятельности школьников (М.Д. Виноградова, И.Б. Первин) [4]; коллективных способов обучения (КСО) (В.К. Дьяченко, А.Г. Ривин) [5]; обучения в сотрудничестве (Cooperative learning) (Р. Джонсон, Д. Джонсон) [6].

Анализ научной литературы показал, что, раскрывая сущность терминов «групповая форма учебной деятельности», «групповая учебная работа», «технология групповой учебной деятельности» современные авторы характеризуют её как:

– определенное культурное средство для овладения обучающимися универсальными метапредметными действиями (Раед Суфиях, Е.Н. Корнева) [7];

Таблица 2

Сравнительная характеристика терминов «команда» и «группа»

Группа	Команда
Формируется чаще всего стихийно для решения узкой задачи или с целью, не всегда принятой всеми участниками	Формируется с определенной целью, принятой всеми участниками
Сплоченность чаще всего низкая или средняя	Сплоченность чаще всего высокая
Эпизодическое взаимодействие участников	Тесное взаимодействие участников и работа каждого на общий результат
Явного лидера нет	Лидер есть
Нет явного распределения ролей	Четко распределены роли
Чаще всего каждый участник принимает решение самостоятельно	Участники совместно принимают решения
Стереотипность действий, работа по правилам	Гибкость, непрерывное совершенствование компетенций, развитие творческого потенциала
После выполнения задания распадается	После выполнения проекта берется за другие
Чаще результат работы – продукты индивидуального труда	Результат работы – продукт коллективного труда
Чаще нет синергетического эффекта совместной работы	Есть синергетический эффект совместной работы

– совместное планирование учащими-ся и преподавателем учебной деятельности (О.Б. Зальвинова) [8];

– обучение в сотрудничестве посредством работы учащимися парами или небольшими группами над общей идеей, темой, проблемой (Л.В. Байбородова, С.В. Данданов) [9];

– сотрудничество студентов, направленное на достижение общей субъективно значимой для всех участников цели в небольших группах (Е.А. Сорокатая) [10].

Опираясь на анализ вышеприведенных трактовок, в данном исследовании под групповой учебной деятельностью будем понимать такую форму организации учебной деятельности, которая реализуется в группах через обучение в сотрудничестве и взаимообучении и направлена на достижение ее участниками общей субъективно значимой цели.

Более высоким уровнем организации групповой учебной деятельности является командная работа. Различные аспекты понятий «команда», «работа в команде», «командная работа» в психолого-педагогической литературе рассматриваются достаточно подробно. Ученые трактуют данные понятия как:

– форму организации совместной деятельности людей, которые являются профессионалами в своей области и разделяют командные ценности, цели, ответственность и взаимответственность за результаты работы (В.С. Окунева) [11];

– коллективную учебно-профессиональную деятельность обучающихся, направленную на решение общей, значимой

для них задачи, предполагающую ответственность всех ее участников за результат, обязательным условием реализации такой деятельности является ее согласованность, соблюдение принятых участниками команды правил и совместное обсуждение идей (К.Е. Шахмаева) [12];

– группу людей как форму организации деятельности, основанную на позиционировании ее участников, соблюдающих отработанные процедуры взаимодействия, имеющих общее видение ситуации и стратегических целей (А.В. Краснов) [13].

Опираясь на представленные выше трактовок и анализ психолого-педагогической литературы, выделим различия в характеристиках терминов «команда» и «группа» (табл. 2).

Соглашаясь с мнением А.В. Краснова, учитывая характеристики терминов «группа» и «команда», представленные нами в табл. 2, хотелось бы отметить, что каждая команда – это группа, но не всякая группа является командой [13]. На первом году обучения чаще группы формируются случайно или по усмотрению преподавателя, без учета взаимного выбора ее участников. В дальнейшем участники группы, становясь командой, обязательно имеют лидера, четко ставят и принимают общие цели своей деятельности, выполняя в ней соответствующую роль.

Способность и готовность выпускника вуза работать в команде рассматривается современными работодателями как одно из основных требований при принятии его на работу. Однако в рамках традиционной организации учебного процесса обучения фундаментальным дисциплинам на млад-

ших курсах инженерных направлений вуза недостаточно внимания, с нашей точки зрения, уделяется формированию личностных и межличностных надпредметных компетенций, наряду с предметными, общепрофессиональными и профессиональными. Хотелось бы отметить, что преподавателю групповую форму учебной работы целесообразно организовывать с целью:

- освоения предметного материала посредством совместного нахождения и структурирования студентами информации, решения ими поставленных задач с оценкой преподавателем индивидуальных и групповых результатов такой деятельности (например: подготовка группового сообщения, презентации, реферата, решение ряда задач, разработка ментальной карты понятия, интерактивные задания);

- формирования и отработки навыков работы в группах и развития умений студентов выражать свою точку зрения, корректно высказывать мнение, формулировать вопросы и осуществлять самооценку и рефлексии итогов групповой работы (например: обсуждение проблемной ситуации, участие в дискуссии с доказательством позиции группы, решение кейса, выполнение проектного задания);

- адаптации обучающихся в студенческом коллективе и в дальнейшем на производстве (например: создание учебного или социально значимого видео или слайд-шоу по определенной тематике).

Возникновение мировой компьютерной сети способствует созданию новой виртуальной реальности, которая сегодня замещает реальное пространство существования человека. При построении нового информационного общества и осуществлении вузом подготовки конкурентоспособных и востребованных на рынке труда специалистов, наряду с повышением качества обучения по фундаментальным (в том числе и математическим), общеинженерным и специальным дисциплинам, на передний план выходит задача формирования социально значимых личностных и межличностных компетенций студентов в рамках их групповой работы, особенно в электронной среде.

Математические дисциплины в рамках образовательных программ инженерных направлений вуза чаще всего реализуются на первом и втором курсах обучения. В современных условиях лекционные, практические занятия и самостоятельная работа могут быть реализованы как аудиторно, так и дистанционно, а также в смешанном формате.

Для проведения учебных занятий в рамках дистанционного обучения можно

использовать телекоммуникационные технологии: Zoom, Skype, Google Meet, Reddit, Discord, сервис вебинаров и видеоконференций Сибирского федерального университета (СФУ) и т.п. Для реализации групповой учебной деятельности одной из более удобных в применении платформ является Zoom Cloud Meetings, позволяющая подключаться одновременно большому количеству участников даже с мобильного телефона. Этот сервис предоставляет преподавателю дополнительные возможности по проведению онлайн-встречи с разделением участников на группы, для которых проводятся свои мини-конференции в сессионных залах, с использованием интерактивной доски, демонстрацией экрана, с совместным прослушиванием аудиофайлов и просмотром видеофайлов, передачей управления другим участникам, записи видеоконференции и сохранением информации в чате или в облаке.

При реализации дисциплин веб-поддержку самостоятельной работы студентов целесообразно осуществлять средствами электронных обучающих курсов (ЭОК). Для создания ЭОК дисциплин в СФУ используется платформа LMS Moodle. Самостоятельная работа по дисциплине «Математика» включает в себя осмысление теоретического обучения, решение комплексов задач и расчетных заданий, выполнение под руководством преподавателя проектно-исследовательских заданий, имеющих прикладной или профессионально направленный контекст и их представление либо на занятии, либо в ЭОК, либо в рамках студенческой конференции. Лекционный материал и представление структуры каждого раздела дисциплины в форме карты-схемы, методические указания для самостоятельной работы студентов, формулировки различных видов заданий размещены нами в соответствующих электронных курсах математических дисциплин для студентов инженерных направлений 21.05.02 «Прикладная геология» (уровень специалитета) и 22.03.02.11 «Металлургия CDIO» (уровень бакалавриата). Привлечение информационных технологий и электронных образовательных ресурсов к организации учебного процесса в рамках дисциплин связано с расширением доли самостоятельной работы обучающихся, возможностью построения индивидуальной траектории студента в обучении, более рациональным использованием времени контактной работы с преподавателем в аудитории за счет предварительного знакомства с учебным материалом в электронном курсе, что актуально в современных условиях информати-

зации общества. ЭОК содержит для облегчения навигации не только теоретические материалы и практические задания для самостоятельной работы с критериями оценивания, но и схему реализации дисциплины. Выполнение студентами всех видов работ в каждом разделе электронных курсов, в зависимости от объема и сложности, оценивается в рамках рейтинговой системы определенным количеством баллов, что, с нашей точки зрения, делает систему оценивания учебной деятельности студентов более прозрачной и повышает личную ответственность студента за результат освоения дисциплины.

В рамках актуализации учебно-методического обеспечения по дисциплине «Математика» для студентов 2020 г. набора инженерного направления 22.03.02.11 «Металлургия CDIO» с полным применением электронного обучения и дистанционных образовательных были добавлены в каждый модуль такие элементы, как «интегрированные задания» по разделам: линейная алгебра, аналитическая геометрия, дифференциальное исчисление функции одной или нескольких переменных, интегральное исчисление, дифференциальные уравнения. В данных элементах ЭОК представлены прикладные задачи, имеющие практико-ориентированный или профессионально направленный металлургический контекст. Решение таких задач студентами на итоговых интегрированных занятиях по соответствующему разделу или модулю дисциплины способствует установлению интегративных связей между естественнонаучными дисциплинами: «Математика», «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Теплофизика» и контекстом общеинженерных дисциплин, что является сегодня одним из направлений модернизации образовательного процесса в вузе. Прикладные задачи выполняются студентами в условиях самостоятельной индивидуальной и групповой работы, отчеты по которой размещаются в электронном курсе.

С целью формирования субъектной позиции студентов, повышения их мотивации и самостоятельности в освоении учебного материала, получения ими опыта рефлексии и, как следствие, повышения качества математической подготовки часть практических занятий по дисциплине «Математика» для студентов первого курса направления 22.03.02.11 «Металлургия CDIO» проводилась с применением активных методов обучения. Например, организуя учебную дидактическую игру по теме «Линейные однородные дифференциальные уравнения (ЛОДУ) высших порядков с постоянными коэффициентами» студенты, работая

в электронном курсе в микрогруппах – парах, выполняли упражнение «Подбираем пары – решение ЛОДУ», разработанное преподавателем средствами онлайн-сервиса «Learning Apps». Данная групповая форма деятельности студентов готовит их к дальнейшему этапу практического занятия по отработке навыка решения линейных однородных дифференциальных уравнений высших порядков с постоянными коэффициентами. Педагогическими целями организации учебной дидактической игры в смешанном формате являлись: образовательная – систематизация знаний по записи общего решения линейных однородных дифференциальных уравнений высших порядков с постоянными коэффициентами и развитие способности отличать данные уравнения от других видов дифференциальных уравнений; диагностическая – оценка уровня знаний лекционного материала; воспитательная – формирование межличностных компетенций: способности к коммуникации и работе в малой группе.

Для электронного сопровождения реализации дисциплины «Математика» образовательной программы направления 21.05.02 «Прикладная геология» был создан электронный курс. В его рамках в первом семестре, при изучении темы «Кривые и поверхности второго порядка», студентам предлагалось, работая в малых группах, в электронной среде создать глоссарий по основным замечательным кривым и поверхностям. Педагогической целью организации учебной деятельности студентов в такой форме являлась систематизация и закрепление знаний по основным видам линий и поверхностей в различных системах координат, их основным характеристикам, развитие способности отличать по записи уравнения и геометрическому образу различные кривые и поверхности, описывать особенности их расположения и строить чертежи.

На первом этапе выполнения задания разбиение студентов на группы и выдача соответствующего задания производились преподавателем случайным образом. В описании кривых и поверхностей студентам необходимо было привести историю открытия, определение, способы задания, виды уравнений, основные характеристики и схематический чертеж. Временные рамки выполнения задания в электронной среде – две недели и один резервный день. Преимуществом использования данного элемента электронного курса в ходе реализации дисциплины является удобный способ представления дефиниций, которые будут связаны со всем контентом курса в дальнейшем в разделах: «Интегральное

исчисление» (во 2 семестре), «Векторный анализ» (в 3 семестре). Причем при упоминании определенного термина автоматически появляются ссылки на его определение, видеоматериалы, графическое представление, интересные факты. Каждый студент, записанный на курс, имел возможность оценивать и комментировать работу друг друга в элементе «форум».

Для структурирования и углубления понимания изучаемого материала по теме «Обыкновенные дифференциальные уравнения» средствами онлайн-инструмента для майндмеппинга (Mind Meister) студенты в рамках групповой учебной деятельности в электронной среде создавали ментальную карту с описанием основных методов решения различных типов дифференциальных уравнений. Группы формировались по пять человек, исходя из взаимного выбора студентов, и на выполнение задания отводилась одна неделя и резервный день. Преимуществами разработанных и добавленных студентами в ЭОК ментальных карт являются: представление в виде диаграммы связей любых понятий, позволяющее систематизировать и визуализировать учебный материал в удобном для студентов формате и дизайне; отражение вклада каждого студента в итоговый результат, посредством использования возможностей данного сервиса «промотать историю назад» и увидеть по каждому исполнителю выполненный объем работы.

Изучение и закрепление учебного материала по ряду тем в активной форме через представления студентами продуктов групповой интеллектуальной деятельности в электронной среде – ментальных карт, электронного глоссария целесообразно, с нашей точки зрения, использовать в связи с необходимостью развития таких личностных качеств, как элементы системного, аналитического и критического мышления, а также формирования их межличностных компетенций: способности к коммуникации, работе в команде.

Техническими возможностями реализации групповой работы студентов в электронной среде может являться применение сетевых сервисов: для разработки интерактивных упражнений – Genius; для создания тестов и опросов – Google формы, Kahoot, Socrative, Mentimeter; для создания схем, инфографики, концепт-карт – Canva, Mindomo, Lucidchart, Infogram, Coggle.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Авторы используют ЭОК при реализации учебного процесса по математическим дисциплинам для студентов инженерных направлений более трех лет. Подводя итог

исследованию в соответствии с его целью и опираясь на накопленный педагогический опыт, выделим особенности организации групповой учебной деятельности студентов в электронной среде, направленные на формирование личностных и межличностных компетенций:

- осуществление веб-поддержки самостоятельной работы студента в ЭОК, позволяющей построить индивидуальную траекторию его обучения математике;

- изучение и закрепление учебного материала по ряду математических тем и разделов в активной форме через представление студентами продуктов групповой интеллектуальной деятельности в ЭОК с целью развития таких личностных компетенций студентов, как элементы системного, аналитического, творческого и критического мышления;

- реализация обучения в сотрудничестве и взаимообучения в электронном курсе, способствующего формированию межличностных компетенций студентов в соответствии с такими принципами, как логически оправданное разделение учебной группы на малые группы в зависимости от содержания и уровня сложности заданий, направленность условий работы в электронной среде на самореализацию каждого студента, учет темпов учебной деятельности пользователей курса на разных ее этапах;

- интеграция содержания дисциплины математика с научными областями других естественнонаучных дисциплин посредством решения студентами в малых группах в ЭОК интегрированных практико-ориентированных и профессионально направленных учебных заданий с использованием пакетов прикладных программ (MS Excel, MathCAD, MatLab, Wolfram Alpha).

С методической точки зрения элементы ЭОК, разработанные преподавателем для групповой учебной работы студентов, должны удовлетворять следующим принципам: структура учебных заданий курса обеспечивает взаимозависимость участников групповой учебной деятельности в условиях самореализации возможностей каждого студента; использование различных онлайн-сервисов, встроенных в систему LMS Moodle, позволяет учесть вклад каждого студента при оценке выполнения группового задания с учетом времени работы и частоты обращений к ЭОК; построение группового взаимодействия обучающихся в электронной среде происходит в течение достаточно долгого, но регламентированного времени с отслеживанием динамики групповой работы через использование доски проектов, комментирования в форумах; последовательность обсуждения выполнения

группового задания и результатов коммуникации студентов отражается в форуме электронного курса дисциплины.

Преимуществами использования организации групповой формы учебной деятельности студентов младших курсов в рамках инженерных направлений в электронной среде, с нашей точки зрения, являются: повышение мотивации студентов к обучению; создание ситуации успеха в учебном процессе; активизация познавательной деятельности студентов; развитие умения вести диалог, дискуссию, аргументировать свои мысли в ходе коммуникации; повышение взаимной ответственности каждого участника группы за общий результат; получение начального опыта работы в команде в электронной среде; реализация начальных шагов в подготовке студентов младших курсов к проектной деятельности, формирующей инженерное мышление на старших курсах. Это объясняется тем, что студент становится субъектом учебной деятельности в условиях обучения в сотрудничестве и взаимообучения в электронной образовательной среде. Наряду с преимуществами нами выявлены некоторые недостатки реализации групповой учебной деятельности студентов в электронной среде: опосредованность деятельности участников группы электронными инструментами; сложность оценивания вклада каждого участника; отсутствие прямого визуального контакта преподавателя и студентов при осуществлении учебной деятельности в электронном курсе.

Реализация такой организации учебной деятельности инженерных студентов направлений «Прикладная геология» и «Металлургия СДИО» в условиях самостоятельной работы в курсах математических дисциплин в вузе подтверждает формирование на базовом уровне их личностных и межличностных компетенций. Нами был проведен опрос студентов третьего и четвертого курсов данных направлений (105 чел.), в котором 76% респондентов считают важным приобретенный на младших курсах опыт работы в команде (и в аудитории, и в электронной среде) и 80% опрошенных – необходимым полученный навык критического анализа и систематизации учебной информации при решении поставленных задач, так как на старшем курсе обучения они достаточно часто принимают участие в различных конкурсах, предполагающих командное решение кейсов профессионального содержания, а также в студенческих конференциях. Развитие данных способностей, наряду с базовой математической подготовкой, актуально для них, как отмечают студенты, при освоении общеинженерных и специальных дисциплин,

в том числе и при работе в ЭОК, в ходе прохождения учебной и производственной практики в дальнейшем.

Таким образом, практическая значимость результатов проведенного исследования заключается в том, что выделенные нами особенности организации групповой учебной деятельности инженерных направлений вуза в электронной среде, направленные на формирование их личностных и межличностных компетенций, рекомендации по ее осуществлению и описанный опыт такой деятельности студентов при изучении дисциплины «Математика» может быть использован в учреждениях высшего профессионального образования при подготовке методических материалов в рамках компетентного и личностно-ориентированного подходов.

### Список литературы

1. Положение об электронной информационно-образовательной среде СФУ от 2 июля 2021 г. ПВД ЭИОС. 2021. 22 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://about.sfu-kras.ru/node/10065> (дата обращения 20.11.2021).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 21.05.02 Прикладная геология (уровень специалитета) от 25 августа 2020 г. № 59439 [Электронный ресурс]. URL: [http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Spec/210502\\_C\\_3\\_18062021.pdf](http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Spec/210502_C_3_18062021.pdf) (дата обращения 20.11.2021).
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (уровень бакалавриата) от 10 июля 2020 г. № 58902 [Электронный ресурс]. URL: [http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/220302\\_B\\_3\\_23072020.pdf](http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/220302_B_3_23072020.pdf) (дата обращения 20.11.2021).
4. Виноградова М.Д., Первин И.Б. Коллективная познавательная деятельность и воспитание школьников. М.: Просвещение, 1977. 159 с.
5. Дьяченко В.К. Новая дидактика. М.: Народное образование, 2001. 496 с.
6. Чернявская А.П., Байбородова Л.В., Харисова И.Г. Технологии педагогической деятельности. Ч. I. Образовательные технологии: учебное пособие. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2014. 311 с.
7. Суфиях Раед, Корнева Е.Н. Учебная групповая деятельность студентов в контексте культурно-исторической теории Л.С. Выготского // Сборник докладов по результатам научно-практической конференции «Человек в мире неопределенности: методология культурно-исторического познания», приуроченной к 120-летию Л.С. Выготского, в г. Москве / Под ред. Т.Н. Сахаровой. М.: МПГУ, 2016. С. 227–283.
8. Зальвинова О.Б. Формы и методы групповой работы с учащимися // Современные исследования. 2018. № 4 (8). С. 71–73.
9. Байбородова Л.В., Данданов С.В. Этапы организации групповой работы в учебном коллективе // Ярославский педагогический вестник. 2016. № 6. С. 74–82.
10. Сорокатыя Е.А. Содержание и виды групповой учебной деятельности студентов // Молодой ученый. 2015. № 6. С. 686–689.
11. Окунева В.С. Формирование компетентности командной работы студентов вуза: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Красноярск, 2013. 24 с.
12. Шахмаева К.Е. Формирование готовности к командной работе студентов технического вуза в процессе профессиональной подготовки: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Магнитогорск, 2019. 26 с.
13. Краснов А.В. Социальная психология: психология малых групп: учебное пособие. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. 1,24 Мб; 88 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/krasnov-socialnaya-psixologiya-psixologiya-malyx-grupp.pdf> (дата обращения: 20.11.2021).

УДК 373.24

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ДИДАКТИЧЕСКИХ ИГР В ОЗНАКОМЛЕНИИ СТАРШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ С ТРУДОМ ВЗРОСЛЫХ

<sup>1</sup>Бичева И.Б., <sup>1</sup>Грахова Н.Е., <sup>1</sup>Новикова Е.Н., <sup>2</sup>Автамонова О.В., <sup>2</sup>Раскатова С.И.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»,  
Нижегород, e-mail: irinabicheva@bk.ru;

<sup>2</sup>МБДОУ «Детский сад № 16», Нижегород, e-mail: oavtamonova@mail.ru

В статье проводится научно-теоретический и методический анализ проблемы ознакомления старших дошкольников с трудом взрослых. Авторами сделан вывод о влиянии процесса ознакомления с трудом взрослых на формирование у старших дошкольников личностных качеств, развитие психических процессов и предпосылок учебной деятельности. Выделены методы ознакомления старших дошкольников с трудом взрослых. Особое внимание обращается на использование компьютерных дидактических игр. Определены обучающие и игровые задачи для старших дошкольников, решаемые с помощью данных видов игр, игровые правила их проведения. Авторы подчеркивают, что интерактивный характер компьютерных дидактических игр вызывает у детей особый настрой и усиливает стремление к познанию. Данная позиция подтверждается сравнительными результатами исследования на основе диагностической беседы «Что такое профессия». В ходе беседы с детьми выясняли, какие они знают профессии, им предлагалось рассказать, какими инструментами труда пользуется человек названной профессии и объяснить процесс работы. У детей экспериментальной группы на контрольном этапе исследования выявлена положительная динамика сформированности представлений о труде взрослых по всем исследуемым параметрам. У детей контрольной группы значимых изменений не произошло. Рассматривая компьютерную дидактическую игру как одно из информационных средств ознакомления с трудом взрослых, авторы подчеркивают роль самообразования и методической работы в дошкольных образовательных организациях по системному освоению педагогами ИКТ-технологий для детей дошкольного возраста.

**Ключевые слова:** дошкольное образование, старший дошкольник, ознакомление с трудом взрослых, ИКТ-технологии, компьютерные дидактические игры

## THE USE OF COMPUTER DIDACTIC GAMES IN INTRODUCING SENIOR PRESCHOOLERS WITH THE WORK OF ADULTS

<sup>1</sup>Bicheva I.B., <sup>1</sup>Grakhova N.E., <sup>1</sup>Novikova E.N., <sup>2</sup>Avtamonova O.V., <sup>2</sup>Raskatova S.I.

<sup>1</sup>Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: irinabicheva@bk.ru;

<sup>2</sup>Kindergarten № 16, Nizhny Novgorod, e-mail: oavtamonova@mail.ru

The article provides a scientific, theoretical and methodological analysis of the problem of familiarizing older preschoolers with the work of adults. The authors made a conclusion about the influence of the process of familiarization with the work of adults on the formation of personal qualities in older preschoolers, the development of mental processes and prerequisites for educational activity. The methods of familiarizing older preschoolers with the work of adults are highlighted. Particular attention is paid to the use of computer didactic games. The educational and game tasks for older preschoolers, which are solved with the help of these types of games, and the game rules for their conduct, have been determined. The authors emphasize that the interactive nature of computer didactics evokes a special mood in children and enhances the desire for knowledge. This position is confirmed by comparative research results based on the diagnostic conversation «What is a profession». During the conversation, the children were asked what professions they knew, they were asked to tell what tools a person of the named profession uses and explain the process of work. In the children of the experimental group, at the control stage of the study, a positive dynamics of the formation of ideas about the work of adults in all the studied parameters was revealed. There were no significant changes in the children of the control group. Considering a computer didactic game as one of the means of acquaintance with the work of adults, the authors emphasize the role of self-education and methodological work in preschool educational organizations for the systematic mastering of ICT technologies by teachers for preschool children.

**Keywords:** preschool education, senior preschooler, familiarization with adult labor, ICT technologies, computer didactic games

Приобщение детей дошкольного возраста к трудовой деятельности и формирование представлений о разных профессиях рассматривается как одно из актуальных направлений их социально-познавательного и коммуникативного развития, приобретения опыта социально-эмоционального взаимодействия [1]. В процессе организации данной работы создаются условия для успешного решения образовательных,

развивающих и воспитательных задач: дети не просто овладевают представлениями о профессиях, но, что важно, у них воспитывается определенное отношение к разным видам труда, понимание значимости труда для человека и общества, формируются необходимые трудовые умения и навыки.

Задачи, содержание, технологии, формы и методы ознакомления дошкольников с трудом взрослых, конкретизированные

соответственно возрастному этапу развития ребенка, включены во все комплексные программы дошкольного образования и достаточно широко представлены в исследованиях [2, 3]. Учеными обосновывается значение системного и последовательного формирования у детей представлений о людях конкретной профессии, необходимость изучения личностных качеств человека труда, трудовых процессов и особенностей создания продуктов трудовой деятельности и др. Современные исследования акцентируют важность формирования у дошкольников необходимых и достаточных знаний о специфике профессий, востребованных в конкретном регионе, а также развития понимания, что только специалист-профессионал способен к высоким трудовым достижениям, а для этого следует много и упорно учиться. Данный контекст позволяет рассматривать исследуемую проблему с иной точки зрения – с позиции ранней профессионализации, начало которой приходится на старший дошкольный возраст [4].

Рассмотренные положения актуализируют поиск эффективных средств формирования у детей представлений о конкретных профессиях, систематизации знаний о видах труда, развития способности к изучению наблюдаемого трудового процесса, умения определять свое отношение к труду, воспитания уважения к разным видам трудовой деятельности человека и др. В этой связи выделим две позиции.

Во-первых, учитывая ведущий вид деятельности в дошкольном возрасте, а именно игровую, ознакомление с трудом взрослых эффективнее всего осуществлять в процессе организации разных видов игр [5]. В старшем дошкольном возрасте на основе развития внеситуативно-делового общения дети чаще включаются в игры с правилами, разнообразностью которых являются дидактические игры, отличительной особенностью которых является наличие обучающей и игровой задачи, реализуемой в активной форме [6].

Во-вторых, современные условия развития дошкольного образования характеризуются повышением роли информационно-коммуникативных технологий (далее – ИКТ-технологий), что соответствует тенденциям информационного развития общества [7]. Поэтому применение ИКТ-технологий в общей системе профессиональной деятельности педагога дошкольного образования и конкретно при ознакомлении с трудом взрослых позволяет придать образовательному процессу необходимую открытость, гибкость и целенаправленность. В то же время в практике работы педагогов дошкольных

образовательных организаций использованию ИКТ-технологий при ознакомлении старших дошкольников с трудом взрослых не уделяется должного внимания.

В этой связи по-новому видится организация обучающей игровой деятельности, а именно, как активная разработка и внедрение компьютерных дидактических игр, стимулирующих «самостоятельную познавательную деятельность, нацеленную на знакомство с трудом и профессиями» [8, с. 118].

Цель исследования – обоснование возможностей компьютерных дидактических игр в ознакомлении старших дошкольников с трудом взрослых.

Материалы и методы исследования – анализ, систематизация и обобщение научной литературы по проблеме исследования, педагогический эксперимент.

### Результаты исследования и их обсуждение

Дети дошкольного возраста довольно активно включаются в выполнение заданий, заданных условиями компьютерной дидактической игры. Их привлекает возможность проявить свою самостоятельность, почувствовать себя взрослыми, разыграть новые роли (дизайнера, проектировщика, музыканта). В таких видах игр эти возможности широко представлены. Рассматривая процесс ознакомления старших дошкольников с трудом взрослых с позиции ранней профессионализации, считаем, что компьютерные дидактические игры соответствующей направленности способствуют решению комплекса образовательных, воспитательных и игровых задач.

*Образовательные и воспитательные задачи* ставит педагог:

- формирование и обогащение представлений о разных профессиях, назначении используемых орудий и предметов труда, трудовых действиях и процессах в конкретной профессии;

- создание оптимальных условий для развития речевой активности детей, умения составлять рассказы о той или иной профессии, ее особенностях, людях данной профессии;

- развитие памяти, внимания, логики мышления, умения работать по инструкции;

- воспитание уважительного отношения к людям разных профессий;

- развитие понимания важности любой профессии, др.

*Игровые задачи* в компьютерной дидактической игре реализуют дети:

- составить изображение из пазлов, выбирая те, которые соответствуют заданной профессии;

– высказать свои предположения, отвечая на проблемный вопрос (например, «Кем работает этот человек, который использует в работе изображенные на картинке предметы?»);

– отгадывать загадки или ребусы, др.

Подчеркнем, что игровые действия в компьютерной дидактической игре соотносимы с учебными действиями и могут состоять из одной или нескольких операций: отвечать на вопросы, собирать пазл, рассказывать, подбирать картинки, называть профессии или орудия труда, выбирать профессию по нескольким признакам и пр.

При разработке компьютерных дидактических игр по ознакомлению старших дошкольников с трудом взрослых нами учитывались рекомендации О.Г. Сороки, которые определяют критерии и показатели дидактических значимых компонентов игры [9]:

– название дидактической игры отражает направление педагогической деятельности: «В мире профессий», «Все профессии нужны», «Выбираем профессию», «Профессия: город – село», «Кем работает мама?», «Кому без них не обойтись?», «Кому что нужно?», «Угадай профессию», «Учитель»;

– дидактическая задача предполагает ознакомление детей с трудом взрослых, а именно, с предметами, процессом, результатами труда;

– игровая задача мотивирует детей на познание такой сферы действительности, как труд взрослых, и отвечает их интересам;

– содержание игры посилено детям и активизирует их познавательную активность в области трудовой деятельности взрослых, позволяет применить свои знания и умения в практической деятельности;

– игровые правила определяют требования к игрокам, пути достижения цели и условия завершения игры;

– игровое действие в компьютерной игре выполняется детьми с виртуальным игровым материалом (картинками с изображением людей разных профессий, их орудий, процесса и результатов труда);

– игровой материал соответствует требованиям необходимости и достаточности (3–4 картинки на одном слайде), изображения на картинках, в том числе стилизованных, яркие, выразительные, реалистичные;

– интерактивность игры обеспечивается возможностями для ребенка изменить параметры игровой среды (отдельных частей игры), выбрать способ управления производимыми на экране действиями.

Дети достаточно быстро усваивают содержание компьютерной дидактической игры. Так, в одном случае деятельность детей заключалась в том, чтобы рассмо-

треть предлагаемые на экране картинки и описать их содержание (какие предметы труда видят, что делают с помощью этих предметов труда, где происходит действие, что является результатом труда), высказать предположение о том, кем трудится мама (или другой человек), у которой (которого) есть то, что изображено на картинках слайда. В другой игровой ситуации дети отгадывали загадки о представителе какой-либо профессии, необходимых атрибутах трудовой деятельности, определяли гендерную принадлежность профессии, собирали пазл из четырех-пяти частей. В третьей игровой ситуации дети, видя на экране изображение мальчика или девочки (по отдельности, вместе), размышляли, мужская это профессия или женская, могут ли в данной профессии работать и мужчина, и женщина, др.

Перед проведением компьютерной дидактической игры по ознакомлению с трудом взрослых, с детьми обсуждались игровые правила, соблюдение которых является обязательным для всех участников:

– собирать картинку можно лишь после того, как будут внимательно рассмотрены все детали и высказаны доказательные предположения об изображенных профессиях (одежде, предметах труда);

– выбор городской профессии осуществляется с помощью синего кружка, выбор сельской профессии осуществляется с помощью зеленого кружка;

– внимательно слушать, выполнять задания: отгадывать загадки, делать выбор (между мужской или женской профессией, собирать пазл) только после речевого ответа и т.д.

В процессе проведения компьютерных дидактических игр по ознакомлению старших дошкольников с трудом взрослых мы обратили внимание, что детей привлекает их интерактивный характер, который проявляется в следующих возможностях для каждого ребенка:

– можно проверить правильность своих предположений за счет прикосновения к экрану (или наведения курсора) и активации изображения, которое дети собрали;

– можно перемещать изображения вниз/вверх слайда (к мальчику или девочке), кружков (синие кружки перемещаются к городским профессиям, зеленые – к сельским);

– можно услышать звуковой сигнал, подтверждающий правильность выполнения игрового действия; др.

Следует подчеркнуть такое преимущество компьютерных дидактических игр, в том числе по ознакомлению с трудом взрослых, как осуществление детьми самооценки, что в старшем дошкольном возрас-

те весьма значимо в социально-личностном становлении ребенка. Например, в предлагаемых нами играх, если ребенок ошибался, то изображение либо исчезало с экрана, либо вращалось или просто не открывалось.

Контроль педагога за исполнением игровых действий детьми осуществлялся на основе методов стимуляции детской деятельности (поощрение, пример, проявление радости в случае правильного выполнения игровых действий, др.).

