

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

Правила для авторов:

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.псх.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.псх.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.п.н., профессор, Жеребило Т.В. (Грозный); д.т.н., профессор, Завражных А.И. (Мичуринск); д.п.н., доцент, Загrevский О.И. (Томск); д.т.н., профессор, Ибраев И.К. (Караганда); д.т.н., профессор, Иванов Г.С. (Москва); д.х.н., профессор, Ивашкевич А.Н. (Москва); д.ф.-м.н., профессор, Ижуктин В.С. (Москва); д.т.н., профессор, Калмыков И.А. (Ставрополь); д.п.н., профессор, Качалова Л.П. (Шадринск); д.псх.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, Магис 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, Сихимбаев М.Р. (Караганда); д.т.н., профессор, Скряпник 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, Тутолмин А.В. (Глазов); д.т.н., профессор, Умбетов У.У. (Кызылорда); д.м.н., профессор, Фесенко Ю.А. (Санкт-Петербург); д.п.н., профессор, Хола 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.Щ. (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

Подписано в печать – 29.10.2021

Дата выхода номера – 30.11.2021

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. 27,88

Тираж 1000 экз.

Заказ СНТ 2021/10

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРИМЕНЕНИИ НА ОСНОВЕ МАРКОВСКОГО АНАЛИЗА	
<i>Антонов А.В., Сидорин В.В.</i>	9
КЛАССИФИКАЦИЯ ДВИЖУЩИХСЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ИХ ДОПЛЕРОВСКИМ ПОРТРЕТАМ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	
<i>Басов О.О., Толстой И.М., Ле Ань Ту</i>	17
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СТОХАСТИЧЕСКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
<i>Волков В.Ф., Пономарев А.С.</i>	23
МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О ПРЕДОТКАЗНЫХ СОСТОЯНИЯХ ОТДЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ	
<i>Горелик А.В., Орлов А.В., Шерстюков О.С.</i>	28
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ В ТОРГОВО-ПОСРЕДНИЧЕСКОЙ СЕТИ И ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ПОДХОДЫ В ЕЕ ИЗМЕРЕНИИ	
<i>Дулесов А.С., Дулесова Н.В., Гиманова И.А.</i>	35
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ НА БЛИЖАЙШИЕ 300 ЛЕТ	
<i>Иванов В.А., Рожин И.И.</i>	41
РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	
<i>Иващенко А.В., Никифорова Т.В.</i>	48
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА ДЛЯ ТЕЧЕНИЯ В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ, РЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОТОРОЙ УЧИТЫВАЕТ ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА «ОТВЕРДЕВАНИЯ»	
<i>Колодежнов В.Н., Веретенников А.С.</i>	53
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ОБЪЕЗДЕ МЕСТ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ	
<i>Наумова Н.А., Карачанская Т.А.</i>	59
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ	
<i>Ниджрес Моатаз Талал, Нуриев Н.К.</i>	65
УМЕНЬШЕНИЕ РАЗНОТОЛЩИННОСТИ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ПОЛОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-ИЗМЕРЕНИЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЫХОДА БРАКА ПО ТРЕЩИНАМ И СКОЛАМ	
<i>Охлупин Ю.С., Маслова Е.В., Харитонов Д.В., Анашкина А.А.</i>	75

РОЛЬ ПЕРВИЧНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	
<i>Редников С.Н.</i>	83
ДИНАМИЧЕСКОЕ РЕГРЕССИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА ПО УЗЛОВЫМ ПРЯМЫМ	
<i>Тырсин А.Н., Голованов О.А.</i>	88
МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ РАКЕТ	
<i>Шартдинов А.Ш., Елизарьев А.Н., Аксенов С.Г., Эпимахов Н.Л.</i>	94
КОМПОЗИЦИЯ МАМДАНИ В МОДЕЛЯХ НЕЧЕТКОГО АНАЛИЗА КАК НЕЧЕТКИЙ АНАЛОГ ПОДСТАНОВОК ЗАВИСИМОСТЕЙ	
<i>Шилова С.В., Бурмистрова О.Н.</i>	102
АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ГЕОПОРТАЛЬНЫХ СИСТЕМ	
<i>Ямашкин С.А., Ямашкин А.А., Ямашкина