Эффективность ознакомления старших дошкольников с трудом взрослых с использованием компьютерных дидактических игр подтверждается сравнительными результатами исследования, для которого была разработана диагностическая беседа «Что такое профессия», включающая вопросы: Назови, какие ты знаешь профессии? Что ему (ей) нужно для работы? Что делает человек этой профессии? Какие орудия труда использует человек данной профессии?

Диагностика сформированности представлений о труде взрослых у старших дошкольников проводилась на базе МБДОУ «Детский сад № 16» г. Нижнего Новгорода. В исследовании участвовали 24 воспитанника 5–6 лет.

Для оценки сформированности представлений о труде взрослых предлагается три уровня (рисунки).

го 6 профессий (врача, продавца, повара, шофера, няни, парикмахера), то в контрольном эксперименте круг представлений о профессиях взрослых расширился до 27 наименований с учетом региональной направленности.

Увеличилось среднее число называемых каждым ребенком орудий труда с 3,8 до 16. Кроме перечисления отдельных орудий труда (у учителя – мел, указка, тетради, доска; у парикмахера – кресло, шампунь, ножницы и т.д.), большинство детей стали использовать слова-обобщения (у музыканта – музыкальные инструменты, у строителя – специальные строительные инструменты). Также увеличилось среднее число называемых каждым ребенком процессуальных трудовых действий по профессии с 2,7 до 9. При описании трудового процесса дети стали активнее применять обобщающие суждения: «Врач лечит людей и проверяет здоровье», «Спасатель спасает людей из беды», др.

В контрольной группе у детей значимых различий по сравнению с констатирующим этапом не выявлено: высокий уровень не изменился, незначительно повысился средний и уменьшился низкий уровень.

#### Заключение

Проведенный теоретико-методический анализ позволяет утверждать, что применение компьютерных дидактических игр

#### Высокий уровень

- представления о труде взрослых сформированы: ребенок самостоятельно дает разнообразные, полные, точные ответы; имеет четкое представление о профессиях, орудиях труда, процессе работы

#### Средний уровень

- представления о труде взрослых находятся в стадии формирования: ребенок дает ограниченное число ответов, называет не более 1–3 профессий и 1–3 орудий труда, процесс труда может объяснить только с помощью взрослых

#### Низкий уровень

- представления о труде взрослых не сформированы: ребенок дает неправильные ответы, затрудняется назвать профессии, путает орудия труда, не имеет представлений о процессе труда

#### *Характеристика уровней сформированности представлений о труде взрослых у старших дошкольников*

Результаты контрольного эксперимента показали положительную динамику сформированности у старших дошкольников представлений о труде взрослых в экспериментальной группе. Обобщенные данные по всем исследуемым параметрам свидетельствуют, что, по сравнению с констатирующим экспериментом, рост высокого уровня составил 3,4 раза, средний уровень увеличился в 4,6 раз, низкий уровень не выявлен. Если на начальном этапе дети называли все-

придает процессу ознакомления старших дошкольников с трудом взрослых необходимую информационную насыщенность и интерактивность. В этом смысле проявляется воспитательно-образовательный и развивающий эффект данного вида игр. В процессе выполнения заданий дети:

– приобретают новые знания, проявляя активность, аккуратность, внимательность, самостоятельность и ответственность, что свидетельствует о развитии ценностно-

мотивационной, познавательной и волевой сферы ребенка;

– овладевают умениями выполнять работу в соответствии с правилами, по инструкции, представленным образцам, делать выбор, решать проблемы, что характеризует развитие предпосылок учебной деятельности [10];

– осваивают способы конструктивного взаимодействия и сотрудничества в процессе совместного участия в компьютерной дидактической игре, учатся размышлять, «примеряют» на себя ту или иную профессию. Результатом становится понимание ребенком значения трудовой деятельности, мотивов выбора профессии.

Поскольку компьютерная дидактическая игра является одним из информационных средств ознакомления с трудом взрослых, педагогам необходимо системно осваивать ИКТ-технологии для детей дошкольного возраста, что повышает роль самообразования и методической работы в дошкольных образовательных организациях [11, 12].

#### Список литературы

1. Радина Е.И. Ознакомление детей с трудом взрослых. Воспитание дошкольников в труде / Под ред. В.Г. Нечаевой. М.: Проспект, 2014. 325 с.
2. Козлова С.А. Труд как средство социального развития детей дошкольного возраста // Дошкольник. Методика и практика воспитания и обучения. 2020. № 3. С. 5–7.
3. Червинская О.Ю., Удина Е.Н. Историко-педагогический аспект ознакомления дошкольников с трудом взрослых // Тенденции развития науки и образования. 2021. № 77–2. С. 113–119.
4. Белова Е.Е., Ханова Т.Г. Необходимость ранней профориентации в дошкольном возрасте // Педагогический вестник. 2020. № 16. С. 4–6.
5. Шанц Е.А. Роль игровой деятельности в ознакомлении дошкольников с трудом взрослых // Вестник Шадринского государственного педагогического института. 2016. № 1 (29). С. 58–63.
6. Родыгина З.С., Савинова С.В. Развитие представлений о профессиях у старших дошкольников в процессе дидактической игры // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. 2021. № 2 (50). С. 152–157.
7. Малужко Е.Ю., Лизунков В.Г. Система электронного образования как инструмент повышения конкурентоспособности специалиста в условиях цифровой экономики // Вестник Мининского университета. 2020. Т. 8. № 2. С. 3.
8. Ханова Т.Г., Ермолаева Е.В. Ознакомление детей старшего дошкольного возраста с миром профессий через использование компьютерных игр // Воспитание как стратегический национальный приоритет. Международный научно-образовательный форум. Екатеринбург, 2021. С. 114–119.
9. Сорока О.Г. Определение критериев оценки качества дидактических компьютерных игр // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Педагогические науки. 2010. № 11. С. 22–25.
10. Бичева И.Б., Мамсина А.А. Развитие логического мышления у детей старшего дошкольного возраста // Мир педагогики и психологии. 2019. № 10 (39). С. 29–35.
11. Бичева И.Б., Мелентович А.В., Десятова С.В. Методическая работа как условие профессионального развития педагога дошкольного образования // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 58–4. С. 33–36.
12. Яркова Д.Д., Мухина Т.Г., Малинин В.А., Сорокумова С.Н. Развитие творческого потенциала педагога в условиях деятельности федеральной инновационной площадки «Педагогическое лидерство» // Вестник Мининского университета. 2020. Т. 8. № 2. С. 14.

УДК 37.032:378

## ВЗАИМОСВЯЗЬ МОТИВОВ ВЫБОРА ПРОФЕССИИ И УЧЕБНОЙ МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ ЛЕЧЕБНОГО ФАКУЛЬТЕТА МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА

**Братухина Е.А., Братухин А.Г., Буторин А.В., Васькова А.В.,  
Медведева Е.А., Никулина Е.Е., Прокопьева В.А., Сизова Д.М.**

*ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, Омск, e-mail: rector@omsk-osma.ru*

Выбор профессии – сложный мотивационный процесс, результаты которого определяют не только будущий образ жизни, но и в целом удовлетворенность человека своей жизнью. Анализ психолого-педагогических исследований показывает, что существует большое количество возможных детерминант и факторов, которые могут оказывать влияние на эффективность формирования учебной мотивации и дальнейшего профессионального самоопределения. Противоречие ситуации выбора профессии заключается в том, что при его осуществлении молодым людям приходится осуществлять значимый жизненный выбор, однако они нередко демонстрируют неспособность к этому, что приводит к неадекватности их способа жизни, к недостаточному развитию их субъектных качеств и к снижению учебной мотивации в процессе профессионального обучения. Целью исследования стало выявление взаимосвязей мотивов выбора профессии и мотивов к учебной деятельности студентов лечебного факультета медицинского вуза. Результаты исследования показывают, что мотивы выбора профессии и учебная мотивация взаимосвязаны. Структура мотивов выбора профессии влияет на профессиональную направленность и готовность к познанию и усвоению знаний. В структуре мотивов студентов лечебного факультета преобладает внутренняя мотивация, связанная с интересом к осуществляемой деятельности. Внешние мотивы связаны, прежде всего, с восприятием и статусом данной профессии в обществе. Формирование профессиональной идентичности с учетом выявленных мотивационных особенностей возможно с помощью применения активных методов обучения и педагогических технологий, способствующих развитию клинического мышления.

**Ключевые слова:** мотив, учебная мотивация, профессия, самоопределение, профессиональная идентичность, активные методы обучения, клиническое мышление

## THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MOTIVES OF CHOOSING A PROFESSION AND THE EDUCATIONAL MOTIVATION OF STUDENTS OF THE MEDICAL FACULTY OF A MEDICAL UNIVERSITY

**Bratukhina E.A., Bratukhin A.G., Butorin A.V., Vaskova A.V.,  
Medvedeva E.A., Nikulina E.E., Prokopenko V.A., Sizova D.M.**

*Omsk State Medical University, Omsk, e-mail: rector@omsk-osma.ru*

Choosing a profession is a complex motivational process, the results of which determine not only the future lifestyle, but also, in general, a person's satisfaction with his life. The analysis of psychological and pedagogical research shows that there are a large number of possible determinants and factors that can affect the effectiveness of the formation of educational motivation and further professional self-determination. The contradiction of the situation of choosing a profession lies in the fact that when choosing it, young people have to make a meaningful life choice, but they often demonstrate an inability to do this, which leads to the inadequacy of their lifestyle, insufficient development of their subjective qualities and a decrease in educational motivation in the process of the vocational training. The purpose of the study was to identify the interrelationships between the motives for choosing a profession and the motives for the educational activities of students of the medical faculty of a medical university. The results of the study show that the motives for choosing a profession and educational motivation are interrelated. The structure of the motives for choosing a profession affects the professional orientation and willingness to learn and assimilate the knowledge. The internal motivation associated with the interest in the carried out activities dominates in the structure of the motives of the medical faculty students. The external motives are primarily related to the perception and status of this profession in the society. The formation of professional identity, taking into account the identified motivational features, is possible through the use of the active teaching methods and pedagogical technologies that contribute to the development of the clinical thinking.

**Keywords:** motive, educational motivation, profession, self-determination, professional identity, active teaching methods, clinical thinking

После получения полного среднего образования многие выпускники задаются вопросом о дальнейшем выборе профессионального пути. Ситуация выбора профессии – довольно сложная жизненная ситуация, поскольку от ее разрешения зависит будущий образ жизни человека и его удовлетворенность собой и своей жизнью [1].

Выбор профессии молодым людям приходится осуществлять в период юношеского возраста, когда происходит постепенное становление мировоззрения и самосознания, активно развиваются рефлексивные процессы. Происходит постепенное усложнение Я-концепции, молодые люди начинают осознавать свои способности, умения

и притязания, соотносить их с целями и задачами будущей жизни.

С точки зрения общественного признания и социальной значимости профессия врача в настоящее время занимает уверенные лидирующие позиции в списке востребованных профессий на рынке труда.

Возникает вопрос, с какими мотивационными особенностями личности связана эта востребованность, почему молодые люди выбирают врачебную профессию, которая влияет на весь дальнейший образ жизни и каким образом мотивы выбора профессии могут оказывать влияние на специфику учебной мотивации, на успешность осуществления учебной деятельности в медицинском вузе и особенности профессионального становления врача.

Обсуждаемые в нашей статье данные проблемы достаточно значимы как с точки зрения влияния на успешность учебной деятельности, так и с точки зрения формирования профессиональной идентичности врача. Ведь успешное профессиональное становление, благоприятное прохождение профессиональных ситуаций обеспечит эффективность врачебной деятельности, уменьшит риск профессиональной деформации и эмоционального выгорания врача. Выяснение специфики мотивов выбора профессии врача, формирование представлений об объективных и субъективных детерминантах этих мотивов даст возможность также получения информации для успешного разрешения кризисов профессионального становления.

Мотив является внутренним побудителем любой деятельности, придающим ей личностный смысл, следовательно, структура мотивов личности тесно связана с ее смысловыми установками, смысло-жизненными ориентациями, системой ценностей [2]. Процесс мотивации к деятельности, таким образом, определен целой системой личностных смыслов, придающих деятельности целостность, определяя ее направленность, организованность, активность и устойчивость.

В результате анализа психолого-педагогических исследований, посвященных проблеме мотивации выбора специальности, обнаружено разнообразие мотивов, которые могут определять эффективность процесса профессионального самоопределения: социальные, творческие, моральные, материальные, познавательные. Среди наиболее часто встречаемых мотивов – альтруизм и желание помогать людям, потребность в познании, получение власти, самоуважение [3].

Предположительно, успешность учебной деятельности студентов может быть

связана с целой системой глубинных личностных особенностей, среди которых преобладает потребностно-мотивационная и ценностная сфера. С точки зрения индивидуальных потребностей в соответствии с преобладающими терминальными и инструментальными ценностями и с позиции своих притязаний личностью оценивается будущая профессиональная деятельность, возможная самореализация в ней, преимущества будущего образа жизни, накладываемого данной профессией.

В ходе профессионального обучения происходит изменение и усложнение профессионального самосознания и многих личностных структур. Изменяется направленность личности, некоторые из мотивов становятся ведущими в соответствии с системой личностных смыслов и индивидуальными долгосрочными, среднесрочными и краткосрочными целями. Будущая профессиональная деятельность оценивается не только в связи с немедленным удовлетворением потребностей, но и в контексте всей будущей жизнедеятельности [4, 5].

Профессиональное развитие на этапе профессионального обучения во многом зависит от того, насколько успешно личность овладеет необходимыми для профессии знаниями, умениями и навыками, как быстро приобретет профессионально важные и социально значимые качества. В связи с этим важным является определение тех мотивов, которые стимулируют личность к качественному осуществлению учебной деятельности.

Учебная мотивация – это процесс, который запускается, направляется предположительно, системой уже существующих мотивов, оказавших влияние на выбор профессии. Это сложная система, образуемая потребностями, мотивами, целями, реакциями на успех и неудачу, смысло-жизненными ориентациями и смысловыми установками – это системный многоступенчатый процесс, характеризующийся направленностью, устойчивостью и динамичностью [6, 7].

Мы предполагаем, что мотивы выбора профессии могут оказывать непосредственное влияние на эффективность и качество профессиональной подготовки медицинского работника, поскольку специфика его первоначальных профессиональных мотивов может определять познавательную активность студента и особенности его профессионального развития.

Специфика мотивов выбора профессии может направлять и регулировать в процессе профессионального обучения различные стратегии профессионального по-

ведения студента, определять степень его поведенческой активности или пассивности при приобретении знаний, умений и навыков, а также обозначить уровень личностной заинтересованности в обучении.

Таким образом, целью настоящего исследования явилось определение взаимосвязи мотивов выбора профессии и учебной мотивации студентов лечебного факультета ОмГМА.

Задачи исследования:

1. Оценить специфику мотивов выбора профессии студентов лечебного факультета.
2. Оценить структуру мотивов учебной деятельности студентов лечебного факультета.
3. Выявить корреляционные связи мотивов выбора профессии и мотивов учебной деятельности студентов лечебного факультета.

#### Материалы и методы исследования

Для решения задач исследования использовались следующие диагностические методики: методика изучения мотивации обучения в вузе Т.И. Ильиной, опросник «Мотивы выбора профессии» С.С. Груншпун, методика «Мотивы выбора профессии» Р.В. Овчаровой [8].

Объектом исследования явились студенты лечебного факультета Омского медицинского университета. Исследовательскую группу составили 60 студентов лечебного факультета 1 и 2 курсов в возрасте 17–19 лет. Для участия в исследовании респондентам было предложено для заполнения информированное согласие на проведение опроса.

Для обработки полученных эмпирических данных нами была использована программа SPSS. Оценка связи и статистической значимости проводилась программными методами пакета SPSS.

Для определения нормальности распределения данных использовался критерий Колмогорова – Смирнова. В ходе проверки на нормальность распределения было выявлено, что распределение данных отлично от нормального, и в связи с этим для обработки результатов исследования использовался непараметрический метод. Для определения характера связи между исследуемыми явлениями использовался непараметрический метод корреляционного

анализа – ранговая корреляция Спирмена (коэффициент г-Спирмена).

#### Результаты исследования и их обсуждение

В ходе опроса по методике «Мотивы выбора профессии» С.С. Груншпун выявлено, что при выборе профессии врача респондентов в большей степени привлекали мотивы, связанные с материальным благополучием и желанием заработать, иметь престижную, привлекательную в обществе профессию, среднее значение по шкале данного мотива составило  $M = 3,20$ , тогда как интересы к изучению различных дисциплин, личные склонности и практическая подготовленность учитывались при выборе в меньшей степени ( $M = 2,75$ ). Максимальные показатели выявлены по шкале В, что свидетельствует о том, что респонденты при выборе профессии также ориентировались на возможность творческой деятельности, раскрытие своего потенциала, познание новых технологий и приобретение необходимых знаний, умений и навыков, профессионально важных качеств, которых требует выбранная профессия ( $M = 6,70$ ). Данные результаты характеризуют то, что при выборе профессии врача первоначально выражена ориентация на социальное окружение, на одобрение большим кругом лиц, ее статус. Нередко врачебная деятельность выбирается в качестве профессиональной деятельности в связи с семейной традицией. Также выбор может детерминироваться предполагаемым будущим доходом, ожидаемым финансовым положением, например, случаи такого решения часто встречаются при выборе специализаций «Дерматовенерология», «Стоматология».

Естественно, что респонденты в силу еще недостаточного уровня развития самосознания не способны в полной мере осознать основные объективные характеристики выбираемой врачебной деятельности. Это подтверждает факт их ориентации на творческую деятельность, тогда как врачебная деятельность в настоящее время строго регламентирована стандартами, то есть все процедуры, назначения, вмешательства, особенности лечения требуют сбалансированности решений с учетом правовых последствий (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения по методике «Мотивы выбора профессии» С.С. Груншпун

	Шкала «А»	Шкала «Б»	Шкала «В»
Среднее значение, М	2,75	3,20	6,70

Результаты, полученные по методике «Мотивы выбора профессии» Р.В. Овчаровой обозначают преобладание у респондентов внутренних индивидуально значимых мотивов ( $M = 16,95$ ) и внутренних социально значимых мотивов ( $M = 15,90$ ).

Это свидетельствует о том, что выбор профессии был в основном продиктован личной или общественной значимостью врачебной деятельности, ее творческим характером, возможностью помогать другим людям. Типичная направленность респондентов при выборе врачебной профессии проявляется в желании помогать и вылечить других людей, близких или самого себя. Это может быть связано с особенностями здоровья близких людей, альтруистичностью взглядов респондентов или определенным представлением о системе здравоохранения в государстве и об объективных характеристиках профессии. Также данная мотивация может быть продиктована необходимостью государства во врачебных кадрах и тем статусом, который приобретает в настоящее время врачебная профессия. Труд врача в глазах респондента приобретает черты героизма, самоотверженности, высокой нравственности.

Тогда как согласно результатам исследования внешняя мотивация, проявляемая во внешних положительных ( $M = 11,75$ ) и внешних отрицательных мотивах ( $M = 11,10$ ) и характеризующаяся стремлением к материальному благополучию, престижу, боязнью осуждения, неудачи, преобладает в меньшей степени.

Таким образом, в результате исследования выявлены особенности структуры мотивов выбора профессии, свидетельствующие об ориентации при выборе на личные ценности и потребности, на личностную значимость профессии врача. Также выявлена направленность на содержательную сторону врачебной деятельности, на ее объ-

ективные особенности и характеристики (табл. 2).

Также мы выявили особенности учебной мотивации, которые характеризуются преобладанием мотивов по двум шкалам: «приобретение знаний» ( $M = 6,99$ ) и «овладение профессией» ( $M = 6,10$ ). Результаты свидетельствуют о том, что у респондентов присутствует стремление хорошо овладеть профессиональными знаниями, умениями и навыками, также выявлена ориентация на самообразование и получение дополнительных знаний. При этом студенты стремятся развить профессионально важные качества, связанные как с уровнем мнемических, аттенционных свойств, необходимых для успешной работы по специальности, так и с уровнем социально значимых и коммуникативных качеств личности.

По шкале «получение диплома» выявлен показатель ( $M = 4,95$ ), обозначающий низкую степень ориентации респондентов на формальное получение диплома (табл. 3).

В ходе решения третьей задачи исследования определены взаимосвязи показателей мотивов выбора профессии и мотивов учебной деятельности.

Мотив учебной деятельности «овладение профессией» значимо положительно коррелирует с мотивами выбора профессии: с внутренними индивидуальными мотивами ( $r = 0,6$  при  $p \leq 0,01$ ), с внутренними социальными мотивами ( $r = 0,4$  при  $p \leq 0,05$ ) и с внешними положительными мотивами ( $r = 0,4$  при  $p \leq 0,05$ ). Данные результаты свидетельствуют о том, что структура мотивации характеризуется, прежде всего, личностной направленностью, ориентацией на систему личных потребностей, установок, притязаний и ценностей. Также прослеживается взаимосвязь с общественной значимостью врачебной деятельности, с достижением посредством приобретения данной профессии определенного статуса в обществе и материального благополучия.

Таблица 2

Средние значения по методике «Мотивы выбора профессии» Р.В. Овчаровой

	Внутренние индивидуально значимые мотивы	Внутренние социально значимые мотивы	Внешние положительные мотивы	Внешние отрицательные мотивы
Среднее значение, М	16,95	15,90	11,75	11,10

Таблица 3

Средние значения учебной мотивации по методике Т.И. Ильиной

	Шкала «Приобретение знаний»	Шкала «Овладение профессией»	Шкала «Получение диплома»
Среднее значение, М	6,99	6,10	4,95

### Заключение

В результате проведенного исследования мы пришли к следующим выводам:

1. Выявлена специфика мотивов выбора профессии студентов лечебного факультета, характеризующаяся ориентацией как на личностную значимость профессии, так и на объективные характеристики врачебной деятельности.

2. Определена структура мотивов учебной деятельности студентов лечебного факультета, в которой преобладают мотивы, связанные с приобретением знаний, умений и навыков и овладением профессией.

3. Выявлена значимая положительная корреляция мотива учебной деятельности «овладение профессией» со следующими мотивами выбора профессии: с внутренними индивидуальными мотивами, с внутренними социальными мотивами и с внешними положительными мотивами.

Таким образом, мы выявили мотивы выбора профессии врача и мотивы учебной деятельности студентов лечебного факультета. Результаты показали, что данные мотивы очень тесно связаны между собой и что именно они определяют познавательную активность и желание осуществлять учебную деятельность у будущих врачей и становление их профессиональной идентичности.

Внутренние индивидуальные и социальные мотивы характеризуют направленность студентов на глубокое изучение дисциплин, что, на наш взгляд, связано также с социальной ответственностью, присущей представителям врачебной профессии. Также преобладание внутренних социальных мотивов обусловлено спецификой деятельности врача, направленностью, прежде всего, на содержание и результаты деятельности, соответствующей врачебной квалификации.

Но принятие решений профессионального развития, изменение профессионального самосознания обусловлено также

усложнением структуры мотивации, опирающейся на систему личностных потребностей, ценностей, ближних и дальних целей.

Изучение проблематики взаимосвязи мотивов выбора профессии и мотивов учебной деятельности показало значимость ее для решения, прежде всего, практических учебно-воспитательных задач, и в наших дальнейших статьях мы планируем изучить, какие психолого-педагогические технологии могли бы способствовать формированию профессиональной мотивации и профессиональной идентичности студентов медицинского вуза и формированию их клинического мышления.

### Список литературы

1. Магазева Е.А. Стратегии и детерминанты личностного выбора: на примере выбора профессии: автореф. дис. ... канд. психол. наук. Омск, 2010. 25 с.
2. Магазева Е.А., Чуватаева М.К. Взаимосвязь мотивации учебной деятельности со смысло-жизненными ориентациями студентов медицинского вуза // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). 2013. № 3. С. 8.
3. Дубовицкая Т.Д., Заболотная Е.В. Мотивы выбора профессии как предикторы профессиональной направленности студентов // Педагогика и психология образования. 2021. № 2. С. 114–124. DOI: 10.31862/2500-297X-2021-2-114-12.
4. Патов Н.А., Морозова С.И. Особенности формирования учебной мотивации студентов // Психолого-педагогический форум. 2014. С. 72–74.
5. Ретунская Т.Н. Выбор профессии как психологический феномен // Высшее образование в России. 2012. № 8–9. С. 126–130.
6. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1975. 304 с.
7. Кротенко Т.Ю., Кануникова М.И., Лесникова О.В. Образовательное путешествие: поиск и выбор пути // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2021. № 1 (51). С. 288–293.
8. Ильин В.П. Мотивация и мотивы. СПб.: Питер, 2008. 512 с.
9. Луговский В.А., Петренко Т.В. Особенности организации семинарских занятий по психолого-педагогическим дисциплинам // Практико-ориентированное обучение: опыт и современные тенденции: сборник статей по материалам учебно-методической конференции, 2017 г. Кубанский государственный аграрный университет. 2014. С. 296–297.

УДК 378.09

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

<sup>1</sup>Гетман Н.А., <sup>2</sup>Котенко В.В., <sup>1</sup>Котенко Е.Н., <sup>1</sup>Русаков В.В., <sup>1</sup>Сукач Л.И.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет»

Министерства здравоохранения РФ, Омск, e-mail: gettmann\_natali@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет»

Министерства просвещения РФ, Омск, e-mail: vlk62@mail.ru

В данной статье рассматриваются условия, которые наиболее эффективно позволяют адаптировать корпоративную культуру образовательной организации к новым вызовам времени. Предлагаемая к рассмотрению проблема значима не только с точки зрения теории, но и практики. Актуальность теме придает недостаточная изученность концептуальных положений о развитии корпоративной культуры, в методологическом плане интересен спектр подходов и условий ее формирования. В работе удалось обосновать необходимые и достаточные условия, позволяющие формировать корпоративную культуру образовательной организации. Опираясь на данные диагностики контрольного этапа эксперимента, авторы приходят к выводу, что реализация педагогических условий развития корпоративной культуры была результативной. Отвечая на поставленный вопрос «Каковы педагогические условия развития корпоративной культуры образовательной организации?», можно утверждать, что систематическое проведение диагностики развития корпоративной культуры образовательной организации, позволяющей корректировать этот процесс, а также разработка и реализация программы развития корпоративной культуры образовательной организации являются наиболее значимыми результатами данного исследования. Проанализированные результаты анкетирования позволили прийти к выводам: подавляющее большинство преподавателей вуза удовлетворены условиями организации труда; респонденты отмечают возможность проявления своих профессиональных и личностных качеств, значительное большинство преподавателей удовлетворены отношениями с администрацией, с обучающимися и их родителями (законными представителями).

**Ключевые слова:** корпоративная культура, образовательная организация, программа развития корпоративной культуры, педагогические условия, корпоративные ценности, кодекс корпоративной этики

## PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF CORPORATE CULTURE OF AN EDUCATIONAL ORGANIZATION

<sup>1</sup>Getman N.A., <sup>2</sup>Kotenko V.V., <sup>1</sup>Kotenko E.N., <sup>1</sup>Rusakov V.V., <sup>1</sup>Sukach L.I.

<sup>1</sup>Omsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation,

Omsk, e-mail: gettmann\_natali@mail.ru;

<sup>2</sup>Omsk State Pedagogical University Ministry of Education of Russian Federation,

Omsk, e-mail: vlk62@mail.ru

This article examines the conditions that most effectively allow adapting the corporate culture of an educational organization to the new challenges of the time. The problem proposed for consideration is significant not only from the point of view of theory, but also from practice. The relevance of the topic is given by insufficient knowledge of the conceptual provisions on the development of corporate culture; in methodological terms, the range of approaches and conditions for its formation is interesting. In the work, it was possible to substantiate the necessary and sufficient conditions that allow the formation of the corporate culture of an educational organization. Based on the diagnostic data of the control stage of the experiment, the authors come to the conclusion that the implementation of the pedagogical conditions for the development of corporate culture was effective. Answering the question «What are the pedagogical conditions for the development of the corporate culture of an educational organization?» research. The analyzed results of the survey allowed us to come to the following conclusions: the overwhelming majority of university teachers are satisfied with the conditions of work organization; respondents note the possibility of manifesting their professional and personal qualities, the vast majority of teachers are satisfied with their relations with the administration, with students and their parents (legal representatives).

**Keywords:** corporate culture, educational organization, corporate culture development program, pedagogical conditions, corporate values, code of corporate ethics

Эффективность деятельности любой организации зависит от ряда факторов. К ним можно отнести: персонал, его квалификацию, используемые технологии (их инновационность), потенциал развития и, несомненно, такой феномен, как корпоративная культура [1].

Основная цель корпоративной культуры заключается в формировании у всех сотруд-

ников высоких моральных качеств (быть примером честности, беспристрастности и справедливости и т.д.), а также гордости за то, что они принадлежат к своему делу, тем самым обеспечивая положительную деловую репутацию организации.

В своих работах Е.О. Гаспарович отмечает, что «...организационная культура обладает рядом специфических черт, кото-

рые выделяют данную организацию среди остальных и представляют собой, как правило, продукт исторического развития организации» [2, с. 10].

В нашем понимании корпоративная культура является составляющей организационной культуры. Ей присущи такие функции:

- формирование внутренней идентичности и индивидуальности образовательной организации;

- обеспечение взаимопонимания участников образовательного процесса и благоприятного эмоционального фона;

- выражение сопричастности к общей цели и единства коллектива преподавателей, студентов и т.д.

Понятие «корпоративная культура», как феномен организационной психологии и теории менеджмента, было введено в 1980-х гг. благодаря исследованиям в области управления организацией.

Наиболее актуальным для нас является подход, в соответствии с которым «корпоративная культура» рассматривается как «... объединение интересов сотрудников организации за счет создания чувства идентичности, принадлежности и приверженности общему делу, вовлеченности и принятия членами организации единых норм, ценностей и образцов поведения» [3]. Еще в начале XX в. ученые, философы рассматривали понятие «организация» и описывали ее признаки. Так, в своем труде «Человек и машина» Николай Бердяев писал, что «... организм рождается из природной космической жизни, и он сам рождает. Признак рождения есть признак организма. Организация же совсем не рождается и рождает. Она создается активностью человека, она творится, хотя творчество это и не есть высшая форма творчества» [4].

Если обратиться к исследованиям современных ученых, то можно отметить, что «...образовательные учреждения стремятся к освоению культуры, ориентированной на будущее. Корпоративная философия «общей судьбы» основана на морально-этических ценностях солидарности, социальной, личной ответственности каждого члена образовательной корпорации, на идее конструирования крепкой, но гибкой структуры всего корпоративного организма» [5].

Основатель научного направления «Организационная психология» Эдгар Шейн разработал системное описание организационной культуры, раскрыл ее структуру, предложил методики построения, внедрения и развития корпоративной культуры [3].

«...Начиная с середины 2000-х гг. в России появляются исследования проблем, свя-

занных с ролью корпоративной культуры в образовательных организациях. Это во многом обусловлено тем, что сегодня вузы вынуждены конкурировать на глобальном рынке образовательных услуг, а значит, заниматься собственным позиционированием и формированием бренда привлекательного для различных целевых аудиторий» [6].

Следуя теории Э. Шейна, можно выделить в образовательной организации несколько уровней (или артефактов) вхождения в корпоративную культуру, к ним, в нашем случае, относятся: Устав Омского государственного медицинского университета (ОмГМУ); сайт ОмГМУ; логотип ОмГМУ, газета ОмГМУ «За медицинские кадры», традиции, локальные акты и т.д.

Одним из локальных нормативных документов, который описывает понимание и требование к корпоративной культуре в вузе, является Кодекс корпоративной этики ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет». Представленные в Кодексе этические установки жизнедеятельности коллектива ОмГМУ направлены на выполнение миссии Университета и рост его авторитета в обществе.

Нами были определены основные атрибуты корпоративной культуры: столетняя история университета, «...которая неотделима от истории страны и тесно связана с развитием системы здравоохранения Омского Прииртышья» [7]; ценности и убеждения, отраженные в миссии университета; общие занятия, традиции досуга (выезд всего коллектива университета в оздоровительный лагерь «Смена» ОмГМУ для празднования Дня медицинского работника), тимбилдинги и т.д.; Доска почета с историческими личностями – героями, современниками и заслуженными работниками здравоохранения – сотрудниками университета, картинная галерея портретов всех ректоров университета с основания до наших дней, портреты почетных профессоров университета.

«Значение корпоративной культуры для развития образовательной организации» (по К.С. Баутиной) определяется «...рядом обстоятельств: корпоративная культура придает сотрудникам организационную идентичность, являясь важным источником стабильности и преемственности; знание основ корпоративной культуры помогает новым сотрудникам правильно интерпретировать происходящие в организации события; внутриорганизационная культура стимулирует самосознание и высокую ответственность сотрудника, выполняющего поставленные перед ним задачи» [8].

Достаточно сложный пандемийный период привел к пониманию востребованности новых подходов к формированию корпоративной культуры в вузе. Для этого необходимо создавать такие условия, которые наиболее эффективно позволят адаптировать корпоративную культуру образовательной организации к новым вызовам времени. Предлагаемая к рассмотрению проблема значима не только с точки зрения теории, пожалуй, ее решение наиболее важно на практике.

Цель исследования: теоретически обосновать педагогические условия развития корпоративной культуры образовательной организации и реализовать первый этап программы развития корпоративной культуры в вузе.

#### **Материалы и методы исследования**

Наше исследование базируется на основе деятельностного подхода, с помощью которого нами были выявлены педагогические условия развития корпоративной культуры в профессиональной деятельности преподавателей. Теоретическую основу исследования определили идеи: культурологического подхода как ведущего метода проектирования образования, центрированного на человека (Е.В. Бондаревской и др.); средового подхода, позволяющего рассматривать значение внутренней и внешней среды организации для развития ее корпоративной культуры; концепции корпоративной и организационной культуры (П.Г. Щедровицкий и др.). В исследовании использовались теоретические и эмпирические методы.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В рамках нашего исследования были актуализированы педагогические условия развития корпоративной культуры: анализ и изучение сущности корпоративной культуры образовательной организации; систематическое проведение диагностики развития корпоративной культуры образовательной организации, позволяющей корректировать этот процесс; разработка и реализация первого этапа программы развития корпоративной культуры образовательной организации.

Контент-анализ исследований современных ученых, изучение Кодекса корпоративной этики ОмГМУ привели к осмыслению термина «корпоративная культура» (набор базовых ценностей, убеждений, негласных соглашений и норм, разделяемых всеми членами организации, идентификация себя в организации). Формируя внутреннее (ценности, миссия образователь-

ной организации идеалы, нормы, взгляды и убеждения, установки, базовые представления персонала) и внешние (традиции, ритуалы, символы, стандарты работы, стиль поведения и одежды, обычаи, мероприятия, процедуры, язык и т.п.) основы корпоративной культуры образовательной организации, мы обеспечили не только положительную динамику ее развития, но и конкурентоспособность Университета, становление корпоративных педагогических ценностей и благоприятный морально-психологический климат в коллективе образовательной организации.

Следующим педагогическим условием, представленным в нашем исследовании, является систематическое проведение диагностики развития корпоративной культуры образовательной организации, что позволяет корректировать этот процесс. Для реализации второго условия нами были использованы антропологические или метафорические методы, где познание корпоративной культуры осуществлялось через изучение ценностей, обычаев организации, деловой отчетности. Количественные методы позволили изучить уровень корпоративной культуры в университете с помощью анкетирования, опросов, интервьюирования и других методов, дающих количественную оценку конкретным явлениям корпоративной культуры. Реализуя третье педагогическое условие развития корпоративной культуры образовательной организации, мы разработали и частично апробировали программу развития корпоративной культуры. Формы реализации программы, которые могут вытекать из общепринятых компетентностно-ориентированных форм организации образовательного процесса: семинары, диспут, дискуссии, тренинг, деловая игра, круглый стол, лекции. Приведем структуру программы развития корпоративной культуры. Ее задачи заключаются в осмыслении основных положений формирования корпоративной культуры, описанных в Кодексе корпоративной этики ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет» с целью адаптации к современным условиям, в выявлении явных проблем и диагностике уровня развития корпоративной культуры; в реализации комплекса мероприятий и проведении экспертной оценки реализации программы.

За последний год в рамках реализации первого этапа программы развития корпоративной культуры проведен ряд мероприятий, направленных на актуализацию наполнения информационной среды, одним из важнейших компонентов которой стала социальная сеть («Услышано в ОмГМУ» Вконтакте VK). Это позволило выстроить неформальные

взаимоотношения между сотрудниками, студентами, администрацией и использовать полезную информацию для работы. Сотрудниками университета регулярно проводится просветительская и профориентационная работа на трех омских телеканалах: «12 канал», «ТВ Центр-Сибирь», «Продвижение». Это работает на положительный имидж университета в регионе, привлечение абитуриентов, помогает распространению сведений о здоровом образе жизни, психологии, достижениях современной медицинской науки.

Все вышеперечисленное повышает престиж организации, работает на выстраивание личностной перспективы каждого сотрудника, создает комфортные условия работы, возвращает позитивные традиции.

С целью изучения уровня развития корпоративной культуры в образовательной организации мы использовали методику изучения удовлетворенности преподавателей жизнедеятельностью в образовательном учреждении Е.Н. Степанова [9]. В исследовании приняли участие 248 преподавателей. Им был предложен тест, в котором они могли выразить степень своего согласия с утверждениями с помощью шкалы оценок. В анкетировании использовались именно те вопросы, которые характеризуют содержание корпоративной культуры в образовательной организации. Оценивание предложенных утверждений производилось по пятибалльной шкале: 0 – совершенно не согласен, 4 – совершенно согласен. Промежуточные

оценки можно было давать в зависимости от степени соответствия – несоответствия. Наряду с выявлением общей удовлетворенности целесообразно было определить, насколько удовлетворены преподаватели различными аспектами жизнедеятельности образовательной организации (табл. 1).

По итогам анкетирования были получены следующие результаты: удовлетворены условиями организации труда 200 преподавателей университета (средний балл – 3,2); присутствует возможность проявления своих профессиональных и личностных качеств у 232 респондентов (средний балл – 2,6); устраивает отношение с администрацией образовательной организации 186 преподавателей (средний балл – 3,1); 158 опрошенных удовлетворены отношениями с обучающимися и их родителями (законными представителями) (средний балл – 2,4); по мнению 200 преподавателей, обеспечение деятельности преподавателя соответствует должному уровню (средний балл – 3,0).

На заключительном этапе реализации программы развития корпоративной культуры мы провели контрольную диагностику для подтверждения результативности обоснованных нами педагогических условий. На контрольном этапе изучалась динамика развития корпоративной культуры в образовательной организации, повторная диагностика была проведена с помощью той же методики Е.Н. Степанова. Результаты анкетирования представлены в табл. 2.

**Таблица 1**

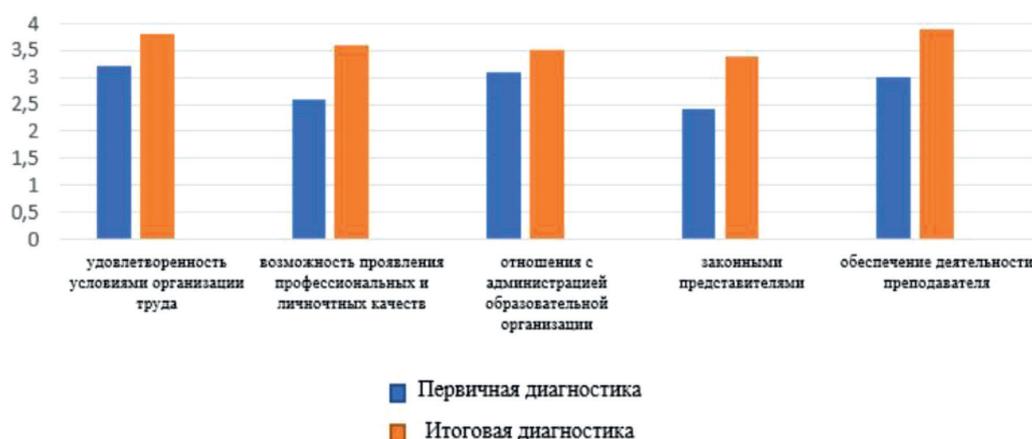
Результаты диагностики по методике «Изучение удовлетворенности преподавателей жизнедеятельностью в образовательной организации» [9]

№ п/п	Аспект жизнедеятельности	Средний балл
1	Удовлетворенность условиями организации труда	3,2
2	Создание условий профессорско-преподавательскому составу для реализации профессиональных и других личностных качеств	2,6
3	Отношения с коллегами на кафедре, руководством вуза	3,1
4	Отношения со студентами, ординаторами и пр.	2,4
5	Обеспечение профессионально-педагогической деятельности преподавателя	3,0

**Таблица 2**

Результаты повторной диагностики по методике «Изучение удовлетворенности преподавателей жизнедеятельностью в образовательной организации» [9]

№ п/п	Аспект жизнедеятельности	Средний балл
1	Удовлетворенность условиями организации труда	3,8
2	Создание условий профессорско-преподавательскому составу для реализации профессиональных и других личностных качеств	3,6
3	Отношения с коллегами на кафедре, руководством вуза	3,5
4	Отношения со студентами, ординаторами и пр.	3,4
5	Обеспечение профессионально-педагогической деятельности преподавателя	3,9



*Качественное сравнение результатов первичной и итоговой диагностик удовлетворенности преподавателей жизнедеятельностью в образовательной организации*

#### Итоги:

- удовлетворены условиями организации труда 238 преподавателей образовательной организации (средний балл – 3,8);
- присутствует возможность проявления своих профессиональных и личностных качеств у 242 респондентов (средний балл – 3,6);
- устраивает отношение с администрацией образовательной организации 200 преподавателей (средний балл – 3,5);
- 223 опрошенных преподавателей удовлетворены отношениями с обучающимися и их родителями (законными представителями) (средний балл – 3,4);
- по мнению 233 преподавателей, обеспечение их профессиональной деятельности соответствует должному уровню (средний балл – 3,9).

#### Заключение

Сравнивая итоговые результаты с первичной диагностикой, мы делаем вывод, что уровень удовлетворенности преподавателей жизнедеятельностью образовательной организации повысился, преподаватели особенно заметили перспективы в проявлении своих профессиональных и личностных качеств. Также улучшился показатель отношения с администрацией образовательной организации и перспективы выстраивания бесконфликтных отношений с обучающимися.

Таким образом, опираясь на сравнительные данные диагностики, мы пришли к выводу, что реализация педагогических условий развития корпоративной культуры была результативной. Отвечая на поставленный вопрос «Каковы педагогические условия развития корпоративной культуры образовательной организации?», можно утверждать следующее: систематическое проведение диагностики развития корпоративной куль-

туры образовательной организации, позволяющее корректировать этот процесс, разработка и реализация программы развития корпоративной культуры образовательной организации, являются наиболее значимыми из предложенных педагогических условий. Реализация данных педагогических условий позволит в дальнейшем гармонизировать развитие корпоративной культуры образовательной организации.

#### Список литературы

1. Мешков А.Ю. Структура корпоративной культуры // Вестник ЮУрГУ. 2012. № 10 (269). С. 148–150. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_17715772\\_60251138.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_17715772_60251138.pdf) (дата обращения 14.11.2021).
2. Гаспарович Е.О. Корпоративная культура и социальная ответственность: диагностика, планирование, развитие: учебно-методическое пособие: в 2 ч. Ч. 2 / Науч. ред. О.В. Охотников; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. 284 с. Библиогр.: С. 268–279.
3. Шейн Э.Х. Организационная культура и лидерство / Пер. с англ. под ред. В.А. Спивака. СПб.: Питер, 2002. 336 с.
4. Бердяев Н. Человек и машина (проблема социологии и метафизики техники) // Журнал «Путь» № 38. 05.1933. С. 3–37.
5. Ульбашева Ф.Д., Шакова Л.А. Виды корпоративной культуры как основы жизненного потенциала организации // Научные известия. 2016. № 4. С. 29–33. [Электронный ресурс]. URL: [http://elibrary\\_26942799\\_42777383.pdf](http://elibrary_26942799_42777383.pdf) (дата обращения 15.10.2021).
6. Глаголева А.В., Земская Ю.Н., Кузнецова Е.А. От корпоративной культуры вуза до корпоративной культуры глобального университета на примере РУДН // Вестник РУДН. Серия: Экономика. 2021. Т. 29. № 1. С. 64–75. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_44952077\\_14569985.pdf](http://www.elibrary.ru/download/elibrary_44952077_14569985.pdf) (дата обращения 29.11.2021).
7. Источник милосердия. От основания до наших дней. История университета. 1920–2020 гг. Омск: Типография «Золотой тираж» (ООО «Омскбланкиздат»), 2020. 468 с.
8. Баутина К.С. Влияние корпоративной культуры на развитие современной образовательной организации // Национальные приоритеты России. 2015. С. 51–56. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28118178> (дата обращения 12.11.2021).
9. Степанов Е.Н. Изучение удовлетворенности преподавателей жизнедеятельностью в образовательной организации. [Электронный ресурс]. URL: [http://sc125.vega-int.ru/doc/doc\\_school/2015-2016/163.pdf](http://sc125.vega-int.ru/doc/doc_school/2015-2016/163.pdf) (дата обращения 29.11.2021).

УДК 37.01:378

## АНАЛИЗ УРОВНЯ ОБУЧЕННОСТИ СТУДЕНТОВ КУЛЬТУРЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАМКАХ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

Доржу У.В.

ФГБОУ ВО «Тувинский государственный университет», Кызыл, e-mail: shurava82@mail.ru

В данной статье рассматриваются вопросы обученности культуре безопасности студентов в процессе профессиональной подготовки в университете. Рассмотрены формулировки универсальных компетенций в области безопасности жизнедеятельности в федеральных образовательных стандартах высшего образования. Дана оценка уровня знаний по учебной дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» у студентов, обучающихся по разным направлениям подготовки. Для изучения уровня обученности были оценены результаты тестирования в рамках компетентностного подхода, которые размещены на едином портале интернет-тестирования в сфере профессионального образования. Автор отмечает, что у основной доли студентов уровни обученности соответствуют второму и третьему уровням, что говорит о хорошей теоретической подготовке. Установлено, что высокий уровень знаний (четвертый) наблюдается у студентов естественно-географического и исторического факультетов. Высока доля студентов по сельскохозяйственным направлениям подготовки, у которых уровень обученности по данной дисциплине ниже среднего. Выявлен разный уровень обученности по учебной дисциплине «Безопасность жизнедеятельности», несмотря на одинаковое содержание рабочих программ и тестовых заданий федерального интернет-экзамена по данной дисциплине. Предлагается дифференцирование заданий при конструировании тестов и актуализация контрольно-измерительных материалов при оценке уровня обученности.

**Ключевые слова:** культура безопасности жизнедеятельности, обучение, образование, здоровье, безопасность

## ANALYSIS OF THE LEVEL OF STUDENTS TRAINING IN THE CULTURE OF LIFE SAFETY IN THE FRAMEWORK OF A COMPETENCE APPROACH

Dorzhu U.V.

Tuvan State University, Kyzyl, e-mail: shurava82@mail.ru

This article discusses the issues of training the safety culture of students in the process of professional training at the university. The formulations of universal competences in the field of life safety in the federal educational standards of higher education are considered. The assessment of the level of knowledge in the academic discipline «Life Safety» among students studying in different areas of training is given. To study the level of training, the test results were assessed within the framework of the competence-based approach, which are posted on a single portal for Internet testing in the field of vocational education. The author notes that the majority of students have training levels corresponding to the second and third levels, which indicates good theoretical training. It was found that a high level of knowledge (fourth) is observed among students of the natural-geographical and historical faculty. There is a high proportion of students in agricultural areas of training whose level of training in this discipline is below average. Revealed a different level of training in the academic discipline «Life Safety», despite the same content of work programs and test tasks of the federal Internet exam in this discipline. Differentiation is proposed in the design of test tasks and the actualization of control and measurement materials when assessing the level of training.

**Keywords:** life safety culture, education, schooling, health, safety

Дисциплина «Безопасность жизнедеятельности» включена в здоровьесберегающий модуль учебных планов по различным направлениям подготовки. Некоторые авторы считают, что это является залогом формирования культуры здоровья учащейся молодежи, привычек здорового образа жизни и безопасной активности в разнообразных повседневных ситуациях [1].

По мнению С.Э. Косынкиной, культура БЖД – это «сложный феномен, отражающий разные виды культуры: экологическую, здоровья, трудовую, которые в свою очередь создают психологический настрой на обеспечение безопасности жизнедеятельности и обеспечение мотивации безопасной жизнедеятельности» [2].

Согласно введенным изменениям от 1 сентября 2021 г. ФГОС ВО 3++ с учетом профстандартов учебная дисциплина БЖД формирует следующую универсальную компетенцию УК-8: «способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов» [3].

Согласно ФГОС ВО 3++, действующему ранее, универсальная компетенция излагалась следующим образом: «способность использовать приемы оказания первой по-

мощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций».

Как видно, новая формулировка охватывает не только вопросы безопасности в повседневной жизни, но и вопросы общественной и глобальной безопасности.

В связи с этим актуальным становится вопрос пересмотра рабочих программ дисциплин по данной дисциплине и актуализация фонда оценочных материалов для текущей и промежуточной аттестации, в том числе оценочные материалы единого портала интернет-тестирования в сфере профессионального образования.

Включение в рабочие программы учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» не только влияет на развитие культуры безопасности, но и формирует навыки и умения, необходимые в различных экстремальных и чрезвычайных ситуациях.

Поэтому необходимо отслеживать уровень обученности безопасности жизнедеятельности.

Целью исследования явилась оценка уровня обученности студентов Тувинского государственного университета культуре безопасности жизнедеятельности в рамках компетентностного подхода.

#### Материалы и методы исследования

Для анализа уровня обученности студентов культуре безопасности жизнедеятельности в рамках компетентностного подхода были использованы оценочные материалы единого портала интернет-тестирования в сфере профессионального образования. Количество студентов приведено в табл. 1.

**Таблица 1**

Среднее количество студентов разных факультетов, принимавших участие в ФЭПО в 2019–2020 учебном году ( $M \pm m$ )

Факультеты	Среднее кол-во студентов
СХФ	21 ± 4
ЭФ	14 ± 2
ИТФ	19 ± 1
КПИ	16 ± 1
ИФ	21 ± 2
ЕГФ	25 ± 1

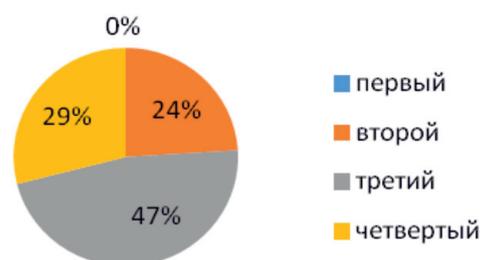
#### Результаты исследования и их обсуждение

Оценка уровня обученности по результатам интернет-экзамена по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности». Воспитание культуры безопасности осуществ-

ляется в педагогическом процессе как самостоятельный компонент педагогического процесса. В качестве компонента в педагогическом процессе обычно выступает тот или иной учебный курс, например БЖД, основы медицинских знаний [4, 5].

Согласно учебным планам всех направлений подготовки по образовательным программам высшего образования (уровень бакалавриата) дисциплина «Безопасность жизнедеятельности», как правило, преподается на 1–2 курсах и заканчивается зачетом. Эффективность этих занятий можно оценить по результатам ФЭПО.

На рис. 1 только 29% студентов сельскохозяйственного факультета имеют четвертый уровень обученности, большинство из них – 49% – имеют третий уровень. Достигнутый уровень результатов обучения показывает, что студент продемонстрировал прочные знания и развитые практические умения и навыки по дисциплине, которые заключаются в способности анализировать, сравнивать, оценивать и выбирать методы решения задач в области безопасности жизнедеятельности с использованием знаний и достижений смежных дисциплин.



*Рис. 1. Распределение студентов сельскохозяйственного факультета по направлению подготовки 36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза по уровню обученности (результаты ФЭПО, дисциплина БЖД, 2019–2020 уч. год)*

По сравнению с предыдущей академической группой у студентов по направлению подготовки «Агрономия» результаты хуже. Так, судя по диаграмме, представленной на рис. 2, только 3% студентов имеют первый уровень обученности. Это говорит о том, что студент усвоил некоторые элементарные знания по дисциплине, которые заключаются в воспроизведении терминологии, основных положений, правил по безопасности жизнедеятельности, распознавании опасных и чрезвычайных ситуаций. Половина группы оценена на второй уровень.

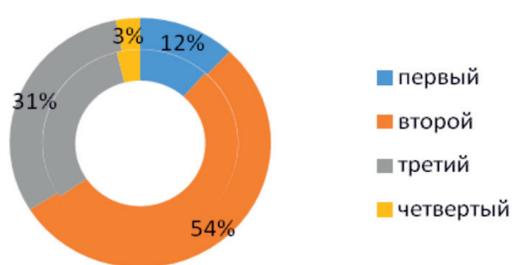


Рис. 2. Распределение студентов сельскохозяйственного факультета по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия по уровню обученности (результаты ФЭПО, дисциплина БЖД, 2019–2020 уч. год)

Для сравнения итогов по интернет-экзамену мы также взяли 7 академических групп естественно-географического факультета (4 группы) и исторического фа-

культета (3 группы). Как видно из табл. 1, 2, у студентов двух факультетов не отмечен первый уровень обученности.

Среди студентов разных профилей ЕГФ оказалось, что 100% студентов по профилю «Химия» имеют самый высокий уровень обученности (табл. 2).

Второй уровень наблюдается у 18% и 28% студентов исторического факультета. Третий уровень обученности у большинства студентов по профилю «Организация работы с молодежью». Отрадно, что у большинства студентов ЕГФ (от 75% до 100%) отмечен четвертый уровень обученности (табл. 3).

На экономическом факультете в 2019–2020 учебном году для интернет-экзамена были выбраны студенты двух профилей (табл. 4). Как видно из таблицы, 50% обучающихся по профилю менеджмент соответствовали третьему уровню, а у студентов по профилю бизнес-информатика – четвертому.

Таблица 2

Результаты федерального интернет-экзамена по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» у студентов разных профилей естественно-географического факультета (2019–2020 учебный год)

Уровень обученности	Процент студентов, % (естественно-географический факультет)			
	Педагогическое образование Профиль «Биология и безопасность жизнедеятельности»	Профиль «Биология»	«Химия»	«География»
Первый	0%	0%	0%	0%
Второй	0%	0%	0%	0%
Третий	25%	24%	0%	28%
Четвертый	75%	76%	100%	72%

Таблица 3

Результаты федерального интернет-экзамена по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» у студентов исторического факультета (2019–2020 учебный год)

Уровень обученности	Процент студентов, % (исторический факультет)		
	Профиль «Организация работы с молодежью»	Педагогическое образование Профиль «История»	Профиль «Документоведение и архивоведение»
Первый	0%	0%	0%
Второй	18%	28%	0%
Третий	47%	27%	25%
Четвертый	34%	45%	75%

Таблица 4

Результаты федерального интернет-экзамена по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» студентов экономического факультета (2019–2020 учебный год)

Уровень обученности	Количество, чел.	
	профиль 38.03.02 – Менеджмент	профиль 38.03.05 – Бизнес-информатика
Первый	0	0 (0%)
Второй	1 (12%)	1 (5%)
Третий	4 (50%)	7 (37%)
Четвертый	3 (38%)	11 (58%)
Всего	8	19

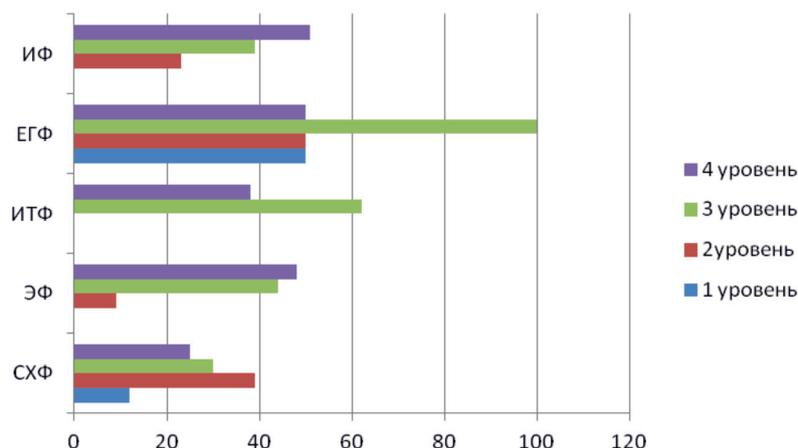


Рис. 3. Сравнительный анализ уровня обученности студентов разных профилей

На инженерно-техническом факультете на вопросы интернет-экзамена отвечали студенты следующих специальностей: 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства и 08.03.01 – Строительство. В табл. 5 отражены результаты тестирования.

Таблица 5

Результаты федерального интернет-экзамена по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» студентов инженерно-технического факультета (2019–2020 учебный год)

Уровень обученности	Количество, чел.	Процент студентов, %
Первый	0	0
Второй	0	0
Третий	8	62
Четвертый	5	38
Всего	13	100

Следующий график (рис. 3) показывает сравнение данных среди всех студентов разных профилей. Как видно на графике, четвертый уровень отмечается у 51% студентов ИФ, чуть меньше (50%) студентов ЕГФ показывают такой же уровень.

Распределение мест по 3 уровню обученности следующее: 1 место – ЕГФ, 2 место – ИТФ, 3 место – ИФ.

Второй уровень отмечается также во всех группах. Наибольший процент наблюдается у студентов ЕГФ, который равен 50%.

У 12% студентов сельскохозяйственно-го факультета отмечается первый уровень.

Таким образом, несмотря на одинаковые объем и содержание рабочих программ и на тестовые задания федерального

интернет-экзамена дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» по всем направлениям подготовки, можно отметить разный уровень обученности по данной дисциплине. Это можно объяснить несколькими причинами: направленность (профиль) обучения, недостаточная самостоятельная работа студентов по данной учебной дисциплине и др.

В дальнейшем преподавателям, которые разрабатывают оценочные материалы, уделить внимание специфике каждого направления подготовки, а также дифференцировать задания при конструировании тестовых заданий, размещенных на федеральном портале i-exam.

#### Список литературы

1. Шуайбова М.О., Минбулатова И.С., Багандов М.К.-И. Реализация компетентного подхода при изучении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» в системе высшего образования // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2017. № 4. С. 107–112.
2. Косынкина С.Э., Сорокина Л.В. Формирование у обучаемых культуры безопасности жизнедеятельности в процессе получения профессионального технического образования / Российская акад. наук, Самарский науч. центр. Самара: РАН Самарский науч. центр, Изд-во СНЦ, 2010. 118 с.
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) с изменениями и дополнениями от 26 ноября 2020 г., 8 февраля 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://fgosvo.ru/fgosvo/151/150/24> (дата обращения: 05.11.2021).
4. Попадчук С.Б. Воспитание культуры безопасности жизнедеятельности студентов вуза // Вестник МАНЭБ. 2011. Т. 16. № 3. С. 219–221.
5. Долинина И.Г., Кушнарёва О.В. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности студентов: роль воспитательной деятельности куратора // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=20934> (дата обращения: 05.11.2021).

УДК 376.42

## ОСОБЕННОСТИ ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ШКОЛЬНИКОВ С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В ПЕРИОД ПЕРЕХОДА ОТ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО К ПОДРОСТКОВОМУ ВОЗРАСТУ

Кисова В.В., Конева И.А.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени К. Минина (Мининский университет)», Нижний Новгород, e-mail: konvia@mail.ru

В статье обсуждается актуальная проблема психолого-педагогической поддержки школьников с задержкой психического развития в период перехода от младшего школьного к подростковому возрасту. Определяется степень изученности тематики возрастного кризиса у младших подростков с задержкой психического развития в отечественной психолого-педагогической литературе. Представлены результаты экспериментального исследования следующих дескрипторов возрастного кризиса: самооценка и уровень притязаний, чувство взрослости, динамика временной перспективы собственного развития, рефлексия и самоотношение. Показано, что дескрипторы возрастного кризиса у младших подростков с задержкой психического развития не достигают даже предкритической фазы развития. Описываются научные принципы разработки коррекционно-развивающей программы: принцип комплементарной деятельности, деятельностный принцип, принцип управления психическим развитием. Определяются структурные компоненты программы психолого-педагогической поддержки младших подростков с задержкой психического развития. Обозначаются основные и вспомогательные методы тренинговой работы с подростками: групповая дискуссия, беседа, игры, медитации, методы невербальной активности, предоставление информации, интерпретация, конфронтация, ритуалы, домашнее задание. Анализируются результаты апробации коррекционно-развивающей работы, выявляется ее результативность относительно конкретных параметров подросткового возрастного кризиса. Определяются наиболее перспективные направления дальнейшей научной работы по данной проблематике.

**Ключевые слова:** возрастной кризис, подростки с задержкой психического развития, самооценка, чувство взрослости, динамика временной перспективы собственного развития, рефлексия, самоотношение

## PECULIARITIES OF PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL SUPPORT FOR PUPILS WITH DELAYED MENTAL DEVELOPMENT DURING THE PERIOD OF TRANSITION FROM YOUNG SCHOOL TO ADOLESCENT AGE

Kisova V.V., Koneva I.A.

Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University (Minin University), Nizhny Novgorod, e-mail: konvia@mail.ru

The article discusses the actual problem of psychological and pedagogical support of schoolchildren with mental retardation during the transition from primary school to adolescence. The degree of study of the topic of the age crisis in younger adolescents with mental retardation in the domestic psychological and pedagogical literature is determined. The results of an experimental study of the following descriptors of an age crisis are presented: self-esteem and level of aspirations, a sense of adulthood, the dynamics of the temporal perspective of one's own development, reflection and self-attitude. It is shown that the descriptors of the age crisis in younger adolescents with mental retardation do not even reach the pre-critical phase of development. The scientific principles of the development of a correctional and developmental program are described: the principle of complementary activity, the activity principle, the principle of managing mental development. The structural components of the program of psychological and pedagogical support of younger adolescents with mental retardation are determined. The main and auxiliary methods of training work with adolescents are indicated: group discussion, conversation, games, meditation, methods of non-verbal activity, information provision, interpretation, confrontation, rituals, homework. The results of approbation of correctional and developmental work are analyzed, its effectiveness is revealed in relation to specific parameters of the adolescent age crisis. The most promising directions for further scientific work on this topic are determined.

**Keywords:** age crisis, adolescents with mental retardation, self-esteem, a sense of adulthood, the dynamics of the temporal perspective of their own development, reflection, self-attitude

Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования декларирует необходимость учета специфики возрастного психофизического развития обучающихся, в том числе особенностей перехода от младшего школьного возраста к подростковому. Период возрастного кризиса связан у младших подростков

с формированием у них чувства взрослости; способностью к осмыслению социального окружения, своего места в нем; овладением основами самоконтроля, самооценки, принятия решений; способностью к самоорганизации и саморефлексии.

Как показывают исследования Т.Н. Князевой [1], И.А. Коневой [2], М.Н. Кропаче-

вой [3], И.С. Литовченко [4], Т.Н. Матанцевой [5], Е.А. Набатниковой [6] и других авторов, все вышеперечисленные дескрипторы подросткового возрастного кризиса характеризуются спецификой при таком нарушении, как задержка психического развития (ЗПР). Особенности подросткового возраста, накладывающиеся на задержанное психическое развитие, провоцируют значительные проблемы в становлении личности. Не решенные в младшем школьном возрасте задачи развития значительно осложняют переход в среднее звено обучения. Это проявляется в различных аспектах деятельности и поведения младших подростков с ЗПР. В учебной деятельности подростки с ЗПР испытывают трудности в реализации практически всех ее структурных компонентов – целеполагании, планировании, самоконтроле и самооценке и т.д. В поведении эти школьники могут проявлять высокую степень агрессивности, тревожности, замкнутости и других негативных эмоциональных реакций. Вместе с тем эти обучающиеся не демонстрируют характерных для подростков стратегий эмансипации, не объединяются в неформальные группы со сверстниками, у них проявляется система ценностей, соответствующая более младшему возрасту, и т.п.

Несмотря на то, что переход детей с ЗПР от младшего школьного возраста к среднему школьному определяется и учеными, и практиками как актуальная проблема, анализ научной литературы выявил значительный дефицит разработанных и апробированных программ, позволяющих оказать необходимую поддержку обучающимся в данный период. Существующие исследования, как правило, затрагивают только отдельные аспекты психолого-педагогической помощи. Например, организацию психолого-педагогической поддержки в учебно-воспитательной работе (Н.В. Иванкова, С.В. Власенко [7]), специфику становления предпосылок развития самосознания на более раннем возрастном этапе (Т.И. Кузьмина [8], И.А. Конева, К.Э. Кузнецова [9]), использование тренинга ассертивности (Ж.А. Бисингалиева [10]), коррекцию агрессивного поведения (Я.Е. Лещева [11]), и т.д.

Цель исследования: представляемое исследование направлено на разработку и апробацию программы психолого-педагогической поддержки школьников с ЗПР в период перехода от младшего школьного к подростковому возрасту.

#### **Материалы и методы исследования**

Нами было проведено диагностическое исследование, позволяющее выявить

особенности развития у младших подростков с ЗПР следующих дескрипторов возрастного кризиса: самооценка и уровень притязаний, чувство взрослости, динамика временной перспективы собственного развития, рефлексия и самоотношение. В качестве методик был использован диагностический инструментарий: опросник Дембо – Рубинштейн (в адаптации А.М. Прихожан); проективная методика «Незаконченные предложения» (Сакс-Леви в адаптации И.А. Коневой); методика структурированных самоописаний (А.Г. Шмелев, В.А. Похилько); опросник самоотношения (В.В. Столин, С.Р. Пантелеев); опросник диагностики рефлексивности (А.В. Карпов). Экспериментальная группа включала в себя 15 подростков с ЗПР в возрасте 11–12 лет, обучающихся в специальной (коррекционной) школе.

По результатам исследования, 67% испытуемых с ЗПР имеют неадекватно завышенную самооценку, что является нормативным для дошкольников и первоклассников. Можно предположить, что это связано как с низким уровнем критичности мышления подростков экспериментальной группы, так и с неосознаваемой ими потребностью в личностной компенсации неуспешности. 80% обучающихся с ЗПР продемонстрировали неадекватный уровень притязаний. Это свидетельствует о том, что у них наблюдается нереалистичное, некритическое отношение к своим собственным возможностям, отсутствует адекватный когнитивный образ самого себя.

При изучении уровня развития рефлексии было обнаружено, что 73% подростков с ЗПР имеют низкие показатели. Они неспособны к самоанализу, редко задумываются над собственной деятельностью и поступками других людей, им сложно прогнозировать возможные последствия своих действий и действий других людей. Также подросткам с ЗПР сложно поставить себя на место другого человека, предсказать его поведение. Они не умеют описывать свои собственные действия, не знают своих личностных особенностей.

Результаты изучения самоотношения позволяют говорить о том, что все подростки с ЗПР (100%) экспериментальной группы показали низкий уровень интегрального самоотношения. Испытуемые не принимают себя, не уверены в себе, не имеют достаточно развитого самоуважения. Чувство взрослости у младших подростков с ЗПР оценивалось по следующим показателям: интересы и склонности, профессиональная ориентация, учебная деятельность, мечты и планы на будущее, отношение к себе. Ин-

тересы и склонности у младших подростков с ЗПР достаточно ограничены (игры, общение с друзьями, развлечения). У испытуемых совсем не прослеживаются познавательные интересы, направленные на саморазвитие и самосовершенствование. Профессиональная ориентация младших подростков с ЗПР сформирована слабо. Они плохо ориентируются в профессиях и не понимают, каким образом можно будет сделать осознанный профессиональный выбор.

Учебная деятельность подростков с ЗПР регулируется в основном внешними мотивами, осознанного отношения к учебной деятельности как средству саморазвития не наблюдается. Мечты и планы на будущее носят нереалистичный характер, что было отмечено ранее в контексте соотношения самооценки и уровня притязаний подростков с ЗПР. Результаты исследования отношения к себе по данной методике подтвердили результаты, полученные по опроснику самоотношения.

Изучение динамики временной перспективы собственного развития у подростков с ЗПР продемонстрировало, что 60% испытуемых не представляют себе, как они могут измениться с течением времени. В частности, об этом свидетельствует отсутствие в ответах подростков динамики в образе «Я» в отношении различных жизненных ситуаций. Таким образом, можно констатировать, что все дескрипторы возрастного кризиса у пятиклассников с ЗПР не достигают даже предкритической фазы развития.

Нами была предпринята попытка создания и апробации программы развития возрастного самоопределения школьников с задержкой психического развития в период перехода от младшего школьного к подростковому возрасту.

Программа построена на основе фундаментальных концепций, сложившихся в отечественной возрастной, педагогической и коррекционной психологии: культурно-историческая парадигма развития психики человека Л.С. Выготского, деятельностная концепция А.Н. Леонтьева, субъектно-деятельностная теория С.Л. Рубинштейна, концепция возрастных кризисов К.Н. Поливановой, идеи единства и сложного взаимодействия факторов органического и социального ряда в онтогенетическом развитии лиц с нарушениями в развитии (И.А. Коробейников, И.Ю. Левченко, К.С. Лебединская, В.И. Лубовский, М.С. Певзнер, Г.Е. Сухарева, У.В. Ульяновка, О.Н. Усанова, Л.М. Шипицына и др.), положения о гуманизации интегративных процессов, необходимости создания в обществе условий для реализации прав и воз-

можностей детей с ограниченными возможностями здоровья (И.М. Бгажнокова, Т.В. Волосовец, Н.Н. Малофеев, Н.М. Назарова, Л.М. Шипицына и др.), результатов исследований в области коррекционной педагогики и психологии, направленных на изучение психологических особенностей развития школьников с ЗПР в период перехода от младшего школьного к подростковому возрасту (Л.И. Божович, Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев, С.И. Смирнова и др.).

Научные принципы разработки коррекционно-развивающей программы:

1. Принцип комплементарной деятельности. Позволяет создать психолого-педагогические условия для обеспечения младшим подросткам с ЗПР возможности наиболее полно и адекватно формировать представление о себе, о своем месте в обществе, обеспечивает целостность коррекционно-развивающего воздействия за счет баланса между основными и дополнительными методами тренинговой работы.

2. Деятельностный принцип. В соответствии с данным принципом программа психолого-педагогической поддержки строится на активном включении подростков с ЗПР в различные виды деятельности (игровую, учебную, познавательную и др.), позволяющие развивать психологические новообразования, которые обеспечивают адаптацию в новом возрастном периоде развития.

3. Принцип управления психическим развитием. Данный принцип предполагает организацию совместной распределенной деятельности взрослого и младшего подростка с ЗПР. Взрослый выступает как пример деятельности, а также осуществляет контроль актуальных и потенциальных возможностей по коррекции выделенных проблем возрастного кризиса.

4. Принцип системности развития психики. Этот принцип подразумевает организацию особого типа системных отношений внутри целостной психологической организации личности под влиянием различных социальных воздействий. В результате реализации данного принципа у подростков с ЗПР развиваются более дифференцированные представления о различных сторонах, сферах и принципах психологической организации личности.

Программа психологической поддержки реализуется в форме групповой работы. Основным методом коррекции являются тренинговые занятия, что подразумевает целенаправленное и осознанное использование взаимоотношений в группе младших подростков с ЗПР. В тренинговых занятиях создаются условия для того, чтобы каждый участник смог не только проявить себя,

но и обеспечил бы обратную психологическую связь для остальных участников группы. Подростки с ЗПР, участвуя в групповой работе, могут с помощью механизма проекции обучаться решению проблем и выработке нового подхода к той или иной ситуации. Эмоциональные отношения в тренинговой группе позволяют подросткам с ЗПР идентифицировать собственные чувства и чувства других людей, учиться управлять эмоциональным состоянием.

Данная программа состоит из 20 занятий, которые проводятся два раза в неделю. Структура занятия состоит из вводной части, основной части и заключения. Вводная часть направлена на установление контакта с группой, снятие эмоционального напряжения, а также обозначение темы занятия. Основная часть предполагает обсуждение темы занятия и проведение тренинговых игр, упражнений и медитативных техник. Подведение итогов, рефлексия пройденного занятия и упражнения на завершение работы входит в заключительную часть. В ходе занятий используются основные методические тренинговые приемы: групповая дискуссия, беседа, игры, медитации, методы невербальной активности. Вспомогательными методами программы являются: предоставление информации, интерпретация, конфронтация, ритуалы, домашнее задание.

Этапы программы психологической поддержки:

1. *Развитие способности к самопознанию (самовосприимчивости) (4 занятия)*. На данном этапе формируется осмысленное позитивное представление младших подростков с ЗПР о себе: особенностей внешнего облика, индивидуальных качеств; познание себя через восприятие другими. В данном разделе были применены методы: элементы арт-терапии, элементы игровой терапии, предоставление информации.

2. *Формирование и развитие самооценки как устойчивого и дифференцированного отношения подростка к себе (самоотношения) (4 занятия)*. Данный этап ориентирован на формирование позитивного отношения младших подростков с ЗПР к себе и другим людям; обучение способам осознания и принятия себя как личности, части коллектива; формирование моральных норм и навыков конструктивной коммуникации, дифференцированной самооценки. На этом этапе работы задействованы методы: психогимнастические игры, методы невербальной активности, конфронтация.

3. *Развитие и укрепление чувства взрослости (4 занятия)*. Этот этап направлен на знакомство младших подростков с ЗПР с понятием «взрослость»; расширение у них

представлений «взрослого поведения»; осознание внешних и внутренних признаков взрослости. Задействованы методы: групповая дискуссия, элементы игровой терапии, медитативные техники, конфронтация.

4. *Формирование временной перспективы собственного развития (4 занятия)*. Этот этап работы ориентирован на осознание младшими подростками с ЗПР личных возрастных изменений, значимых событий своей жизни, а также взаимосвязи прошлого и настоящего периодов жизни, усиление желания измениться. Особое внимание уделяется развитию навыка самоанализа изменений. Задействованы методы групповой дискуссии, элементы игровой терапии, групповое рисование, медитативные техники, домашнее задание.

5. *Развитие рефлексивных способностей (4 занятия)*. Данный этап направлен на развитие навыков самоанализа, рефлексии личностных качеств и чувств других людей, развитие умения налаживать обратную связь с окружающими. На данном этапе используются методы групповой дискуссии, игры, методы невербальной активности.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Диагностическое исследование, проведенное по завершении программы психолого-педагогической поддержки школьников с ЗПР в период перехода от младшего школьного к подростковому возрасту, позволяет сделать следующие выводы. Наиболее податливыми в отношении коррекционно-развивающего воздействия оказались такие феномены самосознания, как самооценка и уровень притязаний, самоотношение и временная перспектива собственного развития. Так, в результате проведенной работы 50% подростков с ЗПР экспериментальной группы продемонстрировали адекватный уровень притязаний. Испытуемые стали более четко представлять свои возможности и адекватно соотносить их со своими потребностями. В самооценке у них стала проявляться тенденция к дифференцированности и независимости от мнения взрослых.

Показатели самоотношения также стали ближе к возрастной норме в отношении аутосимпатии и самоуважения. Однако самоотношение принявших участие в исследовании подростков с ЗПР продолжает сохранять неустойчивый характер, а самопринятие не является полным и безусловным. Развитие временной перспективы собственного развития у подростков с ЗПР стало характеризоваться более четкими когнитивными представлениями: у 40% ис-

пытуемых появились в рассуждениях описания реальных жизненных целей. Однако эмоциональный компонент временной перспективы продолжает оставаться нереалистично положительным, что, скорее всего, связано с эмоциональной инфантильностью подростков. Самым трудно податливым феноменом в коррекционном плане оказалась рефлексия. На наш взгляд, подобный результат является достаточно закономерным, так как нарушение развития рефлексии является причиной ненормативного развития всех ранее обозначенных характеристик подросткового возрастного кризиса.

### Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что предлагаемая психолого-педагогическая программа поддержки школьников с ЗПР в период перехода от младшего школьного возраста к подростковому кризису может использоваться в работе коррекционных и инклюзивных образовательных учреждений. Возможно, следует увеличить продолжительность этапов программы и сделать специальный акцент на формировании навыков рефлексии, как наиболее сложного для коррекционно-развивающей работы феномена. Для достижения более устойчивого эффекта возможно включение таких элементов программы, как коррекционно-развивающие задачи, в предметную подготовку в рамках школьных дисциплин. Перспективы дальнейшей разработки данного направления психолого-педагогической работы с подростками с ЗПР мы видим в использовании в качестве основного метода работы не только тренинговых занятий, но и применение других методов в конкретных учебных дисциплинах таких предметных областей, как «Филология», «Общественно-научные предметы», «Искусство» и другие, а также объединение специалистов сопровождения в единую команду для достижения коррекционных целей.

### Список литературы

1. Князева Т.Н., Матюкова А.В. Динамика эмоционально-волевых качеств подростков в период возрастного кризиса // Проблемы современного педагогического образования. 2017. № 54–6. С. 272–278.
2. Конева И.А., Кондратьева Н.П. Интегрированное и дифференцированное обучение подростков с задержкой психического развития и их личностное развитие // Вестник Мининского университета. 2016. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/240> (дата обращения 01.11.2021).
3. Кропачева М.Н. Психологические особенности самоотношения у подростков с задержкой психического развития // Проблемы современного педагогического образования. 2019. № 64–1. С. 333–337.
4. Литовченко И.С. Особенности самосознания подростков, имеющих в анамнезе задержку психического развития церебрально-органического генеза // Дефектология. 2015. № 5. С. 59–65.
5. Матанцева Т.Н., Шешукова Н.Н. Возрастной кризис в аспекте становления саморегуляции личности подростков // Проблемы современного педагогического образования. 2016. № 51–6. С. 398–405.
6. Набатникова Е.А. Формирование мотивации личностного роста у подростков с задержкой психического развития // Устойчивое развитие науки и образования. 2019. № 2. С. 177–184.
7. Иванкова Н.В., Власенко С.В. Теоретические проблемы организации психолого-педагогической поддержки младших подростков с задержкой психического развития в учебно-воспитательной работе // Науки и реальность. 2020. № 3. С. 33–36.
8. Кузьмина Т.И. Диагностика Я-социального у младших школьников с интеллектуальными нарушениями // Вестник Мининского университета. 2019. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://vestnik.mininuniver.ru/jour/article/view/1044> (дата обращения 01.11.2021). DOI: 10.26795/2307-1281-2019-7-4-13.
9. Конева И.А., Кузнецова К.Э. К проблеме образа Я и самооценки младших школьников с задержкой психического развития // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–3. С. 149.
10. Бисингалиева Ж.А. Использование тренинга асертивности как средства психолого-педагогического сопровождения подростков с задержкой психического развития // Научно-методический журнал Концепт. 2017. № 23. [Электронный ресурс]. URL: <http://e-koncept.ru/2017/470256.htm> (дата обращения 01.11.2021).
11. Лещева Я.Е. Психолого-педагогическая коррекция агрессивного поведения у младших подростков с задержкой психического развития // Научная дискуссия: вопросы педагогики и психологии. 2016. № 3–2 (48). С. 140–143.

УДК 37.012.7

## ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН В ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ

<sup>1</sup>Кузнецова Ю.Н., <sup>1</sup>Калимуллина О.А., <sup>1</sup>Иванова А.В., <sup>2</sup>Сироткина О.В.

<sup>1</sup>Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма,  
Казань, e-mail: knopjul@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань

В статье указывается на важность принципов педагогического проектирования и педагогического проектирования в обеспечении эффективности электронного обучения. Авторы рассматривают особенности и преимущества смешанного обучения как для студентов, так и для преподавателей вузов в целом, показывают возможности использования электронной среды в рамках очного и дистанционного обучения. Рассматривается практический аспект этих проблем, связанный с тем, что мало учителей готовы осваивать новейшие технологии, проектировать контентные и организационные аспекты цифрового образовательного пространства, адаптировать учебный процесс к требованиям инновационного общества, поскольку нет представлений о цифровом образовательном пространстве в целом. Компетенции в области ИКТ ошибочно связываются исключительно с разработкой технологий, устройств, не влияя на организацию проектной деятельности, развитие командных навыков и социализацию студентов. Основу электронной дидактики частично закладывает формат дистанционного обучения, в котором используются технологические средства среднего и высокого уровня, определяющие, как будет организовано взаимодействие между участниками образовательных отношений. Понятно, что эффективность цифрового образования зависит не только от платформы, реализуемой образовательными курсами, но и от компетентности самого преподавателя: способен ли он выстроить образовательный процесс, адаптировать его к требованиям современного общества, сможет ли он грамотно использовать информационные и коммуникационные технологии. Особый успех таких платформ заключается не только в технических возможностях образовательного портала, но и в компетенциях преподавателей, подготовивших эти курсы. Проведен анализ того, как внедрение информационных технологий в образовательный процесс приводит к улучшению результатов обучения студентов. Анализ контрольных тестов показал, что использование цифровых технологий в большинстве случаев повысило эффективность организации учебного процесса. Обзоры новейших технологий также показывают, что эти инструменты положительно влияют на достижение учащимися лучших результатов обучения.

**Ключевые слова:** проектное обучение, смешанное обучение, дистанционные технологии, электронные ресурсы, образовательные ресурсы

## PEDAGOGICAL DESIGN IN THE DESIGN OF E-COURSES

<sup>1</sup>Kuznetsova J.N., <sup>1</sup>Kalimullina O.A., <sup>1</sup>Ivanova A.V., <sup>2</sup>Sirotkina O.V.

<sup>1</sup>Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, e-mail: knopjul@mail.ru;

<sup>2</sup>Kazan National Research Technological University, Kazan

The article points out the importance of the principles of pedagogical design and pedagogical design in ensuring the effectiveness of e-learning. The authors consider the features and benefits of blended learning for both students and university professors in general, show the possibilities of using the electronic environment in the framework of full-time and distance learning. The practical aspect of these problems is considered, associated with the fact that few teachers are ready to master the latest technologies, design the content and organizational aspects of the digital educational space, adapt the educational process to the requirements of an innovative society, since there is no idea about the digital educational space as a whole. Competencies in the field of ICT are mistakenly associated exclusively with the development of technologies, devices, without affecting the organization of project activities, the development of team skills and the socialization of students. The basis of e-didactics is partly laid by the format of distance learning, which uses medium and high-level technological means that determine how the interaction between the participants in educational relations will be organized. It is clear that the effectiveness of digital education depends not only on the platform implemented by educational courses, but also on the competence of the teacher himself, whether he is able to build the educational process, adapt it to the requirements of modern society, whether he can competently use information and communication technologies. The particular success of such platforms lies not only in the technical capabilities of the educational portal, but also in the competencies of the teachers who prepared these courses. The analysis of how the introduction of information technology into the educational process leads to an improvement in student learning outcomes. The analysis of control tests showed that the use of digital technologies in most cases increased the efficiency of the organization of the educational process. Reviews of the latest technology also show that these tools have a positive impact on student achievement of better learning outcomes.

**Keywords:** project-based learning, blended learning, distance technologies, electronic resources, educational resources

В период с 08 апреля по 10 октября 2021 г. отделом менеджмента качества образования при участии деканатов факультетов был проведен социологический опрос, цель которого – выяснить удовлетворен-

ность обучающихся ФГБОУ ВО «Поволжский ГУФКСИТ» (далее – университет) условиями реализации учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных техно-

логий в период применения мер по борьбе с коронавирусной инфекцией (COVID-19).

Цель исследования: выявление степени удовлетворенности обучающихся условиями организации процесса дистанционного обучения. Цель достигалась посредством решения ряда задач, позволивших выявить проблемы: условия обучения в дистанционном формате; готовности преподавателей к полному переходу на дистанционный формат обучения; условия организации занятий в дистанционном формате; достаточности контактов с преподавателями в рамках учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий; сложности удаленного взаимодействия с преподавателями и организации учебного процесса; использование библиотечных ресурсов университета в период дистанционного обучения; функциональность системы Moodle; улучшение учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Объект исследования – учебный процесс в вузе в дистанционной форме.

### Материалы и методы исследования

Анализ, синтез, моделирование, абстрагирование, перенос, аналогия, обобщение, диалектический метод познания и системный подход. Опрос обучающихся путем заполнения ими анкеты в Google «Анкета удовлетворенности студентов условиями реализации учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий».

### Результаты исследования и их обсуждение

Нам интересен третий блок вопросов, который был посвящен выявлению основных трудностей, с которыми студенты сталкиваются при реализации учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в период коронавируса (COVID-19). На первый вопрос данного блока «Вызывает ли у Вас какие-либо сложности дистанционный формат обучения?» только 35,64% обучающихся ответили, что со сложностями не столкнулись (рис. 1).

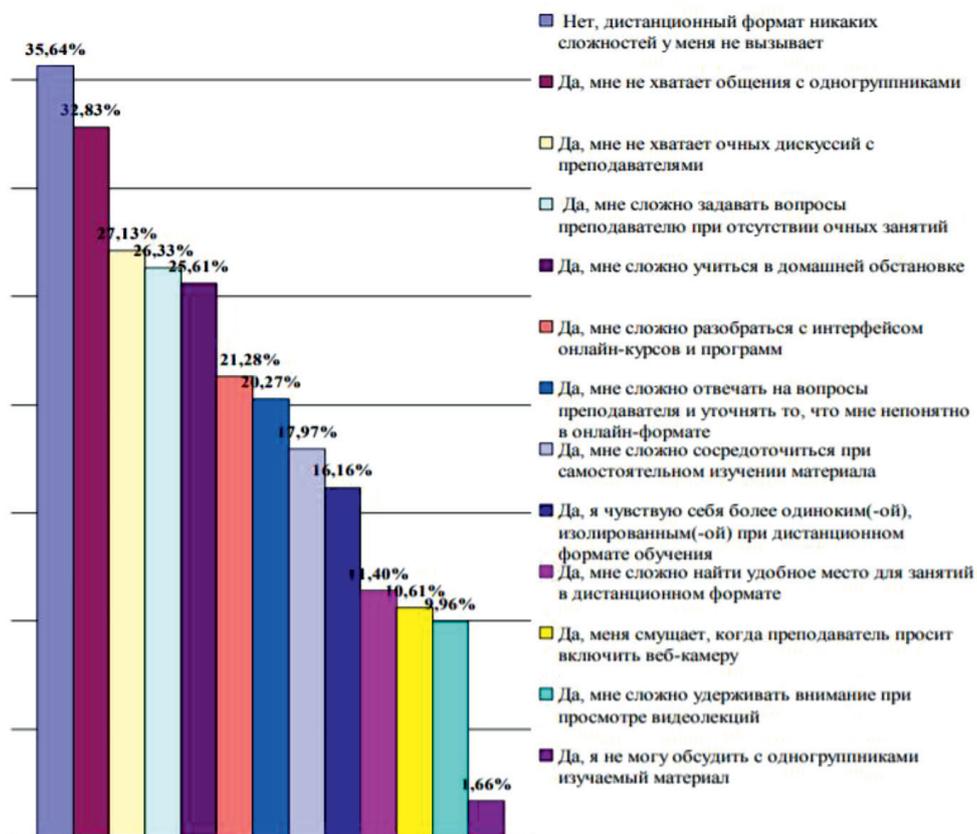


Рис. 1. Сложности, с которыми сталкиваются обучающиеся в рамках дистанционного формата обучения (выбор нескольких вариантов ответа)

Кроме этого, ряд студентов в открытой форме дополнили перечень сложностей, с которыми им приходится сталкиваться в период дистанционного обучения.

Обучающимся, принявшим участие в опросе, предлагалось в открытой форме высказать свои пожелания о предоставлении им помощи в работе в дистанционном формате. Поступили следующие пожелания:

«Объяснение преподавателем домашних заданий, то есть, как их делать, нужна конкретика. Лично я делаю так, как поняла, потом преподаватели говорят, что нужно было делать иначе, и приходится переделывать»;

«Хотелось бы получить больше лекционного материала и больше объяснений со стороны преподавателя»;

«Помощь в использовании ресурсами, в объяснении изучаемых тем»;

«Все время – обсуждение с одногруппниками, куда заходить и что делать. Устаёшь от этого, тратишь время»;

«Есть много вещей, которые, когда я не понимаю, я хотел бы спросить, но из-за расстояния я не могу или не смею просить, и мне тяжело долго заниматься чем-то одним, если рядом со мной нет кого-то, кто бы мне помог»;

«Иногда не получается зайти в ДО, иногда в онлайн-чате не приходят вопросы, что и ребятам, или приходят поздно»;

«Иногда непонятна суть домашнего задания, куда нужно заходить или что делать»;

«Криво построены формы для ответов, криво задаются задания»;

«Личное объяснение либо показ материала некоторых предметов»;

«Многие задания, даваемые преподавателями, непонятны, поэтому необходима дополнительная информация от самих преподавателей»;

«Не всё открывается с телефона /планшета, не все лекции и практики в одной программе. У некоторых нет возможности заходить с ПК /ноутбука»;

«Настройка связи с преподавателями и объяснение материала, который они дают, самому очень трудно разбираться во всем»;

«Не все задания понятны, и их очень много»;

«Если курс уже прошёл, то перевести его в перешедшие, иначе приходится долго искать. Также некоторых курсов вообще иногда не найти, нужно очень долго заходить в «Курс» через выбор форм»;

«Не могу найти предмет, по которому идёт пара»;

«Не получается сконцентрироваться на занятии, в связи с чем усвоение информации упало на 65–70%»;

«Не хватает консультации преподавателей и более точных формулировок заданий»; «Некоторые предметы настолько непонятны, что по дистанционной системе их невозможно объяснить»;

«Некоторые преподаватели не объясняют, как выполнить домашнее задание»;

«Объяснить, как устроен интерфейс»;

«Объяснить, как работать в ДО. Не были к этому готовы»;

«Хочу, чтобы всё лежало по полочкам. Иногда путаюсь и теряюсь, я за год обучения так нормально и не разобрался с сайтом, только на 60%. В самые первые дни учёбы я ничего не понимал. Я не знал, куда мне нажимать»;

«Я не понимаю некоторый материал».

Наибольшее количество вопросов и пожеланий связано с объяснением заданий преподавателем и со сложностью ориентации в интерфейсе системы Moodle.

В рамках последнего вопроса анализировалось желание обучающихся в будущем продолжить свое обучение в университете с использованием электронного обучения и дистанционных технологий обучения. Данные представлены на рис. 2.

Как видим из рис. 2, только 27,05% обучающихся хотели бы продолжить в дальнейшем обучение полностью в дистанционном режиме. Студенты оказались недовольны качеством построения дистанционных курсов.

Целью учебного проектирования является определение наиболее приемлемого и удобоваримого способа подачи учебного контента. Это наука о создании эффективного и привлекательного опыта обучения – наука о том, как люди учатся.

Следовательно, способность оценивать отношение целевой аудитории, пробелы в знаниях и цели обучения является ключевым фактором в педагогическом дизайне. Для достижения этих целей преподавателям приходится становиться проектировщиками учебных программ, которые включают в себя обширный репертуар ролей и обязанностей и далеко не ограничиваются ими, а это: определение четких и действенных целей обучения и создание убедительного контента, соответствующего им; концептуализация учебной графики, мультимедиа, пользовательского интерфейса и конечного продукта; анализ и применение принципов, тенденций и лучших практик, связанных с учебным проектированием и технологиями обучения; разработка упражнений, заданий и оценок для максимизации учебного потенциала учащихся; разработка вспомогательных материалов и ресурсов; разработка различных методов оценки, включая викторины, тесты и опросы, для оценки эффективности курса.



Рис. 2. Показатели желания обучающихся в будущем продолжить свое обучение в Академии с использованием электронного обучения и дистанционных технологий обучения

Переход вузов на дистанционную форму обучения диктует преподавателям свои правила. Педагогам приходится становиться проектировщиками своих курсов и переводить эти курсы в режим онлайн. Мир учебного проектирования тесно связан с психологией обучающего поведения. Преподавателю необходимо использовать психологические средства воздействия, лежащие в основе запоминания и усвоения информации. Создавая дистанционный курс, преподаватели часто задают себе такие вопросы: Как лучше представить блок текста – в виде интерактивной графики, презентации или видео-файла? Как лучше разделить курс на модули микрообработки для более быстрого и легкого усвоения?

Чтобы ответить на эти вопросы, мы рассмотрим модель учебного проектирования ADDIE. Вы можете думать о моделях и теориях проектирования обучения как о прикладной психологии – то есть они делают абстрактные и теоретические принципы поведенческой психологии конкретными, применяя их на практике. Существует множество моделей, теорий и стратегий учебного проектирования, но, по существу, все они используют модель ADDIE, аббревиатуру, которая расшифровывается как анализ, дизайн, развитие, реализация и оценка. Модель ADDIE – это методология педагогического дизайна, которая помогает с самого начала и до самого конца процесса проектирования учебных программ.

*Принципы проектирования учебных материалов: ключи к созданию электронного учебного контента*

Эффективное онлайн-обучение не происходит случайно, это конечный результат

планомерного, систематического процесса развития. Чтобы создать курс электронного обучения, недостаточно быть экспертом в определенной теме, надо учитывать и принципы учебного проектирования.

В этой статье мы будем опираться на девять принципов обучения Роберта Ганье и покажем, как применять их в процессе разработки курса. Каждый шаг в модели соответствует той форме общения или деятельности, которая помогает процессу обучения. К ним относится подготовка, обучение и практика, оценка и передача.

Давайте посмотрим, как мы сможем применить эту структуру для построения онлайн-курса.

*Принцип 1: привлечь Внимание (Прием)*

Сильное начало – это ваша возможность вовлечь обучающегося и подготовить почву для обучения. Начните свой курс с помощью введения или действия, которое заставит обучающегося отвлечься от других задач и сосредоточить свое внимание на содержании вашего обучения.

Добавление мультимедийных элементов может повысить ценность вашего контента и вовлечь ваших слушателей как на слуховом, так и на визуальном уровне.

*Принцип 2: информирование учащихся о целях (извлечение информации)*

Формулирование целей обучения заранее демонстрирует добавленную стоимость, которую приносит ваш курс, и помогает слушателю курса установить ожидания относительно того, что ждет его впереди.

Приведите каждую цель в соответствие с результатами, основанными на знаниях или навыках, которые будут достигнуты вашими студентами.

*Принцип 3: стимулируйте воспоминания о предшествующем обучении (ожидание)*

Свяжите свой контент с существующими знаниями или навыками ваших студентов, которые они получили на предыдущем этапе усвоения материала курса. Это поможет им подойти к новому материалу с чувством уверенности. Чтобы укрепить знания учащихся, вы можете добавить краткое резюме знаний или концепций, которые они уже освоили, или (еще лучше) проверить, насколько они запомнили материал курса с помощью теста.

*Принцип 4: представить новое содержание (избирательное восприятие)*

Именно здесь вы предоставляете новые знания, информацию и навыки своим ученикам. Последовательно доставляйте свой контент таким образом, чтобы учащиеся могли усваивать новую информацию, не чувствуя себя перегруженными.

*Принцип 5: обеспечьте руководство по обучению (семантическое кодирование)*

Поддержите своих учеников, предоставив полезные советы о том, как научиться новому навыку. Приведите примеры или коучинговые советы по изучению контента и проведите учащихся через полезные ресурсы, доступные им.

*Принцип 6: получение производительности (отзывчивости)*

На этом этапе процесса ваш ученик должен быть в состоянии продемонстрировать знания или навыки, которые он получил от вашего курса. Включите интерактивные элементы, которые требуют от учащегося использовать полученные знания.

*Принцип 7: обеспечьте обратную связь (подкрепление)*

Обеспечьте немедленную обратную связь после того, как учащийся демонстрирует свои знания или навыки. Положительная обратная связь укрепит то, что ученик делает хорошо. Мягкие и конструктивные советы помогут учащемуся выявить и преодолеть ошибки в знаниях или навыках.

*Принцип 8: оценка эффективности обучения (извлечение информации)*

По окончании курса оцените своих учеников с помощью тестов и викторин.

*Принцип 9: повышение эффективности хранения и передачи знаний (подкрепление)*

Обеспечьте своих учеников дополнительными ресурсами, которые пополняют знания по новому курсу. Вы можете создавать инструкции, каталоги и другие справочные материалы, которые ваши учащиеся всегда будут иметь под рукой и могут просматривать, чтобы обновить свои знания в любое время.

Подготовленный Европейской комиссией доклад о Цифровой политике, реализуемый в Европе и за ее пределами, в рамках которого было проанализировано более 40 международных образовательных проектов в сфере цифрового образования, подчеркивает значимость проводимой международной политики и необходимости дальнейшей работы над развитием цифрового образовательного пространства.

Согласно данному докладу, внедрение информационных технологий в образовательный процесс ведет к улучшению учебных результатов. Проводимый Мак Эваном [1] анализ 77 образовательных проектов показал, что внедрение информационных и коммуникативных технологий в образовательный процесс оказало наибольший положительный эффект, показатель эффективности работы обучающихся был равен 0,15 УР, в то время как показатель эффективности обучения в малых группах составил 0,12 УР. Анализ Кремером 32 контрольных испытаний определил, что использование цифровых технологий в большинстве случаев повысило эффективность организации образовательного процесса [1]. Обзоры последних технологий также свидетельствуют о том, что эти инструменты оказывают позитивное воздействие на достижение лучших учебных результатов. Например, исследование, проведенное Хасслером и его коллегами, показало, что из 23 программ, реализуемых посредством использования планшетов, 16 позволили добиться значительных успехов в освоении знаний [2]. Тамимом и его коллегами было проведено исследование, которое лишь подтвердило вышеприведенные результаты внедрения информационных и коммуникативных технологий в образовательный процесс. Авторы обобщили результаты 27 оценок эффективности использования планшетов в процессе обучения и обнаружили, что исследования, сравнивающие контексты использования планшетов с контекстами без их использования, свидетельствуют о значительном среднем размере эффекта, равном 0,23 УР [3]. Таким образом, приведенный анализ статистических данных, убеждает в необходимости развития цифрового образовательного пространства и на территории Российской Федерации.

Рассмотренные принципы успешно были внедрены при создании образовательного онлайн-курса «Внедрение ИКТ-технологий в образовательный процесс», обусловленном идеей реализации федеральных проектов «Цифровая образовательная среда», «Учитель будущего», которые являются частью национального проекта

«Образование», в частности необходимости решения таких вопросов, как «разработка методологии для внедрения ИКТ-технологий в образовательные программы, создание интеграционной платформы непрерывного образования, повышение уровня компетенций преподавателей в области коммуникативных и информационных технологий», а также ситуацией, возникшей в связи с распространением вирусной инфекции COVID-19, заставившей в кратчайшие сроки перестроить образовательный процесс и задуматься о дальнейшем реформировании цифрового образовательного пространства [4–6].

Образовательный онлайн-курс «Внедрение ИКТ-технологий в образовательный процесс» рассчитан на изучение механизмов работы с инновационными информационными и коммуникативными технологиями в контексте конкретного урока.

Было принято решение создать образовательный онлайн-курс «Внедрение ИКТ-технологий в образовательный процесс» на платформе Udemu. Данная платформа обладает определенным рядом преимуществ. Во-первых, если пользователь создает бесплатный онлайн-курс, то не взимается плата за его создание, в отличие от платформ Moodle, Teachable, LearnDash, WordPress Plug-Ins, которые предусматривают ежемесячную оплату вне зависимости от типа курса. Во-вторых, в отличие от платформы Google Classroom, пользователю предоставляется большой перечень инструментов, которые можно внедрить в образовательный онлайн-курс, и не требуется наличие обязательного аккаунта Google. Самое ключевое преимущество – поддержка русского языка, платформа имеет русский интерфейс.

### Заключение

Выводы после прохождения первой группы образовательного онлайн-курса были следующие: во-первых, необходимо более подробно описать процесс работы

с технологией виртуальной реальности, поскольку именно по данной теме возникла большая часть вопросов и было дано больше неправильных ответов в тесте; во-вторых, либо подробнее описывать процесс работы с иностранными мобильными приложениями, либо искать русскую альтернативу, поскольку пользователю, не владеющему английским языком, даже при наличии подробной рекомендации на русском языке по работе с указанными мобильными приложениями, не удастся до конца разобраться в нем, и, в-третьих, продвигать платформу «migo.com», которая показала большую ценность среди перечня изученных технологий. В целом цели и задачи курса были достигнуты. Обучающиеся показали высокие результаты и подтвердили актуальность дальнейшей разработки курсов данной направленности.

### Список литературы

1. Patrick J. Mc Ewan Improving Learning in Primary Schools of Developing Countries A Meta-Analysis of Randomized Experiments. *Review of Educational Research*. Vol. 85. 3. 2015. P. 353–394.
2. Hassler B., Major L., Hennessy S. Tablet use in schools: A critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2015. Vol. 32. Issue 2. P. 139–156.
3. Rana M. Tamim, Eugene Borokhovski, David Pickup and Robert M. Bernard Large-Scale, Government-Supported Educational Tablet Initiatives is made available under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 Licence (international). *Commonwealth of Learning*. 2015. P. 40.
4. Паспорт национального проекта «Образование» (утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16)). СПС Консультант Плюс.
5. Калимуллина О.А. Формирование творческой направленности студенческой молодежи в условиях досуговой деятельности синергетический подход: специальность 13.00.05 «Теория, методика и организация социально-культурной деятельности»: автореф. дис. ... докт. пед. наук. Казань, 2014. 22 с.
6. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/> (дата обращения: 22.11.2021).

УДК 37.062.2

## ПАТРИОТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ СТУДЕНТОВ ХАБАРОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНСТИТУТА КУЛЬТУРЫ СРЕДСТВАМИ РАБОТЫ МУЗЕЯ

<sup>1</sup>Орлова Е.Н., <sup>2</sup>Демидько Е.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Хабаровский государственный институт культуры»,  
Хабаровск, e-mail: grafdekukuruzo51@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, e-mail: evgdem@yandex.ru

Сегодня все чаще делается акцент на том, что проблема патриотического воспитания молодежи и, в частности, студентов высших и средне специальных учебных заведений становится все более актуальной. В этой связи в предлагаемой работе проводится анализ опыта системы патриотического воспитания студентов Хабаровского государственного института культуры средствами работы его музея, что и является целью статьи. Основными методами исследования явились: содержательное рассмотрение научных работ по проблематике статьи; анализ опыта патриотического воспитания студентов Хабаровского государственного института культуры средствами работы музея. В статье показывается, что патриотическое воспитание в Хабаровском государственном институте культуры осуществляется на основе традиций, накопленных за время его существования, и включает в себя различные формы и методы музейной педагогики. Это позволяет сформировать ситуацию, когда каждое новое поколение студентов включается в цепочку передачи уже устоявшихся патриотических и гражданских традиций института. Отличительной особенностью института при этом является подход, заключающийся в том, что изучение его истории является одной из составляющих учебной и научной деятельности. В то же время институту следует рекомендовать более интенсивное применение современных интерактивных технологий.

**Ключевые слова:** музейные и архивные документы, патриотизм, гражданственность, студенчество

## PATRIOTIC EDUCATION OF STUDENTS OF THE KHABAROVSK STATE INSTITUTE OF CULTURE BY MEANS OF THE MUSEUM

<sup>1</sup>Orlova E.N., <sup>2</sup>Demidko E.V.

<sup>1</sup>Khabarovsk State Institute of Culture, Khabarovsk, e-mail: grafdekukuruzo51@mail.ru;

<sup>2</sup>Pacific National University, Khabarovsk, e-mail: evgdem@yandex.ru

Today, more and more emphasis is being placed on the fact that the problem of patriotic education of young people and, in particular, students of higher and secondary specialized educational institutions, is becoming more and more urgent. In this regard, the proposed work analyzes the experience of the system of patriotic education of students of the Khabarovsk State Institute of Culture by means of its museum, which is the purpose of the article. The main research methods were: meaningful consideration of scientific papers on the problems of the article; analysis of the experience of patriotic education of students of the Khabarovsk State Institute of Culture by means of the museum. The article shows that patriotic education at the Khabarovsk State Institute of Culture is carried out on the basis of traditions accumulated during its existence, and includes various forms and methods of museum pedagogy. This allows us to create a situation where each new generation of students is included in the chain of transmission of the already established patriotic and civic traditions of the institute. A distinctive feature of the Institute in this case is the approach that the study of its history is one of the components of educational and scientific activities. At the same time, the Institute should recommend more intensive use of modern interactive technologies.

**Keywords:** museum and archival documents, patriotism, citizenship, student studies

В настоящее время снижается уровень сформированности патриотического воспитания молодёжи. Директор Института социологии РАН М.К. Горшков считает, что «в перестроечное время на фоне крушения различных догм и постулатов патриотизм стал рассматриваться как отжившая ценность» [1]. Поэтому указанная проблематика достаточно актуальна, и от её решения, несомненно, также зависит будущее страны. В связи с этим возрастает потребность в различных методах и способах, которые могут быть использованы здесь как соответствующий инструментарий. В этом аспекте рассмотрение опыта методической системы Хабаровского государственного института культуры (да-

лее – ХГИК) средствами работы музея по патриотическому воспитанию студентов и является целью данной статьи.

### Материалы и методы исследования

Основными методами исследования явились: содержательное рассмотрение отдельных работ по проблематике данной статьи; анализ опыта патриотического воспитания студентов ХГИК средствами работы музея.

Прежде всего, несколько слов о патриотизме. У этого понятия существует множество определений. Однако так как уточнение этого термина не является целью статьи, то в дальнейшем будем основываться на предложенном С.И. Ожеговым поня-

тии патриотизма, основанного на целостном восприятии прошлого, настоящего и будущего своей страны, трактуя его как преданность и любовь к своему Отечеству, к своему народу, к той земле, на которой родился и вырос человек [2]. Методы и формы патриотического воспитания при этом могут быть самыми разнообразными (рис. 1).

Теперь рассмотрим музей и его возможности в аспекте патриотического воспитания.

М.В. Новорусский определял музей как важное «образовательное учреждение» и связывал судьбу музеев с изменениями в системе образования, которые явились прямым следствием переустройства общественно-экономической жизни в пореформенной России [3, с. 23].

В рамках концепции Б.А. Столярова [4] определены задачи деятельности художественного музея, которые применительно к деятельности любого музея можно трансформировать следующим образом:

- развивающая – формирование индивида как творческой личности;
- познавательная – восприятие музейных экспонатов как части истории организации/учреждения, региона, страны;
- воспитательная – рассмотрение музейных экспонатов в широком воспитательном контексте;
- социальная – как средство социальной адаптации.

Что касается воспитательной задачи, то важно понимать специфичность музейной деятельности, при этом воспитание средствами музея, или, другими словами, музейная педагогика, так же специфично, поэтому и является самостоятельным научным направлением. Так, например, Х.С. Шагбанова указывает на то, что это во многом воспи-

тание визуальное, образное, поэтому, учитывая современные способы коммуникации большинства молодежи, данная особенность имеет повышенный потенциал воздействия на ее сознание [5]. Однако для того, чтобы эффективно использовать эти возможности в рамках проблематики статьи, необходимо определить как стратегические, так и тактические цели патриотического воспитания.

Л.А. Журавлева с соавт. утверждает, что в учебном заведении патриотическое воспитание должно начинаться с воспитания корпоративного патриотизма [6]. Это, с нашей точки зрения, вполне обосновано, так как музейные экспозиции учебного заведения посвящены в основном его истории и ее связи с историей населенного пункта/региона расположения, что способствует воспитанию к ним уважения. Поэтому именно воспитание корпоративного патриотизма можно признать стратегической целью по патриотическому воспитанию, к достижению которой, в свою очередь, должна приводить реализация тактических целей. Вместе с тем стратегическая цель, которая может быть многокомпонентной, должна учитывать особенности того или иного региона и учебного заведения.

Применительно к музейной деятельности тактическая цель – это цель, которая определяется для каждого посещения музея, поэтому важно установить, что должно являться результатом этого посещения, из чего уже и следует его содержание. Результатом могут быть:

- конкретные знания;
- навыки восприятия музейной культуры;
- умения делать оценки того или иного факта, основанные на материале музейных экспозиций;
- иные знания, умения и навыки.



Рис. 1. Методы и формы патриотического воспитания



Рис. 2. Процесс патриотического воспитания средствами музея

При этом очевидно, что набор и содержание конкретных пакетов тактических целей должен формироваться для обучающихся с учетом уровня патриотического сознания обучающихся, из чего следует необходимость системы методов мониторинга уровня (рис. 2).

Таким образом, патриотическое воспитание средствами музея учебного заведения – это процесс, который должен быть структурирован и по целям, и по времени, и по используемым ресурсам и методам с учетом базового уровня патриотического сознания обучающихся. Однако это предъявляет высокие требования к уровню индивидуализации музейных экспозиций, что достигается при помощи современных интерактивных технологий – это особенность современных технологий музейной педагогики.

О.В. Ванеева показывает, как интерактивные технологии поднимают музейную деятельность на более высокий уровень [7]. Они дают посетителям музея возможность непосредственно взаимодействовать с экспонатами, получая соответствующую своим индивидуальным интересам информацию с той степенью подробности, которая им необходима. В результате создается эффект сопричастности, что способствует наилучшему ее восприятию. Интерактивные

средства также способствуют увеличению мобильности и разнообразию наборов музейной экспозиции, позволяя формировать множество таких пакетов. К тому же эти технологии позволяют организовывать игру в интерактивной форме, способствующую повышению эффективности как музейной деятельности в целом, так и патриотического воспитания в частности.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты рассмотрения опыта патриотического воспитания студентов ХГИК средствами работы музея, приведенные далее, показывают, что в целом он соответствует выявленным ранее особенностям музейной педагогики.

Институт начинает свою историю с июня 1968 г. Правительством Российской Федерации было принято решение создать на Дальнем Востоке России высшее учебное заведение по подготовке кадров для учреждений культуры музыкально-педагогического, творческо-исполнительского и библиотечно-информационного профиля. Сегодня в состав Института входят факультет искусств и социокультурной деятельности, 11 кафедр. Институт реализует программы подготовки по 34 направлениям и 37 профилям на различных уровнях об-

разования: СПО, бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура и ассистентура – стажировка по дневной и заочной формам обучения [8].

Воспитание патриотизма невозможно без бережного отношения к традициям и истории института, интереса к судьбам его выпускников, поэтому патриотическое воспитание студентов ХГИК происходит на основе изучения истории института и его студентов, выпускников и преподавателей, которое становится примером увлечённости любимым делом.

В институте разработан план патриотического воспитания, который включает следующие основные направления:

- экскурсии для изучения музейных экспозиций;
- погружение в историю института;
- выездная концертная деятельность;
- анализ учебной и научной деятельности с целью обеспечения соответствия их содержания истории и современному состоянию ХГИК.

Рассмотрим эти направления работы по патриотическому воспитанию в ХГИК подробнее.

#### *Эксперсии для изучения музейных экспозиций*

Главным направлением патриотического воспитания, практически с момента открытия, является экскурсионная деятельность музея. В первую очередь это беседы об истории ХГИК и его создании. Как одна из форм воспитательной работы со студентами, разработана и представлена презентация об историческом прошлом г. Хабаровска. Эти фотографии хранятся в фонде музея и используются в ряде музейных презентаций и выставок [9].

В рамках этого направления создана витрина «Комсомольская юность института», здесь хранятся комсомольский и профсоюзный билеты ректора и студентов первых выпусков, а экспозиция «Зелёные куртки» повествует об истории создания и традициях стройотрядовского движения в ХГИК. Историческую ценность представляют такие экспонаты, как стройотрядовская куртка одного из студентов первого выпуска ХГИК и дневник командира стройотряда «Ритм», хранящиеся с 1973 г.

#### *Погружение в историю института*

Формирование патриотического сознания начинается со знакомства первокурсников с историей и экспонатами музея института, что способствует передаче им нравственных и этических ценностей, кото-

рые были характерны для предыдущих поколений выпускников и педагогов.

В преддверии 55-летнего юбилея ХГИК был разработан проект «Мой вуз – моя малая Родина». В рамках проекта, для того чтобы сформировать патриотическое сознание студентов, был предусмотрен ряд комплексных и взаимосвязанных мероприятий. В первую очередь это музейные экспозиции и музейно-коммуникативная деятельность. Раскрытие связи истории ХГИК с историей г. Хабаровска и Хабаровского края способствует воспитанию гражданственности студентов. Для того чтобы достигнуть при этом наибольшего эффекта, обеспечивается непосредственное участие студентов в этих мероприятиях [10].

Результатом проекта стало также оформление с помощью сотрудников музея экспозиций и временных выставок на основе собранных архивных документов, на базе которых силами студентов старших курсов проводятся экскурсии для абитуриентов и первокурсников.

#### *Выездная концертная деятельность*

Основной задачей этого направления является укрепление представления об институте как центре культуры в городе и в крае. С помощью выездных концертных мероприятий у студентов и абитуриентов формируется понятие важности и социальной значимости престижности работы в сфере культуры, престижности и уникальности выбранной профессии.

#### *Анализ учебных дисциплин с целью обеспечения соответствия их содержания истории и современному состоянию ХГИК*

Данное направление реализуется посредством учета связи тематики лекций с заседаниями студенческого научного общества, с научными студенческими конференциями, с историей ХГИК, охватывающей периоды жизни института: 1960-1970-е гг.; 1980-1990-е гг.; 2000–2010-е гг.; с 2010 г. до современности. Научными руководителями студентов выпускных курсов (очной и заочной форм обучения) предлагаются темы выпускных квалификационных работ, в процессе выполнения которых можно изучить определённые годы жизни института, жизнь и творчество его знаменитых выпускников, тематически связанные с деятельностью и трудами ведущих педагогов ХГИК [11, 12], с деятельностью старейших кафедр. Студенты знакомятся с жизнью увлечённых, одержимых любимым делом людей, с вехами истории ХГИК, что формирует у них чувство причастно-

сти к институтскому сообществу педагогов и всех прошлых поколений.

### Заключение

Основываясь на исследованных в данной статье теоретических аспектах музейной педагогики и анализе опыта патриотического воспитания студентов ХГИК средствами работы музея, можно сделать вывод о том, что в целом они соответствуют друг другу. При этом необходимо акцентировать внимание на том, что для института культуры изучение его истории является одной из составляющих учебной и научной деятельности. Этот опыт, когда история отдельных ученых и педагогов или история их научных трудов и открытий является предметом проектных и исследовательских работ обучающихся, можно использовать для внедрения в систему патриотического воспитания в других учебных заведениях, однако при этом учебным заведениям важно учитывать специфику их профессиональной направленности.

В то же время ХГИК следует рекомендовать более интенсивное применение современных интерактивных технологий. Это даст возможность рационально сочетать интерактивные и традиционные способы представления музейных экспонатов, что позволит не только повысить эффективность патриотического воспитания средствами музея вуза, но и привлечь внешних посетителей, вызвать их интерес к музею.

### Список литературы

1. Горшков М.К. и др. Российское общество и вызовы времени. Книга первая / Под ред. Горшкова М.К., Петухова В.В.; Институт социологии РАН. М.: Издательство «Весь Мир», 2015. 336 с.
2. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М.: Азбуковник, 1997. 750 с.
3. Новорусский М.В. Музеи и их образовательное значение // Помощь семье и школе. 1911. Т. 6. 38 с.
4. Столяров Б.А. Музейная педагогика: история, теория, практика. М.: Высшая школа, 2004. 216 с.
5. Шагбанова Х.С. Гуманизация образования в вузах МВД России: современное состояние и перспективы развития // Педагогический журнал. 2020. Т. 10. № 2. С. 168–176.
6. Журавлева Л.А., Зарубина Е.В., Кружкова Т.И., Синько В.Н., Чулина И.П. Опыт формирования патриотического сознания студенческой молодежи средствами музейной педагогики // Образование и право. 2020. № 8. С. 297–302.
7. Ванеева О.В. Комплексное использование интерактивных технологий в рамках музейного пространства // Труды Санкт-Петербургского государственного университета культуры и искусств. 2015. Т. 212. С. 189–196.
8. ХГИК сегодня. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hgiik.ru/sveden/ob-institute> (дата обращения 17.12.2021).
9. Орлова Е.Н. Путеводитель по музею Хабаровского государственного института культуры. Хабаровск: Издательство ФГБОУ ВО «Хабаровский государственный институт культуры», 2021. 122 с.
10. Синько В.Н. Проект «Живая история университета как инновационная технология патриотического воспитания молодежи» // Обеспечение доступности качественного образования, соответствующего требованиям инновационного социально-ориентированного развития РФ: материалы Всероссийской (национальной) науч.-метод. конф. (Курган, 28 марта 2019 г.). Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2019. С. 141–144.
11. Хабаровский государственный институт искусств и культуры в событиях и лицах (1968–2013): справочник. Хабаровск: Издательство ФГБОУ ВО «Хабаровский государственный институт культуры», 2013. 503 с.
12. ХГИК в нашей жизни: Время. События. Люди. Хабаровск: Издательство ФГБОУ ВО «Хабаровский государственный институт культуры», 2018. 374 с.

УДК 372.8

## ОСНОВАНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ У ОБУЧАЮЩИХСЯ НА СТУПЕНИ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

<sup>1,2</sup>Прохорова Т.П.<sup>1</sup>ГБОУ города Москвы «Школа № 293 имени А.Т. Твардовского», Москва, e-mail: [tania524@mail.ru](mailto:tania524@mail.ru);<sup>2</sup>ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет», Москва

Статья посвящена анализу оснований формирования базовых логических действий у обучающихся на ступени основного общего образования. Проведен анализ Федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения основного общего образования: выделены основные требования, представленные как результат обучения обучающихся на данной ступени образования, место базовых логических действий в данных результатах, составлены схемы для визуализации места базовых логических действий среди иных результатов обучающихся и понимания составляющих элементов понятия «базовые логические действия». Дана характеристика системно-деятельностного подхода, который является основой для формирования всех умений обучающихся. Проанализированы философская и психолого-педагогическая литература практического и теоретического характера. Философская литература дает представления об основных логических операциях, формах логического мышления и законах логики, а также содержит логические задания, примеры технологий для работы на уроках, задания по формированию отдельных логических операций у обучающихся. Педагоги-психологи указывают на познавательные возможности обучающихся, позволяющие применять системно-деятельностный подход в образовании и необходимость формирования базовых логических действий обучающихся. Методисты предлагают различные методы, приемы и технологии, которые помогают формированию базовых логических действий. Данное исследование может быть использовано учителями при методической подготовке к урокам истории.

**Ключевые слова:** метапредметные образовательные результаты, познавательные универсальные учебные действия, базовые логические действия, философия, методика, технологии, история

## REASON FOR FORMATION OF BASIC LOGICAL ACTIONS IN STUDENTS AT THE STAGE OF BASIC GENERAL EDUCATION

<sup>1,2</sup>Prokhorova T.P.<sup>1</sup>School № 293 named after A.T. Tvardovsky, Moscow, e-mail: [tania524@mail.ru](mailto:tania524@mail.ru);<sup>2</sup>Moscow City Pedagogical University, Moscow

The article is devoted to the analysis of the foundations of basical logical actions formation among students at the stage of basic education. The analysis of the Federal State Educational Standard of the third basic generation of education is carried out: the main requirements presented to the learning outcomes of students at this stage, the place of basic logical actions in the presented results are highlighted, schemes are drawn up to visualize the place of basic logical actions among the educated results of students and understanding the constituent elements logical actions. The characteristic of the system-activity approach is given, which is the source for the formation of all the skills of students. Analyzed the philosophical and psychological-pedagogical literature of a practical and theoretical nature. Philosophical literature gives an idea of the basic logical operations, forms of logical thinking and the laws of logic, and also contains logical tasks, examples of technologies for working in the classroom, tasks for the formation of individual logical operations for students. Educational psychologists indicate the cognitive capabilities of students, allowing them to apply system-activity approaches in education and the need to create basic actions for students. Various methods, techniques and technologies are provided that help to form the basic logical actions. This research can be used by teachers of methodological preparation for history lessons.

**Keywords:** meta-subject educational results, cognitive universal educational actions, basic logical actions, philosophy, methodology, technology, history

В условиях модернизации системы образования в XXI в. меняются приоритеты работы учителя: ведущим становится формирование компетенций, позволяющих обучающемуся при поддержке педагога найти ответы на вызовы, с которыми сталкивается современная Россия в условиях новой геополитической ситуации, формирования информационно-образовательной среды. Концепция навыков XXI в. делает акцент на формирование гибких навыков, функциональной, читательской грамотности и многого другого. Именно эти тренды

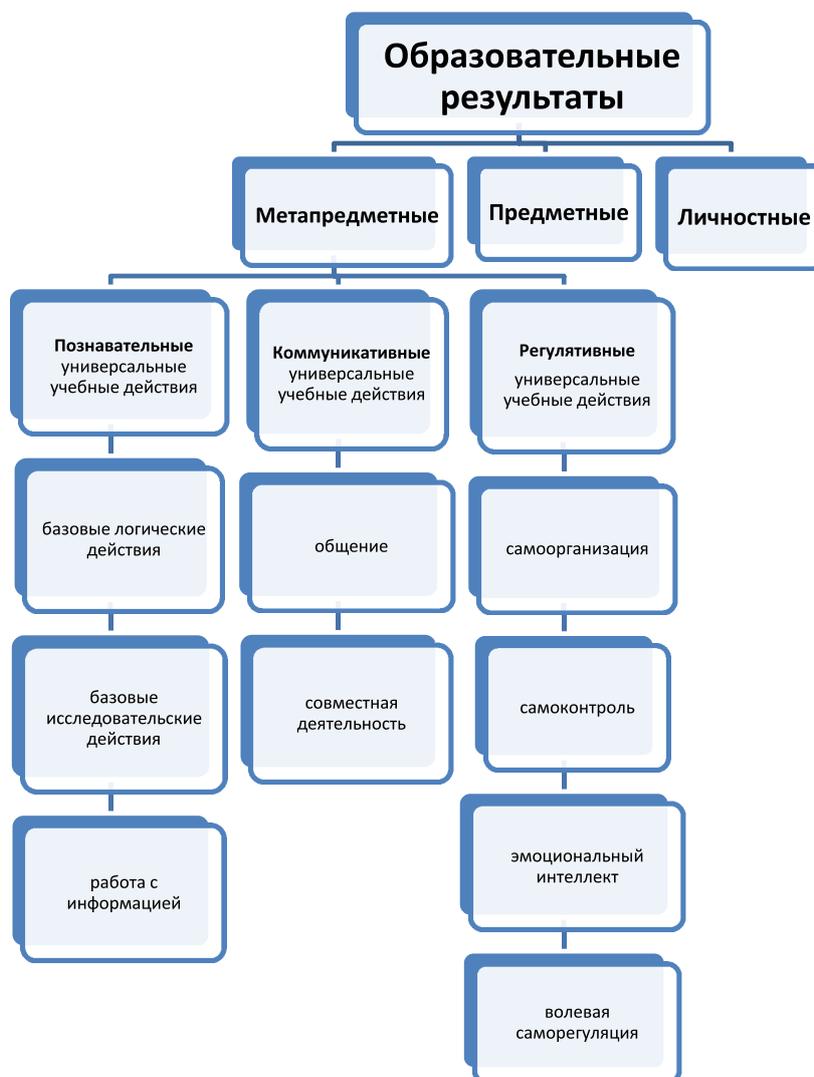
во многом и определяют сегодняшние изменения, происходящие в образовательной системе России.

Введение Федеральных государственных образовательных стандартов второго поколения и переход к реализации системно-деятельностного подхода отразились на обновлении исторического образования в общеобразовательных школах. Е.Е. Вяземский отмечает, что был сделан перенос акцента с содержания образовательных программ на результаты их усвоения. Все содержание образования должно способ-

ствовать формированию трех групп образовательных результатов: предметных, метапредметных (в их числе познавательные, коммуникативные, регулятивные универсальные учебные действия), личностных. Заявленные образовательные результаты обучающийся должен уметь демонстрировать и применять в реальных жизненных ситуациях.

Переход с 1.09.2022 на Федеральные государственные образовательные стандарты третьего поколения на уровнях начального и основного общего образования должен завершиться к 31.05.2026 (31.05.2027). В стандартах третьего поколения сделано уточнение к понятию универсальные учебные действия. Понятие «универсальные учебные действия» означает способность обучающегося учиться самостоятельно. В узком смысле универсальные учебные

действия – это способы деятельности обучающихся: «...совокупность способов действия учащегося, обеспечивающих его способность к самостоятельному усвоению новых знаний и умений, включая организацию этого процесса» [1]. Оба определения представлены в фундаментальном ядре содержания общего образования. ФГОС третьего поколения дает более развернутую характеристику, уточняя определение каждого вида универсальных учебных действий. Познавательные УУД – овладение и использование обучающимися знаково-символических средств. Среди познавательных УУД выделяют базовые логические действия (рисунок). Такой акцент заставил по-новому посмотреть на отдельные элементы содержания образования, на место и роль логических универсальных учебных действий в историческом образовании.



*Образовательные результаты*

Задача формирования логических действий у обучающихся на качественно новом уровне заставляет учителя применять не только уже проверенные, эффективные приемы работы с разными логическими операциями, но и искать новые средства решения задачи.

Цель исследования – выделить психолого-педагогические и нормативные основания по формированию и развитию базовых логических действий обучающихся, обобщив педагогический опыт по данной проблеме и систематизировав полученный результат в виде таблицы с указанием наиболее актуальных технологий, приемов и методов по их формированию. Данное исследование позволит учителю проанализированные технологии, приемы и методы применять на уроках.

### **Материалы и методы исследования**

При работе над данным исследованием использовались такие теоретические методы, как анализ, синтез, сравнение, обобщение, конкретизация.

В основе исследования лежат положения системного-деятельностного подхода, нашедшие отражение в трудах Л.С. Выготского, А.Н. Леонтьева, Л.В. Занкова, В.В. Давыдова, Д.Б. Эльконина, А.Г. Асмолова, В.В. Рубцова, П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной, Ж. Пиаже.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Деятельностный подход появляется в психологии в 1930-х гг. Представлен двумя вариантами: принцип единства сознания и деятельности С.Л. Рубинштейна и теория деятельности А.Н. Леонтьева, Г.С. Батищева, Г.П. Щедровицкого, Э.Г. Юдина [2].

«...Только в ходе деятельности впервые и возникает образ, т.е. наглядное представление предмета, а не «схемы», априори заданной словесной инструкцией, "правилом"» [3]. В результате деятельности человек осознает предметный мир, создавая его образ. Человек осознает себя самого через деятельность [4].

Для философов деятельность также предполагает коллективную коммуникацию. «Для раннего Г.С. Батищева деятельность и коммуникация исходно тождественны друг другу. "Общая теория деятельности" Г.П. Щедровицкого понимает деятельность как коллективную, включающую цели, средства, материал, нормы деятельности и разделение позиций участников, что предполагает коммуникацию между ними» [2].

Прежде всего, деятельность выступает как преобразование одного человека дру-

гим человеком, т.е. опирается на социальную человеческую сторону. «Г.С. Батищев писал о границах деятельностного подхода и о том, что наряду с субъект-объектными отношениями (деятельность) существуют субъект-субъектные отношения (общение), которые не только не могут быть сведены к первым, но являются первичными в отношении человека к миру и другим людям. Г.П. Щедровицкий стал различать деятельность, мышление и коммуникацию [2].

Психологи интересуются как индивидуальной стороной деятельности, так и коллективной. А.Н. Леонтьев изучал коллективный характер деятельности [5]. Он пытался индивидуальный характер деятельности вписать в коллективный, продолжил данную работу В.В. Давыдов. «Коллективная деятельность включает взаимную деятельность и взаимные действия» [2]. Этим она и отличается от индивидуальной.

С.Л. Рубинштейн говорит, что «деятельность понимается, прежде всего, как этическое деяние, то есть как поступок. «Цель деятельности, – подчеркивал Рубинштейн С.Л., – сам субъект, ибо он строит себя в процессе деятельности: меняя нечто во внешней реальности, он изменяет себя» [2].

Сегодня деятельностный подход в образовании актуален, что прописано в нормативных документах. Именно придерживаясь этого подхода, следует формировать базовые логические действия.

К проблеме формирования логических действий обучающихся обращались специалисты в области логики и философии.

В.Ф. Асмус, А.Д. Гетманова, А.В. Жукоцкая, А.А. Ивин, Н.С. Кожеурова пишут о понятиях логики, основных логических операций, формах логического мышления и законах логики. В работах А.П. Бойко можно найти примеры головоломок, ошибочных доказательств, заданий по аналогии, правильного решения задач, с использованием индукции и дедукции, а также правильно заданных вопросов [6]. Д.А. Гусев выделяет четыре метода установления причинных связей: метод единственного сходства, метод единственного различия, метод сопутствующих изменений, метод остатков [7].

По мнению психологов Ж. Пиаже, П.П. Блонского, В.В. Петухова, способность обучающихся к логическому мышлению появляется в V классе: процесс формирования мышления завершен, появляется способность мыслить дедуктивно, теоретически, формируется система логических высказываний [8–10]. М.В. Ермолова отмечает, что обучающийся становится спо-

собен самостоятельно творчески мыслить, проводить логические операции, делать выводы и обобщать [11]. О.А. Карабанова выделяет два вида опыта: физический и логико-математический. Второй нужно формировать постепенно, что должно отражаться в обучении [12]. Л.С. Выготский, Ж. Пиаже говорят о двигательной природе мышления [13, 8], о практических действиях. В исследованиях С.Л. Рубинштейна рекомендуется применять методы переформулирования, подсказки и метод вспомогательной задачи [14].

К проблеме сформированности базовых логических действий у обучающихся в отечественной педагогической науке обращались многие научные исследователи. Именно этим работам уделено особое внимание. Методисты Е.Е. Вяземский, О.Ю. Стрелова выделяют общеучебные умения, которые необходимы для овладения любым предметом, и специальные, конкретные умения, необходимые для изучения истории, частью которых являются логические умения [15]. М.Т. Студеникин и М.В. Короткова включают логические умения в учебно-интеллектуальные [16]. В.В. Баранов, давая классификацию основным умениям, необходимым обучающимся, выделяет по дидактическим целям мыслительные (интеллектуальные) умения, которые, по мнению методиста, играют ведущую роль в развитии обучающихся [17]. А.Т. Стырин отмечает, что для выявления сущности понятий, процессов, явлений необходимы простые мыслительные операции: анализ, синтез и т.п., которые лежат в основе складывания исторического мышления [18]. Н.И. Запорожец констатирует, что за любыми учебными действиями стоят базовые логические действия; если их не формировать, то обучающимся будет трудно систематизировать в голове большой поток новой информации [19]. И.Я. Лернер обращает внимание, что «операционная сторона обучения истории, мышления в рамках содержания темы не сводится только к логике, к обобщенным действиям анализа, синтеза и т.д., а включает работу с историческим материалом, требующим применения идей материалистического понимания истории, реализации принципов теории познания, методов исторического познания, диалектической логики и т.д.» [20]. Методист ставит вопрос о том, что самое тяжелое, но необходимое в работе учителя не просто научить основным логическим операциям, но и тому, чтобы обучающийся видел причинно-следственные связи событий.

Н.И. Запорожец, И.Я. Лернер, Е.Н. Кабанова-Меллер, Л.Н. Алексашкина, Е.Е. Вязем-

ский, О.Ю. Стрелова пишут, что формирование разного рода умений должно происходить постепенно, системно. П.В. Гора, описывая приемы познавательной деятельности, установил необходимость сочетания проблемности обучения с планомерным формированием у школьников приемов учебной деятельности и интеллектуальных умений [21].

Л.Н. Алексашкина делает акцент на достижении планируемых результатов по истории, приводя примеры обучающих и контрольных заданий. В примерных заданиях указываются планируемый результат и умения, которые можно будет сформировать у обучающихся (в том числе и логические) [22].

Многие методисты пишут о необходимости использования познавательных заданий при формировании базовых логических действий. М.Т. Студеникин и М.В. Короткова отмечают, что познавательные задания – это определенные учебные условия, которые требуют от ученика активизации всех познавательных процессов: мышления, воображения, памяти, внимания и т.д. [16]. Их делят на образные, логические и оценочные. Е.Е. Вяземский и О.Ю. Стрелова отмечают, что логические задания помогают обучающимся научиться видеть и обосновывать причинно-следственные связи, выводы, делать оценочные суждения. Выделяют логические задания с информативным условием и без [15]. Н.И. Запорожец отмечает важность логических схем при формировании всех базовых логических действий [19]. Опорные сигналы В.Ф. Шаталова и С.Д. Шевченко, интеллект-карты Т. Бьюзена, таблицы помогают визуализировать ситуацию и сформировать умения анализировать, синтезировать, классифицировать. О.И. Бахтина, Г.И. Годер, Г.М. Донской в своих сборниках рекомендуют давать обучающимся проблемные задания (усложняя их по мере взросления), направленные на умение анализировать, обобщать, формулировать выводы, выявлять общее и различное и т.п. О.И. Бахтина делает упор на возможности самостоятельного формулирования вопросов обучающимися для анализа и обобщения изученного материала по одному или нескольким источникам [23]. И.Я. Лернер описывает различные виды проблемно-содержательных познавательных заданий по формированию базовых логических действий [20]. С.С. Контурова, А.П. Данилов отмечают, что благодаря методу Brainstorming ученик учится анализировать, синтезировать, применять методы дедукции и индукции, доказывать свою точку зрения, критически мыслить, выслушивать мнения окружающих [24].

Приемы, методы и технологии по формированию базовых логических действий

Базовые логические действия	Приемы, методы и технологии по формированию базовых логических действий
Выявлять и характеризовать существенные признаки объектов	Кластер, Аналитическое описание, кроссенс, прием «одень куклу», метод «635»
Устанавливать существенный признак классификации, основания для обобщения и сравнения, критерии проводимого анализа	Метод единственного сходства, метод единственного различия, прием «вертушка»
С учетом предложенной задачи выявлять закономерности и противоречия в рассматриваемых фактах, данных и наблюдениях.	Прием «Четвертый лишний», действие по образцу
Предлагать критерии для выявления закономерностей и противоречий	Челночный метод, метод Brainstroming, создание таблицы
Выявлять дефициты информации, данных, необходимых для решения поставленной задачи	Прием фиксации информации источников, прием «Машина времени», аквариум, BarCamp, шесть шляп, историческое расследование
Выявлять причинно-следственные связи при изучении явлений и процессов	Прием сопоставления анализа текста, логический вопрос, создание схемы, заполнение таблицы, Формула ПОПС, метод сопутствующих изменений, прием «хорошо – плохо».
Делать выводы с использованием дедуктивных и индуктивных умозаключений, умозаключений по аналогии, формулировать гипотезы о взаимосвязях	Историческая оценка, метод погружения
Самостоятельно выбирать способ решения учебной задачи	Сообщение, рассказ, дискуссия / дебаты, проект, кейс-метод, метод инцидента, игра, прием «разбор завалов», Баскет-метод, урок-суд

А.Н. Иоффе выделяет дискуссию как приём, позволяющий в процессе непосредственного общения путём логических доводов воздействовать на мнения, позиции и установки участников дискуссии [25]. По мнению О.А. Донской, технология кластер позволяет стимулировать интеллектуальное развитие обучающихся [26]. С. Федин, В. Бусленко выделяют технологию кроссенс, которая может применяться при установлении существенных признаков, классификации, причинно-следственных связей и т.п. [27]. По мнению Л.Н. Алексашкиной, особого внимания заслуживают задания с цепочкой вопросов, которые предполагают поэтапное изучение материала [28]. Вопросы могут обновляться, могут создаваться обучающимися самостоятельно, что приводит к формированию базовых логических действий.

Обзор педагогического опыта формирования базовых логических действий у обучающихся основной школы при изучении истории позволил выявить и обобщить различные приемы, используемые учителями-практиками. Это показано в таблице.

**Заключение**

В образовании всегда одним из основных видов умений, которыми должны были овладеть обучающиеся, были базовые логические действия. Формирование и развитие базовых логических действий на уроках

истории начинается с V класса, что отвечает познавательным возможностям обучающихся этого возраста. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования указывает на необходимость формирования базовых логических действий обучающихся, используя системно-деятельностный подход. В стандарте третьего поколения дается перечень действий, которые относятся к базовым логическим. Все базовые логические действия могут формироваться на уроках истории. Обобщенный педагогический опыт позволил перечислить технологии приемы и методы формирования базовых логических операций, представленные в литературе.

**Список литературы**

1. Фундаментальное ядро содержания общего образования. [Электронный ресурс]. URL: [http://school57.tgl.ru/sp/pic/File/FGOS\\_/Fundament\\_yadro.pdf](http://school57.tgl.ru/sp/pic/File/FGOS_/Fundament_yadro.pdf) (дата обращения: 22.11.2021).
2. Лекторский В.А. О теориях деятельности: диалог о том, чем они богаты и чего в них недостает // Человек и культура. Избранные статьи. СПб.: СПбГУП, 2018. С. 165–189.
3. Леонтьев А. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Книга по Требованию, 2012. 130 с.
4. Лобастов Г.В., Ильенков Э.В. Философия и педагогика // Вопросы философии. 2015. № 3. С. 83–92.
5. Лекторский В.А. Деятельностный подход: смерть или возрождение? / Человек и культура. Избранные статьи. СПб., 2018. С. 148–165.

6. Бойко А.П., Сквиков А.К. Практикум по логике / Под ред. В.В. Журавлева. 2-е изд. М.: Изд-во Моск. гуманит. ун-та, 2006. 136 с.
7. Гусев Д.А. Удивительная логика. М.: Энас-книга, 2013. 238 с.
8. Пиаже Ж. Главные черты логики ребенка // Общая психология. Тексты: В 3 т. Т. 3: Субъект познания. Книга 1. М.: Когито-Центр, 2013. С. 133–154.
9. Блонский П. Память и мышление. М.: Ленанд, 2018. 2008 с.
10. Петухов В.В. Общее представление о развитии личности / Общая психология. Тексты: В 3 т. Т. 1: Введение. Книга 3. М.: Когито-Центр, 2013. С. 156–161.
11. Ермолаева М.В. Психология развития. 2-е изд. М.: Московский психолого-социальный институт, НПО МО-ДЭК, 2003. 376 с.
12. Карбанова О.А. Возрастная психология. М.: Айрис-пресс, 2005. 238 с.
13. Выготский Л.С. Вопросы детской психологии. М.: Юрайт, 2018. 160 с.
14. Рубинштейн М.М. История педагогических идей в ее основных чертах // Историко-педагогический журнал. 2013. № 2. С. 28–34.
15. Вяземский Е.Е., Стрелова О.Ю. Педагогические подходы к реализации концепции единого учебника истории. М.: Просвещение, 2015. 77 с.
16. Короткова М.В., Студеникин М.Т. Методика обучения истории в схемах, таблицах, описаниях. М.: ВЛАДОС, 1999. 191 с.
17. Барабанов В.В., Лазукова Н.Н. Методика обучения истории. М.: Академия, 2014. 428 с.
18. Стырин А.Т. Обучение истории в школе. В 2 ч. Ч. 1. М.: Персей-Сервис, 2016. 327 с.
19. Запорожец Н.И. Развитие умений и навыков учащихся в процессе преподавания истории (IV–VIII классы). М.: Просвещение, 1978. 144 с.
20. Лернер И.Я. Развитие мышления учащихся в процессе обучения истории. М.: Просвещение, 1982. 191 с.
21. Гора П.В. Повышение эффективности обучения истории в средней школе. М.: Просвещение, 1988. 208 с.
22. Алексашкина Л.Н. История. Планируемые результаты. Система заданий 5–9 классы. 2-е изд. М.: Просвещение, 2017. 128 с.
23. Бахтина О.И. Задания для самостоятельной работы по истории древнего мира. М.: Просвещение, 1988. 93 с.
24. Контурова С.С., Данилов А.П. Метод мозгового штурма // Научный альманах. 2016. № 9–1. С. 67–70.
25. Иоффе А.Н. Развитие коммуникативной культуры учащихся в общественных дисциплинах: способы организации дискуссий на занятиях // Преподавание истории в школе. 2019. № 2. С. 37–44.
26. Донская О.А. Развивающие возможности дидактической разработки «История в кармане» // Преподавание истории в школе. 2018. № 2. С. 47–53.
27. Бусленко В.Н., Федин С.Н. Кроссенс – игра для эрудитов // Наука и жизнь. 2002. № 12. С. 9.
28. Алексашкина Л.Н. Преподавание истории в школе: от педагогического проекта к практике. М.: Русское слово, 2018. 272 с.

УДК 796.323:37.037

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ БРОСКОВ БАСКЕТБОЛИСТАМИ 15–16 ЛЕТ В УСЛОВИЯХ ШКОЛЬНОЙ СЕКЦИИ БАСКЕТБОЛА

Смородинова Р.В.

*ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола,  
e-mail: rimmasmorodina@mail.ru*

В статье дается обоснование необходимости физкультурно-спортивной деятельности в старшем школьном возрасте. Рассмотрен потенциал школьной секции баскетбола в контексте физического воспитания школьников, польза занятий баскетболом для сохранения здоровья и оптимизации физического развития старшеклассников. Продемонстрированы особенности актуального развития баскетбола как вида спорта и роли бросков в баскетболе. Затронуты вопросы техники выполнения бросков на разные дистанции. Обобщен педагогический опыт, накопленный в нашей стране по вопросам обучения баскетболу и развития техники бросков в баскетболе. Приведено краткое описание обновленной методики тренировки выполнения бросков баскетболистов 15–16 лет. Дано описание эмпирического исследования совершенствования техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола. В статье представлены результаты экспериментальной апробации обновленной методики тренировки техники бросков баскетболистов 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола. При помощи математической обработки результатов педагогического эксперимента доказана эффективность совершенствованной методики тренировки техники бросков баскетболистов 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола. Сформулированы рекомендации по совершенствованию техники бросков юных баскетболистов 15–16 лет в школьной баскетбольной секции.

**Ключевые слова:** баскетбол, броски в баскетболе, техника выполнения бросков, школьная секция баскетбола, старшеклассники

## IMPROVING THE TECHNIQUE OF MAKING THROWS BY BASKETBALL PLAYERS AGED 15–16 IN THE CONDITIONS OF THE SCHOOL BASKETBALL SECTION

Smorodina R.V.

*Mari State University, Ioshkar-Ola, e-mail: rimmasmorodina@mail.ru*

The article substantiates the necessity of physical culture and sports activities in high school age. The potential of the school basketball section in the context of physical education of schoolchildren, the benefits of basketball lessons for the preservation of health and optimization of physical development of high school students are considered. The features of the actual development of basketball as a sport and the role of shots in basketball are demonstrated. The issues of the technique of making throws at different distances are touched upon. The pedagogical experience accumulated in our country on the issues of basketball training and the development of throwing techniques in basketball is summarized. A brief description of the updated method of training the execution of throws of basketball players aged 15–16 is given. The description of an empirical study of improving the technique of making throws by basketball players aged 15–16 in the conditions of the school basketball section is given. The article presents the results of experimental testing of the updated technique of training the technique of throws of basketball players aged 15–16 years in the conditions of the school basketball section. With the help of mathematical processing of the results of the pedagogical experiment, the effectiveness of the improved technique of training the technique of throws of basketball players aged 15–16 years in the conditions of the school basketball section is proved. Recommendations for improving the technique of throws of young basketball players aged 15–16 in the school basketball section are formulated.

**Keywords:** basketball, basketball shots, shooting technique, school basketball section, high school students

Актуальность вопросов совершенствования техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола обусловлена тем, что занятия в школьных спортивных секциях, среди которых одними из самых популярных являются секции баскетбола, являются значимым фактором физического воспитания школьников, обеспечения необходимого уровня их двигательной активности, развития их физических качеств, формирования привычки к здоровому образу жизни, сохранения

и укрепления их здоровья. Совершенствование техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола является наиболее значимым фактором результативности занятий учащимися в школьной секции баскетбола.

Как указывает В.Ю. Карлагина, занятия школьников в секции баскетбола способствуют:

– укреплению здоровья школьников и повышению функциональных возможностей их организма;

- развитию всего спектра основных физических качеств школьников – их быстроты, силы, выносливости, ловкости и гибкости;

- обогащению двигательного опыта школьников и формированию у них культуры движений;

- расширению знаний учащихся в области физической культуры и спорта, их роли в сохранении здоровья и здоровом образе жизни;

- формированию у школьников знаний, умений и навыков в организации физкультурно-спортивной деятельности, самостоятельных физкультурно-спортивных занятий;

- формированию положительных личностных качеств – целеустремленности, дисциплинированности, стрессоустойчивости, взаимопомощи, чувства коллективизма и т.п. [1].

В работах А.Р. Бадамшиной подчеркивается, что баскетбол как вид спорта способствует формированию устойчивости к эмоциональным и физическим нагрузкам, развитию координационных способностей и способностей, связанных с ориентацией в пространстве, уважения к противнику, командной сплоченности и желания развиваться в данном виде спорта [2].

Баскетбол как вид спорта известен уже более 100 лет и все еще не теряет своей популярности. В силу постоянного роста популярности баскетбола во всем мире постепенно совершенствуются его правила, меняется стиль игры. В.Г. Никитушкин отмечает, что для современного баскетбола как игрового вида спорта характерны тенденции эволюции правил игры, требования к ростовым показателям и возрасту игроков, наличие изменений в технике и тактике игры, а также совершенствование физической и функциональной подготовки баскетболистов [3, с. 41].

Ряд авторов, таких как В.Г. Никитушкин, А.Е. Бояркина [4], О.Н. Сусова [5], сходятся во мнении о том, что характеристиками современного баскетбола как вида спорта являются такие, как:

- высокая динамичность игры;
- повышение темпа выполнения игровых действий;

- уменьшение времени на реализацию тактических схем игры;

- повышение значимости быстрого прорыва и т.п.

Все эти тенденции в развитии баскетбола, на фоне большой спортивной конкуренции в данном виде спорта, привели к необходимости совершенствования подготовки баскетболистов, прежде всего – их технической подготовки [6].

На современном этапе развития школьного баскетбола присутствует противоречие между большой социальной и педагогической значимостью занятий обучающихся в школьных спортивных секциях, в том числе – в секции баскетбола, и недостаточным вниманием при организации учебно-тренировочного процесса в школьных секциях баскетбола к наиболее современным, актуальным тенденциям в развитии данного вида спорта. Решение данной проблемы может быть найдено в рамках совершенствования техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола в контексте учета современных тенденций в развитии баскетбола, где за счет повышения динамичности и темпа игры возрастает роль бросков со средней и длинной дистанции.

В связи с этим была поставлена цель исследования – совершенствование техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола.

#### Материалы и методы исследования

В первую очередь следует отметить, что основу техники баскетбола составляют различные виды бросков, выполняемые с коротких, средних и длинных дистанций. При этом, как показано в ряде исследований в области современного баскетбола, в последние годы все большую значимость приобретают броски, выполняемые с со средних и длинных дистанций [7; 8].

Как утверждает А.Е. Бояркина, совершенствование технической подготовки юных баскетболистов должно основываться на обучении их выполнению различных бросков, совершенствовании выполнения игровых технических действий в различных сочетаниях, что позволит варьировать технику игры в зависимости от изменения условий на площадке. При этом важно обеспечить методически грамотный процесс обучения юных баскетболистов выполнению различных видов бросков.

На основе работ А.Е. Бояркиной, О.Н. Сусовой, И.В. Аскарина, С.В. Кожевниковой, Д.А. Красителя [9] и др. была разработана обновленная методика улучшения техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола. Данная методика была ориентирована на решение практических задач по улучшению и совершенствованию техники выполнения бросков с различных дистанций баскетболистами 15–16 лет, повышению результативности выполняемых юными баскетболистами бросков с различных дистанций и коррекции типичных, наи-

более часто допускаемых basketболистами, участвующими в эксперименте, технических ошибок.

Затрагивая вопрос об этапе обучения юных basketболистов в секции basketбола, в контексте проводимого исследования нельзя не отметить, что занятия в школьной секции basketбола имеют менее четкое разделение на этапы, в частности в том случае, когда речь идет об этапах углубленного разучивания и совершенствования: в отличие от спортивной секции basketбола, состав школьной секции не стабилен: некоторые учащиеся уходят из секции на любом этапе, на их смену приходят другие – не всегда с достаточно высоким уровнем подготовленности, что обуславливает неоднородный состав секции по уровню технической подготовленности игроков. Кроме того, занятия в школьной секции учащиеся могут посещать не регулярно в силу особенностей здоровья, изменения учебных нагрузок и ряда других, как правило – субъективных факторов. Еще более усугубили ситуацию ограничения, введенные в связи с пандемией COVID-19, что привело к нарушению режима тренировок, нерегулярной работе секции (за счет ограничения доступа в школу) и, как следствие, к некоторому «откату» в технике выполнения бросков с различных дистанций.

Цель разработки обновленной методики улучшения техники выполнения бросков с различных дистанций – повышение результативности выполнения basketболистами 15–16 лет бросков с близкой, средней и дальней дистанции за счет коррекции допускаемых ими технических ошибок при выполнении бросков.

Базой для разработки и апробации обновленной методики улучшения техники выполнения бросков basketболистами 15–16 лет в условиях школьной секции basketбола стало соблюдение таких педагогических условий, как:

- учет в планировании тренировочных занятий и выборе средств и методов технической подготовки basketболистов 15–16 лет (в том числе в рамках отработки техники бросков с различных дистанций) основных факторов, влияющих на выполнение бросков;

- организация технической подготовки basketболистов с использованием моделирования игровых ситуаций, лимитирующих точность выполнения бросков с различных дистанций;

- распределение упражнений на улучшение техники и результативности выполнения бросков в соответствии с особенностями тренировочных циклов.

В содержание обновленной методики улучшения техники выполнения бросков basketболистами 15–16 лет в условиях школьной секции basketбола были включены разнообразные упражнения на точность бросков, выполняемых с различных дистанций, на развитие способности к переключению внимания при выполнении бросков с различных дистанций, а также упражнения, целью которых было закрепление техники выполнения бросков на различные дистанции. К сожалению, жесткие требования к ограничению объема статьи не дают возможности детального описания упражнений, примененных в рамках обновленной методики улучшения техники бросков с различных дистанций.

Важно уточнить, что в обсуждении техники выполнения бросков с различных дистанций речь идет о выполнении бросков с близких дистанций (до 3 метров), средних дистанций (от 3 до 6 метров) и дальних дистанций (от 6,25 метра и более).

В рамках обновленной методики улучшения техники выполнения бросков с различных дистанций вопрос улучшения техники рассматривался с двух позиций:

- как снижение количества допускаемых игроками технических ошибок при выполнении бросков с различных дистанций;

- как улучшение результативности выполнения бросков с различных дистанций в виде увеличения количества попаданий мячом в кольцо.

Механизм исправления технических ошибок в рамках данной методики предполагает следующую последовательность действий:

- выявление наличия и характера наиболее типичных для группы в целом и для отдельных игроков в частности технических ошибок в выполнении бросков с различных дистанций;

- включение в планирование учебно-тренировочных занятий в школьной секции basketбола отдельных блоков, направленных на коррекцию типичных технических ошибок;

- формулирование индивидуальных рекомендаций игрокам по работе над типичными для них лично техническими ошибками.

Работа над исправлением технических ошибок велась в экспериментальной группе на каждом учебно-тренировочном занятии, в основной части тренировки. В течение не менее чем 20 минут (при необходимости – и более) велась работа по исправлению того или иного вида ошибок. Работа начиналась с объяснения тренера и показа правильной техники выполнения броска, продолжалась в виде отработки правиль-

ного выполнения технического элемента с проговариванием, под контролем тренера, затем – без проговаривания, потом – без контроля тренера. С одной стороны, такой подход типичен для более ранних этапов обучения технике баскетбола (этапов разучивания), но, с другой стороны, он помогает целенаправленно сконцентрировать внимание игроков на конкретных ошибках, что значительно снижает время на их исправление. Это особенно актуально в условиях пандемии COVID-19, когда снижение частоты тренировок, ограничение доступа к тренировочным площадкам приводит к ухудшению результативности выполнения игроками бросков с различных дистанций и повышению вероятности их травматизма за счет допускаемых технических ошибок.

Инновационной составляющей обновленной методики улучшения техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола стало использование методов:

- выполнения упражнений на улучшение техники выполнения бросков с различных дистанций в усложненных условиях, где от игрока требовалось принятие верного решения о выборе наиболее оптимальной техники выполнения броска;

- введения в тренировочные упражнения по отработке техники выполнения бросков на различных дистанции условного противника, оказывающего сопротивление различной интенсивности.

Для достижения эффективности применения обновленной методики улучшения техники выполнения бросков с различных дистанций броски выполнялись мелкими сериями при поддержании высокой интенсивности тренировок, на которых преимущество отдавалось нагрузкам специфического характера.

Для апробации разработанной методики развития техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола и эмпирической оценки ее эффективности был организован и проведен на базе секции баскетбола МАОУ «Гимназия № 26 имени А. Мальро» г. Йошкар-Олы педагогический эксперимент, продолжавшийся в течение 6 месяцев, с октября 2020 по март 2021 года. В эксперименте приняли две группы учащихся 15–16 лет, занимающихся в школьной секции баскетбола. В экспериментальной группе было 10 человек, и в контрольной группе было 10 человек.

На констатирующем этапе педагогического эксперимента был изучен исходный уровень владения техникой выполнения различных видов бросков баскетболистами 15–16 лет и в контрольной, и в эксперимен-

тальной группах. На формирующем этапе педагогического эксперимента в экспериментальной группе баскетболистов была апробирована разработанная обновленная методика улучшения техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола. На контрольном этапе педагогического эксперимента и в экспериментальной, и в контрольной группах были получены данные об итоговом уровне владения техникой выполнения различных видов бросков баскетболистами 15–16 лет.

Для получения точных количественных данных об уровне владения техникой выполнения различных видов бросков баскетболистами 15–16 лет в педагогическом эксперименте был использован метод стандартизированного наблюдения, предложенный Е.К. Соловьевым [10]. Данный метод основан на учете конкретных технических ошибок (автором выделено 8 типов подобных ошибок), допускаемых баскетболистами при выполнении бросков с различных дистанций. При использовании данного метода на баскетбольной площадке было размечено 8 точек на разных дистанциях (5–6–8 м), с каждой из которых баскетболист совершает по 5 бросков (в общей сложности – 40 бросков).

Результаты исследования и их обсуждение. На основе проведения педагогического эксперимента, направленного на апробацию методики развития техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола и оценку ее эффективности, показана положительная динамика развития техники выполнения бросков членами экспериментальной группы баскетболистов, на которой была апробирована разработанная методика. В начале педагогического эксперимента, в соответствии с данными стандартизированного наблюдения по методу Е.К. Соловьева, и в экспериментальной, и в контрольной группах были выявлены технические ошибки, связанные с неправильным держанием мяча в целом, с расположением второй руки на мяче в подготовительной фазе выполнения броска, с излишним наклоном корпуса в любую сторону при выполнении броска, с работой ног при выполнении броска, с выполнением броска толчком пальцев, с неправильным завершением броска, не синхронизированной работой рук и ног при выполнении броска и с отсутствием сопровождающего движения бросковой руки.

В начале исследования и в экспериментальной, и в контрольной группе среднее значение количества допускаемых ошибок составило 40 %.

**Таблица 1**

Процент технических ошибок (по типам), допускаемых баскетболистами экспериментальной и контрольной групп на контрольном этапе педагогического эксперимента

Технические ошибки в выполнении бросков	Экспериментальная группа, %	Контрольная группа, %
Неправильное держание мяча в целом	0	30
Ошибки в расположении второй руки на мяче в подготовительной фазе выполнения броска	30	40
Излишний наклон корпуса в любую сторону	20	30
Ошибки в работе ног при выполнении броска	10	50
Выполнение броска толчком пальцев	20	20
Неправильное завершение броска	10	40
Отсутствие сопровождающего движения бросковой руки	20	30
Несинхронная работа рук и ног во время выполнения броска	30	30

Средняя результативность выполнения бросков с различных дистанций и в экспериментальной, и в контрольной группе в начале педагогического эксперимента составляла 10 из 40 бросков, выполненных с различных дистанций, то есть 25%. Данный факт объясняется тем, что в связи с пандемией COVID-19 тренировочный процесс был нарушен, и к моменту начала исследования учащиеся, занимающиеся в школьной секции баскетбола, в течение практически полугода не имели возможности нормально (регулярно, полноценно) заниматься баскетболом.

На формирующем этапе педагогического эксперимента в экспериментальной группе баскетболистов была апробирована обновленная методика улучшения техники выполнения бросков с различных дистанций, в то время как контрольная группа занималась по традиционной методике.

На заключительном, контрольном, этапе педагогического эксперимента и в экспериментальной, и в контрольной группах произошло снижение процента допускаемых ошибок, но в экспериментальной группе это снижение более выражено. Это показано в табл. 1.

Как показывают данные табл. 1, в результате экспериментальной апробации методики развития техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола, в экспериментальной группе количество допускаемых баскетболистами технических ошибок при выполнении бросков с различных дистанций стало значительно ниже, чем в контрольной группе. В частности, средний процент допускаемых игроками технических ошибок в экспериментальной группе снизился до 18%, а в контрольной группе – до 34%.

Значительное снижение количества допускаемых игроками из экспериментальной

группы технических ошибок при выполнении бросков с различных дистанций было достигнуто за счет:

- внедрения в содержание учебно-тренировочных занятий специализированных блоков, в рамках которых происходила целенаправленная работа над коррекцией того или иного вида технических ошибок;

- использования на занятиях элементов из более ранних этапов подготовки, для большей концентрации внимания на выполнении того или иного технического элемента;

- применения на учебно-тренировочных занятиях широкого спектра тренировочных упражнений на улучшение техники выполнения бросков с различных дистанций (в общей сложности – порядка 60 различных упражнений, выполняемых индивидуально, в парах и в группах);

- проведения упражнений на коррекцию допускаемых игроками технических ошибок, также и в усложненных условиях сопротивления противника.

Анализируя данные табл. 1, можно отметить, что в результате апробации методики улучшения техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола у баскетболистов из экспериментальной группы был полностью решен вопрос с коррекцией технических ошибок, связанных с неправильным держанием мяча во время выполнения бросков с различных дистанций. Кроме того, произошло значительное снижение количества технических ошибок при выполнении бросков с различных дистанций, касающихся работы ног при выполнении бросков и завершения броска. В меньшей мере позитивные изменения коснулись количества ошибок в расположении второй руки на мяче в подготовительной фазе выполнения броска, излишнего наклона корпуса при выполнении бросков и отсутствия сопровождающего движения бросковой

рукой. Минимальные различия между экспериментальной и контрольной группой были получены по показателям выполнения броска толчком пальцев и несинхронной работы рук и ног во время выполнения броска. Данные факты позволили определить наиболее слабые стороны разработанной методики развития техники выполнения бросков basketболистами 15–16 лет в условиях школьной секции basketбола и перейти к разработке педагогических мероприятий, включающих в себя средства и методы целенаправленной коррекции конкретных видов технических ошибок при выполнении basketболистами бросков с различных дистанций. Данные мероприятия будут разрабатываться и внедряться в практику работы школьной секции basketбола на последующих этапах учебно-тренировочного процесса.

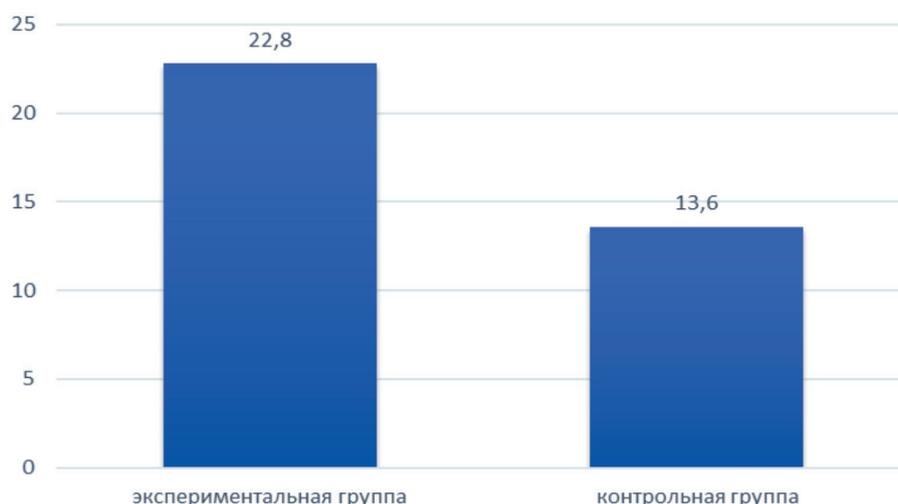
Изучение результативности выполнения бросков с различных дистанций basketболистами из экспериментальной и контрольной групп также указало на преимущество экспериментальной группы, в которой была апробирована методика развития техники выполнения бросков basketболистами 15–16 лет в условиях школьной секции basketбола. Это видно на рисунке.

Как видно из рисунка, в результате апробации методики развития техники выпол-

нения бросков basketболистами 15–16 лет в условиях школьной секции basketбола, в экспериментальной группе заметно повысилась результативность выполнения бросков с различных дистанций.

Достоверность позитивного изменения показателей техники выполнения бросков с различных дистанций basketболистами из экспериментальной группы была доказана применением статистического сравнения результатов констатирующего и контрольного этапов педагогического эксперимента по Т-критерию Вилкоксона. Это показано в табл. 2.

Как видно из табл. 2, значения, характеризующие улучшение показателей числа технических ошибок и результативности выполнения бросков с различных дистанций, находятся в зоне значимости, что говорит о статистической достоверности улучшения показателей. Значения Т-критерия Вилкоксона, полученные в контрольной группе, находятся в зоне незначимости и зоне неопределенности, что указывает на недостаточную статистическую достоверность улучшения показателей. Это еще раз подтвердило эффективность разработанной методики улучшения техники выполнения бросков basketболистами 15–16 лет в условиях школьной секции basketбола.



*Результативность выполнения бросков с различных дистанций basketболистами из экспериментальной и контрольной групп на контрольном этапе педагогического эксперимента*

**Таблица 2**

Результаты статистического сравнения по Т-критерию Вилкоксона

Группа	Снижение числа технических ошибок	Рост результативности
Экспериментальная	1 – зона значимости	1 – зона значимости
Контрольная	5 – зона незначимости	3 – зона неопределенности

### Выводы

Как показало проведенное изучение вопроса о совершенствовании техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола:

– занятия учащихся в школьных спортивных секциях, в том числе – в секции баскетбола, являются важной составляющей их физического воспитания за счет обеспечения уровня двигательной активности, необходимого для нормального физического развития, поддержания и сохранения здоровья;

– изменения в баскетболе и усиление конкуренции в данном виде спорта требуют совершенствования технической подготовки баскетболистов, и прежде всего это касается совершенствования техники выполнения бросков;

– в рамках практического изучения вопроса о совершенствовании техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола была разработана и экспериментально апробирована обновленная методика улучшения техники выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола;

– значительный рост техники выполнения бросков баскетболистами из экспериментальной группы, выражающийся в повышении результативности бросков (на 56% в экспериментальной группе и на 26% в контрольной группе) и значительном уменьшении количества допускаемых игроками технических ошибок (в экспериментальной группе процент допускаемых технических ошибок снизился с 40 до 18%, а в контрольной группе – с 40 до 34%) после апробации разработанной методики улучшения техни-

ки выполнения бросков баскетболистами 15–16 лет в условиях школьной секции баскетбола, свидетельствует об эффективности данной методики.

### Список литературы

1. Карлагина В.Ю., Карась Т.Ю. Современные технологии проведения уроков по баскетболу в общеобразовательной школе // Физическая культура и спорт в современном мире: проблемы и решения. 2015. № 1. С. 66–72.
2. Бадамшина А.Р. Влияние инновационных методов обучения на техническую подготовку баскетболистов старшего школьного возраста // Компетентностный подход: инновационная практика образовательных организаций в реализации ФГОС. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции / Под ред. М.А. Сморгуневой, С.Л. Коротковой. 2016. С. 298–299.
3. Никитушкин В.Г., Сулов Ф.П. Спорт высших достижений: теория и методика. М.: Спорт, 2018. 320 с.
4. Бояркина А.Е. К вопросу о технической подготовке баскетболистов // Вопросы педагогики. 2020. № 12–1. С. 48–49.
5. Сусова О.Н. Требования к современным броскам и методика начального обучения баскетболу // Молодой ученый. 2015. № 20 (100) С. 190–193.
6. Аксарин И.В. Особенности технической подготовки юных баскетболистов // Синтез науки и общества в решении глобальных проблем современности: сборник статей международной научно-практической конференции. 2017. С. 82–86.
7. Кожевникова С.В. Техника и методика обучения броскам в баскетболе // В сб.: Воспитание и обучение: теория, методика и практика. III Международная научно-практическая конференция. 2015. С. 331–335.
8. Щекотихин М.П. Анализ тактики броска в баскетболе и ее влияния на результативность атакующих действий студентов-баскетболистов // Наука-2020. 2017. № 2(13). С. 129–132.
9. Красителей Д.А. Повышение помехоустойчивости при штрафных бросках в баскетболе // Альманах молодой науки 2013 № 2. С. 40–43.
10. Соловьев Е.В. Метод оценивания владения техническими приемами баскетбола // Студент и наука (гуманитарный цикл) 2017. Материалы международной студенческой научно-практической конференции. 2017. С. 586–588.

УДК 371.13

## АКТУАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ

**Стерхова Н.С., Милованова Л.А., Разливинских И.Н.**

*ФГБОУ ВО «Шадринский государственный педагогический университет»,  
Шадринск, e-mail: Razlivinskikh@yandex.ru*

В статье обоснована необходимость актуализации потенциала продуктивных форм организации исследовательской деятельности будущих учителей начальных классов. Причины данного обстоятельства заключаются, с одной стороны, в социальном заказе государства на подготовку специалистов, готовых осуществлять профессиональную деятельность в постоянно меняющихся условиях, с другой – в требованиях федерального государственного стандарта, заявленных в компетенциях, овладение которыми будущим учителям начальных классов необходимо для успешного осуществления научно-методической работы. Авторами исследован потенциал двух видов семинара – научно-методического и семинара-практикума. Логика исследования выстраивается в следующих направлениях: 1) анализ ключевых понятий исследования «исследовательская деятельность», «продуктивная деятельность», «семинар»; 2) определение содержания понятий «продуктивная исследовательская деятельность», «научно-методический семинар», «семинар-практикум» с точки зрения авторов; 3) изучение функций научно-методического семинара и семинара-практикума и установление их направленности на развитие соответствующих универсальных и общепрофессиональных компетенций, развиваемых у студентов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.01, профиль «Начальное образование»; 4) выявление потенциала (возможностей) научно-методического семинара и семинара-практикума как продуктивных форм организации исследовательской деятельности будущих учителей начальных классов в развитии универсальных и общепрофессиональных компетенций.

**Ключевые слова:** будущие учителя начальных классов, продуктивная исследовательская деятельность, семинар, научно-методический семинар, семинар-практикум

## ACTUALIZATION OF THE POTENTIAL OF PRODUCTIVE FORMS OF ORGANIZATION OF RESEARCH ACTIVITIES OF FUTURE PRIMARY SCHOOL TEACHERS

**Sterkhova N.S., Milovanova L.A., Razlivinskikh I.N.**

*Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, e-mail: Razlivinskikh@yandex.ru*

The article substantiates the need to actualize the potential of productive forms of organizing research activities of future primary school teachers. The reasons for this circumstance are, on the one hand, in the social order of the state for the training of specialists who are ready to carry out professional activities in constantly changing conditions, on the other hand, in the requirements of the new federal state standard, declared in the competencies, the mastery of which is necessary for future primary school teachers to be successful. implementation of scientific and methodological work. The authors investigated the potential of two types of seminars – scientific and methodological and workshop. The logic of the research is built in the following directions: 1) analysis of the key concepts of the research «research activity», «productive activity», «seminar»; 2) definition of the content of the concepts «productive research activity», «scientific and methodological seminar», «workshop» from the point of view of the authors; 3) studying the functions of a scientific and methodological seminar and a practical seminar and establishing their focus on the development of the corresponding universal and general professional competencies developed in students studying in the training direction 44.03.01, profile «Primary education»; 4) identifying the potential (opportunities) of a scientific and methodological seminar and a workshop as productive forms of organizing research activities of future primary school teachers in the development of universal and general professional competencies.

**Keywords:** future primary school teachers, productive research activities, seminar, scientific and methodological seminar, workshop

В условиях стремительно развивающегося общества, интенсивного потока информации и активной информатизации всех сфер жизни и деятельности человека, а также повышения требований государства к подготовке специалистов для всех уровней образования становится актуальной проблема повышения качества подготовки студентов вузов. В связи с этим встает вопрос об эффективности традиционных форм организации обучения, реализуемых в образовательном процессе вуза в целом, и в ходе подготовки бакалавров по направ-

лению подготовки «Педагогическое образование» в частности.

В актуальном ФГОС ВО для бакалавриата по направлению подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование» заявлен ряд компетенций, которые необходимы будущему учителю начальных классов для успешной реализации научно-методической работы в начальной школе, среди них: 1) *универсальные компетенции*: системное и критическое мышление; разработка и реализация проектов; командная работа и лидерство и др.; 2) *общепрофессиональные компетен-*

ции: правовые и этические основы профессиональной деятельности; научные основы педагогической деятельности и др. [1]. Таким образом, социальный заказ государства на подготовку специалистов, готовых осуществлять профессиональную деятельность в постоянно меняющихся условиях, с одной стороны, и требования федерального государственного стандарта, заявленные в компетенциях, овладение которыми будущим учителям начальных классов необходимо для успешного осуществления научно-методической работы – с другой стороны, обусловили необходимость поиска новых форм организации обучения, реализуемых в ходе подготовки бакалавров по данному направлению.

Исходя из обозначенных содержания социального заказа государства и требований федерального государственного стандарта, мы определили цель исследования – актуализировать потенциал продуктивных форм организации исследовательской деятельности студентов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.01, профиль «Начальное образование».

#### Материалы и методы исследования

Согласно логике исследования, обратимся к анализу ключевых понятий. В нашей работе генеральными дефинициями являются «исследовательская деятельность», «продуктивная деятельность», «семинар» и др. Так, при выборе точки зрения на формулировку понятия «исследовательская деятельность» мы опирались на мнение Н.В. Ипполитовой и Н.С. Стерховой, согласно которому, *исследовательская деятельность* – вид познавательной деятельности человека, характеризующий его осознанную поисковую активность и направленный на удовлетворение интеллектуальных потребностей, в ходе которого с помощью разнообразных методов получают новые знания об окружающей действительности [2].

Далее, опираясь на анализ ряда источников [3; 4], мы представили понимание *продуктивной деятельности* как вида деятельности, результатом которой является вновь созданный конкретный продукт, отражающий либо поисковый уровень овладения данной деятельностью (в данном случае результат обладает субъективной значимостью), либо более высокий – творческий уровень овладения (в данном случае результат обладает объективной значимостью).

Синтезируя содержание приведенных выше понятий, под *продуктивной исследовательской деятельностью студентов* мы понимаем вид осознанной активной познавательной деятельности, в ходе ко-

*торой с помощью разнообразных исследовательских методов студенты создают конкретный продукт, отражающий либо поисковый уровень овладения данной деятельностью, обладающий субъективной значимостью, либо творческий уровень, характеризующийся объективной значимостью.*

Форматом продуктивной исследовательской деятельности студентов, выбранным в рамках нашего исследования, является семинар.

Термин «семинар» (в пер. с лат. *seminarium* – «рассадник» или «теплица») – форма организации обучения, в основе которой лежит дискуссия, спор, обсуждение результатов исследовательской деятельности обучающихся, в котором задействованы и педагоги, и обучающиеся. Отличительной особенностью семинара является использование его как самостоятельной формы организации занятий, не связанных с лекционным курсом [5, с. 1092]. К разновидностям семинара, как формы продуктивной исследовательской деятельности студентов, мы относим: научно-методический семинар, научно-педагогический семинар, семинар-практикум, семинар-тренинг и т.д.

В рамках данной работы мы представим материалы, актуализирующие потенциал двух продуктивных форм организации исследовательской деятельности будущих учителей начальных классов, к которым относим научно-методический семинар и семинар-практикум.

#### Изложение основного материала статьи

Итак, первой из перечисленных выше форм в рамках нашей работы является *научно-методический семинар, который мы представляем как форму организации продуктивной исследовательской деятельности студентов, нацеленную на повышение уровня универсальных и общепрофессиональных компетенций студентов, реализуемую в формате обсуждения и синтеза результатов данной деятельности в конкретный продукт, а также определения перспектив его дальнейшего продвижения.*

Научно-методический семинар выполняет ряд функций, соответствующих развиваемым категориям универсальных (УК) и общепрофессиональных компетенций (ОПК) студентов (табл. 1).

Таким образом, из табл. 1 видно, что каждая из функций научно-методического семинара соответствует развиваемым категориям УК и ОПК студентов, необходимым им в дальнейшем для успешной реализации научно-методической работы в начальной школе.

Таблица 1

Соответствие функций научно-методического семинара (НМС) развиваемым категориям универсальных (УК) и общепрофессиональных компетенций (ОПК) у будущих учителей начальных классов

№	Характеристика функции НМС	Характеристика развиваемых категорий УК и ОПК
1	активизация потенциала исследовательской деятельности (активное использование в ходе научно-методического семинара методов и средств исследовательской деятельности)	УК: системное и критическое мышление ОПК: научные основы педагогической деятельности
2	активизация потенциала продуктивной деятельности (непосредственное включение студентов в процесс создания конкретного продукта исследовательской деятельности, подготовленного с учетом полученной информации: подготовка, тезисов, планов-конспектов, сравнительных таблиц, диаграмм, графиков, кейсов, пакета материалов и документов, презентаций и мн. др.)	УК: системное и критическое мышление УК: разработка и реализация проектов ОПК: научные основы педагогической деятельности УК: командная работа и лидерство
3	информационно-коммуникативная функция, заключающаяся в обмене информацией о различных аспектах проблемы	УК: командная работа и лидерство ОПК: научные основы педагогической деятельности
4	систематизация представлений о заявленной проблеме у будущих учителей начальных классов	УК: системное и критическое мышление УК: разработка и реализация проектов
5	формирование у будущих учителей начальных классов умений демонстрации и продвижения (поиска перспектив использования) созданного продукта исследовательской деятельности	УК: разработка и реализация проектов ОПК: правовые и этические основы профессиональной деятельности, научные основы педагогической деятельности ОПК: научные основы педагогической деятельности

Как продуктивная форма организации исследовательской деятельности научно-методический семинар имеет свою структуру, каждый из блоков которой (либо в совокупности) выполняет указанные выше функции: *1 блок* – предварительная работа – предполагает подготовку студентами сообщений, информационных справок, докладов, рефератов, презентационных материалов и т.д.; *2 блок* – погружение в проблему – ориентирован на обозначение перед студентами конкретной цели мероприятия, организацию исследовательской деятельности, заключающейся в выступлении с докладами и презентациями материалов, составление сравнительных таблиц, подготовку тезисов, планов-конспектов; *3 блок* – приведение полученной информации в систему, подготовка собственной концепции видения обозначенной проблемы; *4 блок* – обсуждение концепций видения обозначенной проблемы, корректировка результатов, полученных на 3-м этапе работы (в 3-м блоке), оформление продукта научно-методического семинара и формулировка перспектив его продвижения.

На примере научно-методического семинара «Современные проекты ранней профессиональной ориентации обучаю-

щихся, реализуемые в системе образования в рамках технологической подготовки обучающихся начальных классов», адресованного будущим учителям начальных классов, охарактеризуем методику организации и проведения данного мероприятия. Итак, на этапе предварительной работы студенты получают тему предстоящего мероприятия и задание – найти, подготовить и оформить подачу информации, раскрывающей различные аспекты проблемы научно-методического семинара. Формат подачи информации студенты выбирают самостоятельно. На данном этапе преподаватель также предлагает студентам выбрать ответственного за организацию, модератора группы (подгруппы), готовящих материал по отдельным аспектам проблемы (в частности, этими аспектами являются проект «Урок «Технологии»; мобильные детские технопарки «Кванториум»; проект ранней профессиональной ориентации обучающихся «Билет в будущее»; система открытых онлайн-уроков «Проектория»).

Второй, третий и четвертый этапы научно-методического семинара реализуются непосредственно в ходе его проведения. Погружая в проблему ранней профориентации школьников, модератор обозначает ее

важность и объясняет, для чего необходимо знание различных аспектов данной проблемы изнутри. Далее он дает установку на активную исследовательскую деятельность в ходе мероприятия и обязательное получение продукта данной деятельности – кейса «Современные проекты ранней профессиональной ориентации обучающихся, реализуемые в системе образования в рамках технологической подготовки обучающихся начальных классов». Требования к структуре и содержанию кейса представляются визуально.

Во время освещения материалов указанных проектов ранней профориентации школьников одной подгруппой студентов ответственный за обмен информацией о проектах размещает её в сервисе обмена, а остальные, получая информацию от докладчиков, составляют сравнительные таблицы, кратко фиксируют в виде основных понятий, положений, схем представляемый материал.

После того как все заявленные проекты освещены, студенты, получив из сервиса обмена необходимую информацию, осуществляют приведение всей полученной в ходе мероприятия информации в систему – готовят собственные концепции видения (в кратком, тезисном виде) проблемы подготовки и реализации современных проектов ранней профессиональной ориентации обучающихся начальных классов: выстраивают соотношение этих проектов, обозначают их достоинства и недостатки, выделяют наиболее эффективные компоненты данных проектов, обозначают перспективы (возможности) применения данных проектов в условиях школ, где студенты проходят практику, и т.д.

Заключительной частью семинара данного вида является обсуждение концепций видения обозначенной проблемы, корректировка результатов, оформление кейса и формулировка перспектив его продвижения. Продвижение материалов кейса возможно во время выступления на научно-практических мероприятиях, подготовки стендовых докладов, публикации статей, участия в конкурсах исследовательских работ, проведения мероприятий по профориентации для младших школьников и их родителей и др.

Таким образом, исследование потенциала НМС как продуктивной формы организации исследовательской деятельности будущих учителей начальных классов позволило выявить следующие возможности: 1) возможность осознания необходимости поиска новых подходов в решении обозначенных проблем; 2) возможность получения опыта продуктивной исследовательской

деятельности и командной работы в ходе ее осуществления; 3) возможность расширения знаний в соответствующих сферах; 4) возможность определения перспектив использования полученных материалов в дальнейшем; 5) возможность приобретения опыта участия и проведения подобного рода мероприятий, необходимого для дальнейшей профессиональной деятельности; 6) возможность повышения уровня профессионального мастерства и т.д.

Следующей, не менее продуктивной формой организации рассматриваемого нами вида деятельности будущих учителей начальных классов является *семинар-практикум, который видится нам как форма организации продуктивной исследовательской деятельности, нацеленная на повышение уровня их универсальных и общепрофессиональных компетенций, реализуемая в формате наращивания уже имеющихся знаний, умений и навыков новыми, позволяющими одновременно осуществлять поисковую, исследовательскую и творческую деятельность.*

Семинар-практикум выполняет определенный набор функций, так же как и научно-методический семинар, соответствующих развиваемым категориям универсальных (УК) и общепрофессиональных компетенций (ОПК) студентов (табл. 2).

Таким образом, из табл. 2 видно, что каждая из функций семинара-практикума также соответствует развиваемым категориям УК и ОПК студентов, необходимым им в дальнейшем для успешной реализации научно-методической работы в начальной школе.

Характеризуя архитектуру семинара-практикума, следует указать, что данная форма организации продуктивной исследовательской деятельности будущих учителей начальных классов включает в себя четыре блока: теоретический блок, предполагающий теоретическое осмысление материала и формулировку основной проблемы для рассмотрения; теоретико-практический блок – рассмотрение результатов теоретического осмысления в различных аспектах; практический блок, реализация которого нацелена на систематизацию полученного материала в единое целое и выстраивание собственного взгляда (собственной позиции) на решение рассмотренной проблемы; презентационный этап, ориентированный на выстраивание четкой концепции решения проблемы, корректировку полученных результатов, представление продукта семинара-практикума (бизнес-план, кейс, алгоритм, методика решения проблемы и т.д.) [6-8].

Таблица 2

Соответствие функций семинара-практикума развиваемым категориям универсальных (УК) и общепрофессиональных компетенций (ОПК) у будущих учителей начальных классов

№	Характеристика функции НМС	Характеристика развиваемых категорий УК и ОПК
1	активизирует формирование алгоритмических действий, позволяющих расширить спектр различных подходов к решению одной и той же задачи	УК: системное и критическое мышление ОПК: научные основы педагогической деятельности
2	способствует активному развитию навыков самостоятельного поиска и обработки информации	ОПК: научные основы педагогической деятельности
3	создает благоприятные условия для создания новых продуктов в ходе коллективной познавательной, творческой и исследовательской деятельности	УК: командная работа и лидерство ОПК: научные основы педагогической деятельности УК: разработка и реализация проектов
4	обеспечивает развитие устойчивой мотивации к занятиям продуктивной исследовательской деятельностью	УК: системное и критическое мышление УК: разработка и реализация проектов
5	способствует формированию креативности и готовности находить нестандартное решение поставленной учебно-профессиональной задачи	УК: разработка и реализация проектов ОПК: правовые и этические основы профессиональной деятельности, научные основы педагогической деятельности ОПК: научные основы педагогической деятельности

Рассмотрим последовательность проведения данной формы организации продуктивной исследовательской деятельности на примере семинара-практикума «Деятельностный подход в обучении решению задач на движение» с будущими учителями начальных классов. Так, *при реализации первого блока семинара-практикума* студентам предлагается задача на движение, главным условием которой является то, что не всегда имеющихся данных достаточно для решения проблемной ситуации. В предложенной задаче указаны скорость и время, но её нельзя решить однозначно, т.к. не указано направление, которое является важной величиной. В зависимости от выбора направления получается четыре варианта решения задачи. Поэтому студенты делятся на 4 подгруппы, в зависимости от направления движения (навстречу, в противоположных направлениях, вдогонку, с отставанием). Каждая подгруппа составляет схемы для задачи, в которой указаны такие величины, как скорость, время, расстояние и направление. Данный блок семинара-практикума реализует принцип вариативности, на котором основывается деятельностный подход в обучении, т.е. формирование для систематического поиска всех вариантов и адекватного принятия решений в ситуациях выбора.

В ходе реализации второго блока семинара-практикума каждой подгруппе студентов необходимо проанализировать 4 учебника по математике для 4 класса из разных актуальных на текущий момент УМК. Вы-

борка учебников проходила случайно. В результате анализа делается вывод о разных представлениях задач на движение. И это приводит студентов к выводу о необходимости подборки недостающих задач для каждого проанализированного учебника по математике для 4 класса, ориентированных на решение в зависимости от направления движения объекта.

Процедура подборки указанных выше задач составляет содержание третьего блока семинара-практикума. На этом же этапе будущие учителя начальных классов разрабатывают онлайн-тест по теме «Задачи на движение».

Заключительной частью семинара-практикума выступает обсуждение концепции представленной проблемы и оформление продукта в ходе исследовательской деятельности, т.е. составление кейса «Деятельностный подход в обучении решению задач на движение», включающего: концепцию решения задач на движение, главным условием которых является то, что не всегда имеющихся данных достаточно для решения проблемной ситуации; результаты анализа выбранных учебников по математике для 4 класса на предмет разных представлений задач на движение; комплект недостающих задач для каждого проанализированного учебника по математике для 4 класса, ориентированных на решение в зависимости от направления движения объекта.

В ходе заключительной части семинара-практикума педагог предлагает студен-

там продумать перспективы дальнейшего использования материалов полученного в ходе данного мероприятия кейса, среди которых могут быть выделены: при прохождении производственной практики, при обучении в магистратуре, а также в последующей профессиональной деятельности, в том числе при участии в методических объединениях, в ходе подготовки младших школьников к участию в математических конкурсах и олимпиадах и т.д.

Таким образом, исследование потенциала семинара-практикума как продуктивной формы организации исследовательской деятельности будущих учителей начальных классов позволяет выявить следующие возможности: 1) возможность приобретения собственного опыта решения задач на движение в ходе продуктивной исследовательской деятельности; 2) возможность обучения грамотному определению цели, оценки ситуации, выбору наиболее рационального пути решения проблемы, являющейся условием математической задачи; 3) возможность формирования специальных компетенций, связанных с переводом информации из текстовой в графическую или символическую, а также видением в представленной информации дефицита данных; 4) возможность обучения наращиванию уже имеющихся знаний, умений и навыков новыми, позволяющими одновременно осуществлять поисковую, исследовательскую и творческую деятельность; 5) возможность обучения грамотному представлению результатов собственной деятельности и определению дальнейших перспектив их продвижения и др.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Характеризуя полученные результаты исследования, выделим ряд положений, вынесенных на обсуждение.

Продуктивная исследовательская деятельность студентов – вид осознанной активной познавательной деятельности, в ходе которой с помощью разнообразных исследовательских методов ими создается конкретный продукт, отражающий либо поисковый уровень овладения данной деятельностью, обладающий субъективной значимостью, либо творческий уровень, характеризующийся объективной значимостью.

В рамках данной работы представлены материалы, актуализирующие потенциал двух продуктивных форм данного вида деятельности – научно-методического семинара и семинара-практикума.

Научно-методический семинар – форма организации продуктивной исследовательской деятельности студентов, нацелен-

ная на повышение уровня универсальных и общепрофессиональных компетенций студентов, реализуемая в формате обсуждения и синтезирования результатов данной деятельности в конкретный продукт, а также определения перспектив его дальнейшего продвижения. НМС выполняет ряд функций, соответствующих развиваемым категориям универсальных (УК) и общепрофессиональных компетенций (ОПК) студентов: активизация потенциала продуктивной исследовательской деятельности; обмен информацией о различных аспектах проблемы; систематизация представлений о заявленной проблеме; формирование умений демонстрации и продвижения (поиска перспектив использования) созданного продукта исследовательской деятельности и т.д. Каждая из перечисленных функций в совокупности с другими ориентированы на развитие УК и ОПК студентов, необходимых им в дальнейшем для успешной реализации научно-методической работы в начальной школе.

Семинар-практикум – форма организации продуктивной исследовательской деятельности, нацеленная на повышение уровня их универсальных и общепрофессиональных компетенций, реализуемая в формате наращивания уже имеющихся знаний, умений и навыков новыми, позволяющими одновременно осуществлять поисковую, исследовательскую и творческую деятельность. Среди функций семинара-практикума следующие: активизация формирования алгоритмических действий, позволяющих расширять спектр различных подходов к решению одной и той же задачи и развития навыков самостоятельного поиска и обработки информации; обеспечение благоприятных условий для создания новых продуктов в ходе коллективной познавательной, творческой и исследовательской деятельности и развития устойчивой мотивации к занятиям продуктивной исследовательской деятельностью; формирование креативности и готовности находить нестандартное решение поставленной учебно-профессиональной задачи и т.д. Каждая из выделенных функций соответствует развиваемым универсальным и общепрофессиональным компетенциям студентов, необходимым для успешной реализации научно-методической работы в начальной школе.

Каждая из исследованных нами форм организации продуктивной исследовательской деятельности имеет свою структуру и свою методику организации и проведения.

#### **Выводы**

Итоги проведенной работы показали, что в решении вопросов повышения каче-

ства подготовки будущих учителей начальных классов важную роль играют такие формы подготовки, которые, с одной стороны, обеспечивают успешное развитие универсальных и общепрофессиональных компетенций, с другой – успешность предстоящей профессиональной деятельности. Одним из путей решения обозначенной проблемы мы предлагаем актуализацию потенциала продуктивных форм организации исследовательской деятельности студентов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.01, профиль «Начальное образование». Результаты проведенного исследования показывают, что рассмотренные нами формы организации данного вида деятельности обладают таким потенциалом, предоставляя студентам ряд возможностей, связанных с:

– *наращиванием базы знаний, умений и навыков* в соответствующих сферах;

– *обучением*: поиску новых подходов в решении обозначенных проблем; грамотному определению цели, оценки ситуации, выбору наиболее рационального пути решения проблемы; наращиванию уже имеющихся знаний, умений и навыков новыми, позволяющими одновременно осуществлять поисковую, исследовательскую и творческую деятельность; грамотному представлению результатов собственной продуктивной деятельности и определению дальнейших перспектив их использования в дальнейшем;

– *приобретением опыта*: участия и проведения подобного рода мероприятий, необходимого для дальнейшей профессиональной деятельности; продуктивной исследовательской деятельности и командной работы в ходе ее осуществления; решения учебно-профессиональных задач в ходе продуктивной исследовательской деятельности;

– *формированием специальных профессиональных компетенций*, отражающих способность переводить информацию из тек-

стовой в графическую или символическую, а также учиться видеть в представленной информации дефицит данных и т.д.

Использование возможностей исследованных нами форм организации продуктивной исследовательской деятельности будущих учителей начальных классов ориентировано, в первую очередь, на развитие универсальных и общепрофессиональных компетенций, необходимых будущим учителям начальных классов для успешной реализации научно-методической работы в школе.

### Список литературы

1. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование (с изменениями и дополнениями) Редакция с изменениями № 1456 от 26.11.2020: Приказ Минобрнауки РФ от 22.02.2018 № 121. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71897858/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 15.11.2021).
2. Ипполитова Н.В., Стерхова Н.С. Система подготовки студентов ВУЗа к исследовательской деятельности в условиях реализации ФГОС нового поколения: монография. Междунар. академия наук. пед. образование. Ставрополь: Центр научного знания «Логос», 2016. 142 с.
3. Новиков А.М. Педагогика: словарь системы основных понятий. М.: Издательский центр ИЭТ, 2013. 268 с.
4. Профессионально-педагогические понятия: словарь: учебное пособие для вузов [Гриф УМО] / Рос. гос. проф.-пед. ун-т, сост. Г.М. Романцев, В.А. Федоров, И.В. Осипова, О.В. Тарасюк; под ред. Г. М. Романцева. Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2005. 455 с.
5. Новый энциклопедический словарь / под ред. Е.А. Барановой, Н.Л. Баженова, Г.А. Барсукова. М.: Большая Российская энциклопедия: РИПОЛ классик, 2014. 1568 с.
6. Винниченко Н.Л. Формирование профессиональной компетентности будущих педагогов в рамках семинара-практикума // Научно-педагогическое обозрение. 2018. № 1 (19). С. 43–50.
7. Морева Н.А. Современная технология учебного занятия. М.: Просвещение, 2007. 158 с.
8. Обыденнов М.Ф., Аюпов Р.С. Один из путей повышения профессиональной подготовки студентов при многоуровневом обучении в вузе // Вестник Башкирского университета. 2012. Т. 17. № 1–1. С. 718–720.

УДК 378:37.062.3

## ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Черкасова Г.В., Айрапетова А.Ю., Гюльбякова Х.Н., Масловская Е.А.**

*Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет», Пятигорск, e-mail: xristnik@yandex.ru*

В период пандемии, вызванной вирусом COVID-19, использование информационно-коммуникативных технологий и внедрение онлайн-платформ в процесс обучения стало актуальным. В Пятигорском медико-фармацевтическом институте (ПМФИ) временно был осуществлен перевод традиционных занятий в онлайн-формат с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ). Наиболее сложной такая организация учебного процесса стала для иностранных студентов, особенно на специальных кафедрах. Деканатом по работе с иностранными обучающимися, а также методистами кафедр были разработаны новые педагогические и методические подходы к проведению практических занятий. При осуществлении учебного процесса с применением ДОТ в вузе были выбраны оптимальные средства как в техническом, так и в образовательном плане. Иностранным студентам была предоставлена возможность освоения образовательных программ непосредственно по месту жительства на учебном портале e-learning и онлайн-платформе cdo.pmedpharm.ru. С целью контроля процесса обучения созданы электронные журналы, позволяющие преподавателям осуществлять непрерывный мониторинг посещения иностранными студентами практических заданий, контролировать уровень освоения ими лекционного материала, а также определять степень овладения учащимися практических навыков и компетенций, формируемых в процессе освоения образовательной программы. Однако сложность перестройки и адаптации к новым онлайн-форматам, недостаточные технологические навыки, технические неполадки образовательных платформ, отсутствие самодисциплины значительно ухудшают качество образования. Понижается мотивация студентов к обучению и, соответственно, снижается навык самостоятельной работы и планирования рабочего времени.

**Ключевые слова:** иностранные обучающиеся, дистанционные образовательные технологии, фармацевтическая химия, качество онлайн-обучения, профессиональные компетенции

## ORGANIZATION OF TRAINING FOR FOREIGN STUDENTS AT THE MEDICAL-PHARMACEUTICAL INSTITUTE USING DISTANCE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

**Cherkasova G.V., Airapetova A.Yu., Gulbjakova Ch.N., Maslovskaya E.A.**

*Pyatigorsk state Medical and Pharmaceutical Institute – a branch GBOU VPO Volgograd state medical university, Pyatigorsk, e-mail: xristnik@yandex.ru*

During the pandemic caused by the COVID-19 virus, the use of information and communication technologies and the introduction of online platforms in the learning process became relevant. At the Pyatigorsk state Medical and Pharmaceutical Institute, traditional classes were temporarily transferred to an online format using distance educational technologies. This organization of the educational process has become the most difficult for foreign students, especially at special departments. The dean's office for work with foreign students, as well as methodologists of the departments, developed new pedagogical and methodological approaches to conducting practical classes. In the implementation of the educational process with the use of distance educational technologies at the Institute, the optimal means were chosen, both in technical and educational terms. Foreign students were given the opportunity to master educational programs directly at their place of residence on the e-learning educational portal and on the cdo.pmedpharm.ru online platform. In order to control the learning process, electronic journals have been created that allow teachers to continuously monitor foreign students' attendance of practical tasks, control the level of their mastery of lecture material, and also determine the degree of students' mastery of practical skills and competencies formed in the process of mastering the educational program. However, the complexity of restructuring and adapting to new online formats, insufficient technological skills, technical failures of educational platforms, lack of self-discipline, significantly impair the quality of education. The motivation of students to learn decreases and, accordingly, the skill of independent work and planning of working time decreases.

**Keywords:** Foreign students, distance educational technologies, pharmaceutical chemistry, quality of online education, professional competence

Внедрение в систему образования информационно-коммуникативных технологий позволило реформировать ее в соответствии с требованиями современного общества. Учебные заведения по всему миру создают онлайн-курсы, открывают доступ к электронным библиотекам и базам данных, создают и закупают платформы

для проведения онлайн-лекций, семинаров и прочих форм и типов занятий. Такие платформы позволяют частично или полностью перевести процесс обучения в режим онлайн, сформировать более гибкую образовательную среду, сохраняющую в основе лучшие черты традиционного очного обучения. Как указано в статье 16 Федераль-

ного закона № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», под дистанционными образовательными технологиями (ДОТ) понимаются технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников [1]. В период пандемии, вызванной вирусом COVID-19, внедрение онлайн-платформ в процесс обучения стало особенно актуальным. Наиболее сложной такая организация учебного процесса стала для иностранных студентов, особенно на специальных кафедрах.

Цель исследования: предложить оптимальную организацию обучения с применением ДОТ иностранных студентов в Пятигорском медико-фармацевтическом институте (ПМФИ) на кафедре фармацевтической химии в период пандемии.

#### **Материалы и методы исследования**

Методические материалы: презентации лекций, рабочие тетради, методические разработки для преподавателей, студентов и для самоподготовки, тестовые сборники, обучающие видеоматериалы; удаленное общение с преподавателем посредством электронных сообщений или в режиме реального времени (посредством видеоконференций Zoom, Skype или другими способами); дистанционно проводимые практические занятия [2; 3]; тестирование знаний с удаленным доступом. Методы взаимодействия преподавателя и студента с информационно-образовательной средой и между собой (активные и интерактивные); организации и осуществления учебно-познавательной деятельности, методы трансляции учебных материалов (кейс-технология, сетевая технология); стимулирования учебной деятельности (методы развития интереса и методы развития ответственности); контроля и самоконтроля (индивидуальные и групповые, репродуктивные и творческие, синхронные и асинхронные) [2].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Активное внедрение в учебный процесс ДОТ в ПМФИ связано с созданием специализированных программных ресурсов и информационно-образовательной среды, с разработкой и отработкой навыков использования технологических платформ и различных средств телекоммуникаций, а также с организацией работы студентов в данных условиях. Преподавателями кафедр, вследствие перехода на электронное обучение, объем учебного материала был преобразован

и адаптирован, т.е. были освоены онлайн-инструменты и перестроены целые курсы. В связи с новой формой организации материала скорректирована методика преподавания дисциплин. В вузе были выбраны оптимальные средства как в техническом, так и в образовательном плане. Для повышения эффективности удаленного обучения были введены активные формы подачи материала [4]. Практическое использование функций онлайн-платформы позволило сделать предварительные выводы и прийти к перечню функций, которые должны быть включены в них для удобного использования студентами и преподавателями. Рекомендуемый функционал образовательных онлайн-платформ включал планирование онлайн-встреч с напоминанием (календарь); проведение онлайн-встреч; запись онлайн-трансляций (встреч); загрузку на платформу готовых видеокурсов, мероприятий; загрузку файлов на платформу (текстовые и табличные редакторы, презентации и т.д.); проведение проверки знаний в формате тестирования, развернутого ответа с задаваемым числом попыток и проходным порогом; возможность использования платформы с любых устройств и относительно невысокие требования к устройству (ПК, смартфону и т.д.). Из вышеперечисленных современных возможностей системы дистанционного обучения крайне удобной и эффективной новаторской функцией является использование электронных журналов как необходимого инновационного технического средства мониторинга посещаемости занятий и контроля приобретения знаний иностранными обучающимися. В настоящее время, в связи с нестабильной эпидемиологической обстановкой в мире, вузы вынуждены прибегнуть к смешанным формам обучения. В ситуации невозможности синхронного возвращения иностранных граждан на территорию Российской Федерации созданы электронные журналы. Они позволяют как преподавателям, так и сотрудникам отдела по работе с иностранными обучающимися осуществлять непрерывный мониторинг посещения иностранными студентами практических занятий [5]. Сотрудники отдела по работе с иностранными обучающимися имеют непрерывный доступ к электронным журналам и ведомостям. Это является важной превентивной мерой для предотвращения нежелательных ситуаций: студенты не допускаются к экзаменационной сессии и исключаются из числа студентов вуза за академическую неуспеваемость. Такое нововведение, как заполнение преподавателями электронных журналов, значительно снижает риск систематических пропусков занятий иностран-

ными студентами, что позволяет студенту освоить учебный план в установленные сроки. В случаях злостных прогулов занятий иностранными студентами, невыполнения ими требований преподавателей это безотлагательно отображается в электронной базе данных. Сотрудники отдела по работе с иностранными обучающимися имеют основания обратиться с уведомлением к студенту, игнорирующему образовательную деятельность, а также с письмом – извещением о возникшей проблеме к родителям обучающегося. К недоработкам системы можно отнести только человеческий фактор, а именно несвоевременное заполнение электронных журналов преподавателями вуза или отображение в них частичной или неполной/неактуальной информации. Переход на смешанное обучение (очное и дистанционное) за последние месяцы на порядок изменил объём материалов, преподаваемых дистанционно, ускорились процессы внедрения различных методов электронного обучения. Известные цифровые технологии и их технические решения прошли проверку на возможность их применения в изменившихся условиях и были усовершенствованы.

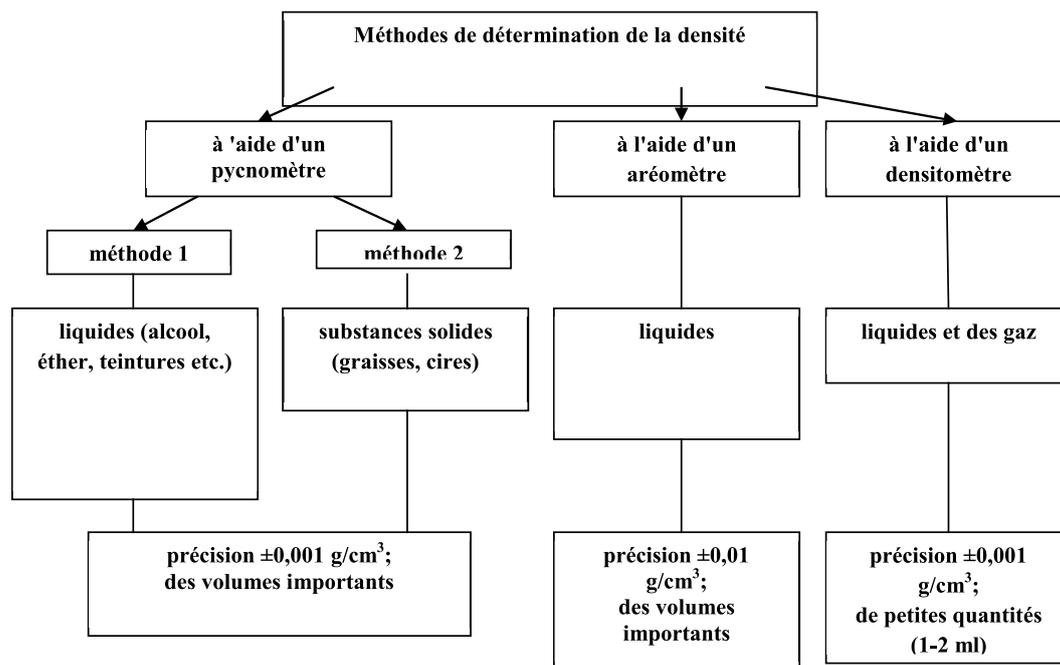
В условиях обучения с применением ДОТ необходимо было предоставить студентам возможность освоения образовательных программ непосредственно по месту их жительства. Процесс знакомства студентов с новой дисциплиной «Фармацевтическая химия» проходит в 5-м семестре в дистанционном режиме и требует иных форм и способов построения учебного процесса, совершенствования учебно-методической работы, социальной и психологической приспособленности. Известно, что обучение новой дисциплине базируется на общении между преподавателем и студентами. Студенту, особенно иностранному, необходимо донести с первых занятий важность изучаемого предмета. Основываясь на методических разработках кафедры, преподаватель формирует у студента основы фармацевтического анализа – оценку качества лекарственных средств (ЛС) на всех этапах жизненного цикла, от создания и регистрации ЛС до их применения и утилизации, непригодных по тем или иным причинам к медицинскому использованию [6]. Основу требований составляют знания общих методов анализа (растворимость, температура плавления, определение зольности, плотность, степень окраски жидкостей и др.), а также обоснование методик качественного и количественного анализа лекарственных препаратов, опираясь на знания функциональных групп.

Для иностранных студентов основной теоретический материал предоставлялся

на лекциях. Лекции готовились в более упрощенной и лаконично изложенной форме с сопровождением на иностранном языке (французском или английском). В условиях пандемии проведение лекций через сеть Интернет в режиме реального времени оказалось не совсем продуктивным ввиду разницы в часовых поясах различных стран обучаемых. Поэтому лекционный материал записывался в виде видеороликов, это давало студентам возможность ознакомления с материалом путем неоднократного просмотра в удобное для них время. Учитывая отсутствие обратной связи преподавателя с аудиторией на лекциях, для лучшего усвоения материала приводились схемы и рисунки выполнения того или иного анализа [7]. Например, при изучении фармакопейного анализа по теме «Определение плотностей фармацевтических субстанций» иностранному студенту для освоения обширного, достаточно сложного для запоминания материала определения качества лекарственных препаратов по показателю «Плотность» предоставлялось не краткое изложение общей фармакопейной статьи, а сжатая и емкая по смыслу схема (рисунок).

Логичным завершением каждого пункта из плана лекционного материала являлись тематические вопросы, которые были представлены студенту сразу же после пояснения того или иного раздела лекции. Такой методологический прием (корреляция материала с контрольными вопросами) давал возможность иностранным обучающимся сразу же найти ответы на контрольные вопросы, что значительно облегчало усвоение материала по новой дисциплине. Например: «Для каких лекарственных препаратов устанавливается показатель качества «плотность?» или «Плотность каких лекарственных препаратов можно определять методом 1?»». Конспект лекции с ответами предоставлялся преподавателю в течение рабочей недели для проверки и выставления оценки. В случае если студент не выполнял в установленный срок предоставленное задание, ему, помимо выполнения основного учебного материала, предоставлялись дополнительные индивидуальные задания.

Разработанная на кафедре фармацевтической химии рабочая программа дисциплины «Фармацевтическая химия», помимо лекций, включает практические занятия и самостоятельную работу как обязательные виды учебной нагрузки. Поэтому принципиально изменились подходы к проведению практических занятий, которые при классической форме обучения направлены на формирование практических умений студентов, что сложно организовать при помощи ДОТ [4].



Презентация слайда «Методы определения плотности» для иностранных студентов 3-го курса

#### Задания для расчета показателя «Потеря в массе при высушивании»

Данные анализа	Номера вариантов					
	1, 7, 13	2, 8, 14	3, 9, 15	4, 10, 16	5, 11, 17	6, 12, 18
Масса бюкса, г	50,8020	56,3065	59,8040	63,2865	60,7800	72,3065
Масса бюкса с навеской до высушивания, г	51,8135	57,3313	60,8345	64,2885	61,7720	73,3140
Масса бюкса с навеской после высушивания, г: 1-е взвешивание	51,3080	56,8142	60,3213	63,7875	61,2760	72,8095
2-е взвешивание	51,3076	56,8140	60,3210	63,7874	61,2758	72,8094

Учитывая отсутствие выполнения практической работы на занятиях, что является неотъемлемой составляющей при формировании навыков будущего провизора-аналитика и профессиональных компетенций [7; 8], необходимо было организовать практические занятия таким образом, чтобы студенту были понятны целесообразность и последовательность выполняемых операционных процедур при анализе лекарственного препарата. Например, при выполнении практической части занятия в дистанционном режиме студент лишен возможности полноценно провести анализ. Однако цель каждого занятия – формирование профессиональных навыков, без которых невозможна объективная оценка качества лекарственного препарата. Следовательно, необходимо было создать модель дистанционного занятия, максимально приближенную к прак-

тической деятельностью провизора-аналитика. Преподаватель заранее направлял студентам фармакопейные статьи для возможности ознакомления с полным тестом документа, а также предоставлял всю информацию по разделу изучаемой темы. Так, на практическом занятии «Определение летучих веществ и воды» невозможно было в создавшихся условиях провести полный фармакопейный анализ, поэтому были подготовлены тематические ситуационные задачи, т.е. задания, формирующие профессиональные практические навыки (таблица).

Кроме того, студенту предоставлялся образец полного подробного хода анализа по каждой изучаемой теме. Например, при изучении определения летучих веществ и воды в фармацевтических субстанциях ход анализа включал следующие стадии: 1. Включите сушильный шкаф, установи-

те температуру нагревания – 105 °С; 2. Достаньте из эксикатора предварительно высушенный до постоянной массы бюкс с крышкой; 3. Взвесьте на аналитических весах с точностью до 0,0002 г бюкс (с крышкой); 4. Взвесьте на аптечных весах с точностью до 0,01 г навеску кальция глюконата около 0,5 г; 5. Перенесите навеску кальция глюконата во взвешенный бюкс; 6. Взвесьте на аналитических весах бюкс (с крышкой) с анализируемым образцом. Каждый студент получал название индивидуальной субстанции, описывал аналогично (от первого лица) ход проведения анализа и делал заключение на основании показателей фармакопейной статьи. Такая организация занятия давала возможность группового и индивидуального подхода при выполнении заданий, определять степень овладения учащимися практических навыков и компетенций, формируемых в процессе освоения образовательной программы.

Следует отметить ряд трудностей, возникших при использовании ДОТ. Достаточно сложной в создавшихся условиях была индивидуальная работа преподавателя с каждым студентом в учебные часы и консультирование студентов вне рабочего времени. Именно от правильного, последовательного, терпеливого персонального подхода к каждому иностранному студенту зависел успех выполнения самостоятельной работы, результаты которой должны были быть отражены в рабочих тетрадях. Структура тетрадей разрабатывалась специально для иностранных студентов с учетом требований рабочей программы [7-9]. Одной из проблем дистанционного обучения явилась сложность объективной оценки степени подготовленности студента при отсутствии непосредственного контакта. На результат итоговой оценки влияли своевременность и правильность написанной с ответами на вопросы лекции; своевременность, правильность и количество выполненных заданий на практическом занятии и при самоподготовке; количество правильных ответов при итоговом тестировании за семестр. При работе в системах [sdo.pmedpharm.ru](http://sdo.pmedpharm.ru) и e-learning преподаватели столкнулись с невозможностью доподлинно установить авторство выполняемых заданий, т.к. они выполнялись студентами самостоятельно, а те, в свою очередь, могли представлять данные для входа в систему третьим лицам. Следует отметить, что если для проверки письменных заданий, содержащих развернутый ответ на вопрос, преподаватель мог использовать одну из многочисленных систем «Антиплагиат», то установить авторство тестовых заданий,

выполняемых внутри системы, совершенно невозможно, и преподавателю оставалось лишь полагаться на порядочность студента. Трудно было проконтролировать и реальную посещаемость, и степень вовлеченности студентов на онлайн-лекциях и экзаменах. Так, преподаватели, чтобы удостовериться личность студента во время устного экзамена онлайн, просили показать на камеру паспорт, а к письменной работе при отсылке требовалось приложить фотокопию документа, удостоверяющего личность. К недостаткам дистанционного обучения можно отнести низкую самодисциплину студентов и пассивность при самостоятельном выполнении заданий. Отсутствие очного обучения в группе и еженедельного контроля преподавателя приводит к низкой мотивации выполнения работы в установленные сроки. Зачастую студенты сознательно нарушали возможность обратной связи с преподавателем, специально ограничивая или полностью исключая его сообщения как с помощью инструментов, позволяющих отключить микрофон, камеру и чат, так и просто игнорируя его сообщения.

### Заключение

В условиях пандемии в медико-фармацевтическом вузе осуществлен перевод традиционных занятий в онлайн-формат. Опыт проведения практических занятий с применением ДОТ на кафедре фармацевтической химии показал, что сложность перестройки и адаптации к новым онлайн-форматам, недостаточные технологические навыки, технические неполадки образовательных платформ, отсутствие самодисциплины значительно ухудшают качество образования. Понижается мотивация студентов к обучению и, соответственно, навык самостоятельной работы и планирования рабочего времени.

### Список литературы

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174) (дата обращения: 06.11.2021).
2. Корниенко С.А. Электронное обучение как средство реализации образовательной программы // Педагогика: традиции и инновации: материалы V Междунар. науч. конф. (июнь 2014 г., Челябинск). Челябинск: Два комсомольца, 2014. С. 175–182.
3. Лугин В.Г. Формы и методы дистанционного обучения. [Электронный ресурс]. URL: <http://repetitmaster.ru/forms-and-methods-remote-education.html> (дата обращения: 06.11.2021).
4. Шмурыгина О.В. Образовательный процесс в условиях пандемии // Профессиональное образование и рынок труда. 2020. № 2. С. 51–52.
5. Куринин И.Н., Нардожев В.И., Нардожев И.В. Электронный журнал учета учебных достижений студента // Вест-

ник РУДН, серия Информатизация образования. 2013. № 4. С. 79–89.

6. Айрапетова А.Ю., Гюльбякова Х.Н., Масловская Е.А. Методологические подходы к формированию предметных компетенций у студентов на кафедре фармацевтической химии // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29390> (дата обращения: 02.11.2021).

7. Айрапетова А.Ю., Масловская Е.А., Гюльбякова Х.Н., Кривенко С.В. Обучение иностранных студентов в рамках электронно-образовательной среды ВУЗа // Раз-

работка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. Пятигорск, 2020. Вып. 75. С. 278–282.

8. Арыстанова Т.А., Арыстанов Ж.М., Шукирбекова А.Б., Ахелова Ш.Л., Тогаева Н.У. Инновационные технологии в фармацевтическом образовании // Вестник КазНМУ. 2013. № 5(3). С. 4–6.

9. Гюльбякова Х.Н., Масловская Е.А. Электронная форма обучения: особенности и перспективы // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27812> (дата обращения: 04.11.2021).

УДК 796.015.865.22:004

**ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ  
УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ СПОРТСМЕНОВ****Юшкин В.Н.***ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,  
Волгоград, e-mail: aup-volgau@yandex.ru*

В настоящее время накоплен огромный материал по результатам командных выступлений разных рангов и в различных видах спорта. Необходимо собрать воедино, обосновать системы расчета и формирования рейтинговых классификаций с применением информационного и математического моделирования, с использованием численных методов. Данная статья наглядно приводит опытный эксперимент применения разработанных информационных технологий в сфере физической культуры и спорта. Целью исследования являются теоретически обоснованные возможности применения численных методов при расчете системы рейтинга в командных видах спорта. Материал и методы. Для эксперимента взяты зафиксированные результаты 6975 матчей выступления команд по футболу высшего дивизиона системы футбольных лиг в США и Канаде. Разработаны системы линейных уравнений, решаемые с применением численных методов расчета и языков программирования высокого уровня для автоматизации процесса вычислений. Результаты. Приведена разработанная и на примере доказанная адекватная система рейтинга, эффективно определяющая силу и возможности команд. Приведенная система определения рейтинга рекомендована как методическая основа для вычисления рейтинга и ранга во всех игровых видах спорта. Системы линейных уравнений дают единственный вариант решения. Формулы подсчета рейтинга математически обоснованы и подтверждены опытными исследованиями. Заключение. Данные, полученные в результате системного анализа с применением новейших разработок, свидетельствуют об адекватности предложенной модели. Разработанный метод системы рейтинговой оценки возможен для применения в прогнозировании результатов выступлений команд в игровых видах спорта. Благодаря внедрению специализированного ПО и информационного моделирования появляются новые возможности для выполнения профессиональной деятельности тренерского коллектива. Ранжирование необходимо в системе управления подготовки спортсменов в командных видах спорта.

**Ключевые слова:** прогнозирование, рейтинг, моделирование, система, ранг, численный метод, оценка**INFORMATION MODELING IN THE ATHLETES'  
TRAINING MANAGEMENT SYSTEM****Yushkin V.N.***Volgograd State Agricultural University, Volgograd, e-mail: aup-volgau@yandex.ru*

Currently, a huge amount of material has been accumulated on the results of team performances of different ranks and in various sports. It is necessary to put together, justify the systems of calculation and formation of rating classifications using information and mathematical modeling, using numerical methods. This article clearly shows an experimental experiment of the application of the developed information technologies in the field of physical culture and sports. The aim of the study is to theoretically substantiate the possibilities of using numerical methods in calculating the rating system in team sports. Material and methods. For the experiment, the recorded results of 6975 matches of the performance of football teams of the top division of the football league system in the USA and Canada were taken. Systems of linear equations have been developed that can be solved using numerical calculation methods and high-level programming languages to automate the calculation process. Results. An adequate rating system developed and proven by example is given, which effectively determines the strength and capabilities of teams. The given rating system is recommended as a methodological basis for calculating the rating and rank in all game sports. A system of linear equations gives a single solution. Rating calculation formulas mathematically sound and confirmed by experimental studies. Conclusion. The data obtained as a result of system analysis using the latest developments indicate the adequacy of the proposed model. The developed method of the rating evaluation system is possible for use in predicting the results of teams' performances in game sports. Thanks to the introduction of specialized software and information modeling, new opportunities appear for the professional activities of the coaching team. Ranking is necessary in the management system for the training of athletes in team sports.

**Keywords:** forecasting, rating, modeling, system, rank, numerical method, estimation

В настоящее время наблюдается совершенствование системы управления подготовки спортсменов. Анализ результатов игр всех командных видов спорта подтверждает выигрыш более 50% домашних матчей. Это является важным фактором при учете результатов в соревнованиях любых видов спорта. В профессиональных командных выступлениях предпочтение получает команда, принимающая на своем поле гостей.

Отечественная наука принимает концепцию домашнего преимущества своей площадки и ведет разработки универсальной рейтинговой системы в управлении соревновательной деятельности. Возникает острая необходимость определять силу команд, их ранг по отношению к другим командам, составлять прогноз результатов игр, оценивать влияние фактора своего или чужого поля в интересующих нас видах спорта [1].

Работы отечественных ученых Боярского М.Д. [2], Быкова А.В. [3], Максимовой В.М. и Ковылина М.М. [4], Темеревой В.Е. и Гренадерова А.А. [5] посвящены необходимости рейтинговых оценок в спорте. Большой вклад в развитие прогнозирования и разработки моделирования искусственных сетей осуществляет Крутиков А.К. [6].

Целью данного исследования является обоснование возможности применения информационного моделирования в системе управления подготовки спортсменов в командных видах спорта. Информационное моделирование позволяет анализировать важность игры на домашнем поле и математически подтвердить связь этого фактора с окончательным результатом игры. Как частный случай количественной оценки домашнего преимущества, взято в расчет приведенное соотношение забитых и пропущенных голов.

#### Материалы и методы исследования

Первоначально рассчитаем рейтинг, не беря в расчет воздействие фактора домашнего поля. Сначала примем условное проведение всех матчей на нейтральном поле и определим полученный рейтинг. В расчет в качестве главного показателя принимается зафиксированный в матче счет.

Привычным сложением забитых и пропущенных голов в сыгранных матчах, без учета возможностей соперников, адекватно оценить реальную силу команд невозможно, а это необходимо.

Решение этих вопросов приводит к необходимости решения систем уравнений [7] для определения рейтингов и силы команд

$$R_i = \frac{F_i}{A_i}, \quad (1)$$

где  $i$  – количество команд, принятых для расчета системы;  $R_i$  – рейтинг  $i$ -й команды;  $F_i$ ;  $A_i$  – соответствующее рассчитанное количество забитых и пропущенных голов  $i$ -й команды в сумме.

Суммарное рассчитанное количество забитых и пропущенных голов вычисляется с помощью нижеприведенной формулы:

$$F_i = \sum_{j=1}^n (G_j^f \cdot \sqrt{R_j}); \quad A_i = \sum_{j=1}^n (G_j^a / \sqrt{R_j}), \quad (2)$$

где  $n$  – количество игр, проведенных  $i$ -й командой;  $G_j^f$ ,  $G_j^a$  – соответственно количество забитых и пропущенных голов  $i$  й команды в  $j$ -й игре;  $R_j$  – рейтинг команды соперника в  $j$ -й игре.

Основным условием для решения системы уравнений является рейтинг средней команды, равный единице, т.е.

$$\sum_{i=1}^n F_i / \sum_{i=1}^n A_i = 1, \quad (3)$$

где  $n$  – количество команд, принятых для расчета в системе.

Вычисление коэффициента влияния фактора домашнего поля на расчет рейтинга. Ниже приводится формула для вычисления величины коэффициента влияния фактора своего поля, принятая в расчет как средневзвешенное значение по всем сыгранным матчам системы

$$k_v = \sum_{i=1}^n (G_1 / \sqrt{R_1 / R_2}) / \sum_{i=1}^n (G_2 \cdot \sqrt{R_1 / R_2}), \quad (4)$$

где  $n$  – количество матчей, с преимуществом своего поля одной из команд;  $G_1$ ,  $G_2$  – количество голов, забитых игроками обеих команд соответственно;  $R_1$ ,  $R_2$  – рейтинг принимающих хозяев поля и принятых гостей соответственно.

Примечание: при игре на нейтральном поле принимаем  $k_v = 1$ .

#### Результаты исследования и их обсуждение

Расчет рейтингов, учитывающих воздействия фактора своего поля. Для расчета воспользуемся зафиксированными результатами 6975 матчей, проведенных командами по футболу в Высшей лиге футбола (Major League Soccer (MLS)), профессиональной футбольной лиге высшего дивизиона системы футбольных лиг в США и Канаде. Период охвата соревнований составляет 26 сезонов (1996/2021), с 6 апреля 1996 г. по 30 октября 2021 г.

На протяжении всего исследуемого периода соревнований команды встречались разное количество раз друг с другом. Возможности применения рейтинговой оценки позволяют смоделировать потенциальную силу команд независимо от количества игр, сыгранных друг против друга.

Полученные результаты расчета систем уравнений без учета фактора своего поля сведены в таблицу (табл. 1). В ней используются следующие обозначения:  $R_i$  – рейтинг  $i$ -й команды,  $F_i$ ,  $A_i$  – суммарное приведенное количество забитых и пропущенных голов  $i$ -й команды соответственно, ПМ – количество сошедшихся исходов с результатом рейтинговой оценки соперников, РМ – количество матчей с выявленным победителем.

**Таблица 1**

Показатели выступления команд без учета фактора своего поля

№	Команды-участницы	$R_i$	$F_i$	$A_i$	ПМ	РМ	Показатель соответствия модели, %
1.	Лос-Анджелес	1,4641	266,27	181,87	60	96	62,50
2.	Атланта Юнайтед	1,3638	272,89	200,10	77	130	59,23
3.	Нэшвилл	1,3131	75,97	57,86	22	34	64,71
4.	Сиэтл Саундерс	1,3004	687,63	528,77	221	359	61,56
5.	Лос-Анджелес Гэлакси	1,1850	1422,86	1200,68	397	687	57,79
6.	Нью-Йорк Сити	1,1600	384,41	331,38	101	182	55,49
7.	Портленд Тимберс	1,0825	585,80	541,13	151	281	53,74
8.	Спортинг Канзас-Сити	1,0637	1235,43	1161,49	344	648	53,09
9.	Чикаго Файр	1,0345	1157,71	1119,16	320	595	53,78
10.	Нью-Йорк Ред Буллз	1,0244	1292,61	1261,84	342	680	50,29
11.	Коламбус Крю	1,0205	1246,05	1221,00	351	664	52,86
12.	Даллас	1,0199	1271,43	1246,58	358	650	55,08
13.	Ди Си Юнайтед	1,0121	1287,79	1272,44	342	662	51,66
14.	Реал Солт-Лейк	1,0090	781,20	774,19	233	431	54,06
15.	Хьюстон Динамо	1,0082	736,23	730,27	202	387	52,20
16.	Филадельфия Юнион	0,9997	554,99	555,15	168	298	56,38
17.	Сан-Хосе Эртквейкс	0,9645	1096,68	1136,99	304	570	53,33
18.	Нью-Ингленд Революшн	0,9453	1221,49	1292,19	344	649	53,00
19.	Миннесота Юнайтед	0,9215	235,44	255,48	73	128	57,03
20.	Тампа-Бэй Мьютени	0,9097	324,59	356,80	89	165	53,94
21.	Ванкувер Уайткэпс	0,8990	476,28	529,80	151	273	55,31
22.	Колорадо Рэпидз	0,8898	1104,76	1241,52	358	654	54,74
23.	Торонто	0,8875	677,59	763,50	206	368	55,98
24.	Клёб де Фут Монреаль	0,8768	469,34	535,26	149	270	55,19
25.	Майами Фьюжн	0,8626	202,06	234,25	58	106	54,72
26.	Орландо Сити	0,8521	321,83	377,66	96	165	58,18
27.	Чивас США	0,7372	358,87	486,77	153	246	62,20
28.	Остин	0,6354	32,43	51,04	20	28	71,43
29.	Интер Майами	0,6278	57,10	90,95	35	49	71,43
30.	Цинциннати	0,4409	80,10	181,68	57	71	80,28
	<b>Итого:</b>	1.0	19917,83	19917,80	5782	10526	<b>54,93</b>

Учитывая фактор своего поля при расчете системы уравнений, вычисляем следующие результаты и заносим полученные данные в таблицу (табл. 2).

**Таблица 2**

Показатели выступления команд с учетом фактора своего поля

№	Команды-участницы	$R_i$	$F_i$	$A_i$	ПМ	РМ	Показатель соответствия модели, %
1.	Лос-Анджелес	1,4293	260,18	182,04	68	96	70,83
2.	Атланта Юнайтед	1,3367	264,62	197,97	86	130	66,15
3.	Сиэтл Саундерс	1,3097	675,94	516,11	249	359	69,36
4.	Нэшвилл	1,2508	72,74	58,16	24	34	70,59
5.	Лос-Анджелес Гэлакси	1,1894	1405,00	1181,31	462	687	67,25
6.	Нью-Йорк Сити	1,1434	376,37	329,16	124	182	68,13
7.	Портленд Тимберс	1,0901	576,91	529,20	189	281	67,26
8.	Спортинг Канзас-Сити	1,0487	1211,57	1155,36	432	648	66,67
9.	Чикаго Файр	1,0397	1141,14	1097,52	404	595	67,90
10.	Нью-Йорк Ред Буллз	1,0315	1281,41	1242,24	448	680	65,88
11.	Реал Солт-Лейк	1,0273	766,15	745,80	312	431	72,39

Окончание табл. 2							
№	Команды-участницы	$R_i$	$F_i$	$A_i$	ПМ	РМ	Показатель соответствия модели, %
12.	Даллас	1,0217	1250,19	1223,64	444	650	68,31
13.	Коламбус Крю	1,0134	1221,56	1205,41	448	664	67,47
14.	Хьюстон Динамо	0,9985	714,61	715,65	279	387	72,09
15.	Филадельфия Юнион	0,9968	544,81	546,58	205	298	68,79
16.	Ди Си Юнайтед	0,9897	1256,89	1270,01	441	662	66,62
17.	Сан-Хосе Эртквейкс	0,9681	1082,44	1118,16	375	570	65,79
18.	Миннесота Юнайтед	0,9634	235,49	244,44	92	128	71,88
19.	Нью-Ингленд Революшн	0,9586	1210,70	1262,98	432	649	66,56
20.	Колорадо Рэпидз	0,9071	1092,99	1204,86	452	654	69,11
21.	Тампа-Бэй Мьюгини	0,8993	320,53	356,44	96	165	58,18
22.	Торонто	0,8952	669,32	747,69	245	368	66,58
23.	Ванкувер Уайткэпс	0,8882	465,26	523,81	184	273	67,40
24.	Клёб де Фут Монреаль	0,8711	458,83	526,75	182	270	67,41
25.	Орландо Сити	0,8428	315,05	373,82	112	165	67,88
26.	Майами Фьюжн	0,8419	195,66	232,41	76	106	71,70
27.	Чивас США	0,7468	358,64	480,24	163	246	66,26
28.	Остин	0,5862	29,94	51,08	20	28	71,43
29.	Интер Майами	0,5794	54,43	93,95	33	49	67,35
30.	Цинциннати	0,4607	82,50	179,09	55	71	77,46
<b>Итого:</b>		1.0	19591,87	19591,88	7132	10526	<b>67,76</b>

Рассчитанный коэффициент влияния фактора проведения матчей на домашнем поле в приведенном варианте расчета  $k_v = 11726,34 / 8146,65 = 1,439$ . Полученный ранее аналогичный показатель в Национальной хоккейной лиге  $k_v = 1,087$  [8], в Главной бейсбольной лиге  $k_v = 1,044$ , в Российской футбольной национальной лиге  $k_v = 1,083$ . Это свидетельствует о том, что в Высшей лиге футбола (Major League Soccer (MLS)) фактор проведения матчей на своем поле в большей степени оказывает влияние, чем в Национальной хоккейной лиге, Главной бейсбольной лиге и в Российской футбольной национальной лиге.

Полученные результаты подтверждают, что степень соответствия разработанной

математической модели составила 67.76% и незначительно выше показателей, зарегистрированных в хоккее.

Анализируя и сравнивая полученные результаты, делаем вывод: влияние фактора своего поля в сезонах 1996/2021 составил 43.9%.

Следующим этапом расчетов является оценка соответствия модели с учетом фактора своего поля выступления команд по сезонам, полученные результаты приведены в таблице (табл. 3).

Максимальное соответствие модели наблюдается в сезонах 2016, 2017, 2018, в которых оно превышает 70%. По подбору участников самым сильным оказался 2018 год.

Таблица 3

Сезонные показатели выступления команд, учитывающие фактор своего поля

№	Сезоны выступлений	$R_i$	$F_i$	$A_i$	ПМ	РМ	Показатель соответствия модели, %
1.	1996	1,0017	581,18	580,21	94	140	67,14
2.	1997	0,9963	549,73	551,80	88	138	63,77
3.	1998	0,9921	715,12	720,84	108	169	63,91
4.	1999	0,9882	588,25	595,25	91	149	61,07
5.	2000	0,9879	644,24	652,16	118	173	68,21
6.	2001	0,9897	555,20	560,96	95	145	65,52
7.	2002	1,0138	466,74	460,37	87	133	65,41
8.	2003	1,0118	464,41	459,01	77	118	65,25

Окончание табл. 3

№	Сезоны выступлений	$R_i$	$F_i$	$A_i$	ПМ	РМ	Показатель соответствия модели, %
9.	2004	1,0167	414,89	408,06	79	113	69,91
10.	2005	0,9914	568,68	573,63	98	155	63,23
11.	2006	0,9892	521,06	526,77	98	145	67,59
12.	2007	0,9902	529,80	535,06	97	153	63,40
13.	2008	0,9891	600,94	607,55	111	160	69,38
14.	2009	1,0021	581,06	579,86	113	163	69,33
15.	2010	1,0028	608,79	607,07	120	192	62,50
16.	2011	1,0010	805,86	805,02	144	213	67,61
17.	2012	0,9964	867,16	870,31	174	258	67,44
18.	2013	0,9939	862,15	867,47	176	253	69,57
19.	2014	1,0003	947,73	947,43	171	245	69,80
20.	2015	1,0069	963,92	957,33	196	282	69,50
21.	2016	1,0046	989,31	984,83	183	249	<b>73,49</b>
22.	2017	1,0179	1115,50	1095,86	214	297	<b>72,05</b>
23.	2018	<b>1,0349</b>	1286,76	1243,42	232	322	<b>72,05</b>
24.	2019	1,0046	1267,66	1261,85	230	329	69,91
25.	2020	1,0003	921,79	921,48	152	248	61,29
26.	2021	0,9636	1173,96	1218,29	220	321	68,54
	<b>Итого:</b>	1.0	19591,87	19591,87	3566	5263	<b>67,76</b>

### Заключение

Средний показатель преимущества домашней игры, полученный в этих исследованиях, составил 43,9%.

Опираясь на полученные результаты, делаем вывод о значимости игры команды любого ранга на домашнем поле: игра на чужом поле не способствует поднятию боевого духа команды гостей; мощная поддержка болельщиков является психологическим фактором, оказывающим влияние на итоговый результат игры преимущественно в пользу хозяев поля.

Сравнивая результаты игр в Высшей лиге футбола (Major League Soccer (MLS)) и Национальной хоккейной лиге в Северной Америке, получаем показатель более сильного влияния фактора своего поля в Высшей лиге футбола. Результаты игр, сведенные в таблицы с целью получения данных, просчитанных с применением численных методов, свидетельствуют об адекватности предложенной модели. Разработанный метод рейтинга возможно применять для оценки и прогнозирования результатов выступлений команд.

Благодаря внедрению специализированного ПО и информационного моделирования в систему управления подготовки

спортсменов в командных видах спорта в работе тренерского коллектива появляются новые возможности.

### Список литературы

1. Полозов А.А. Рейтинг в спорте: вчера, сегодня, завтра. М.: Советский спорт, 2007. 316 с.
2. Боярский М.Д. Об одной математической модели индивидуального ранжирования в игровых видах спорта // Наука сегодня: история и современность: материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 8–11.
3. Быков А.В. Система рейтинга в командных игровых видах спорта (хоккей с шайбой, хоккей на траве, флорбол) // Символ науки: международный научный журнал. 2015. № 8. С. 222–224.
4. Максимова В.М., Ковылин М.М. Рейтинговые оценки как средство управления развитием велосипедного спорта в России // Теория и практика прикладных и экстремальных видов спорта. 2009. № 1 (15). С. 15–30.
5. Темерева В.Е., Гренадеров А.А. Возможности введения рейтинга в греко-римскую борьбу // Биомеханика двигательных действий и биомеханический контроль в спорте: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Московская государственная академия физической культуры. 2013. С. 148–150.
6. Крутиков А.К. Каскадная структура системы прогнозирования на основе различных моделей искусственных нейронных сетей // Южно-Сибирский научный вестник. 2021. № 1 (35). С. 46–52.
7. Юшкин В.Н. Система определения рейтинга // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Гуманитарные науки. 2020. № 1. С. 122–126.
8. Юшкин В.Н. Оценка результатов выступления команд с применением математической модели // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2020. № 11 (189). С. 601–607.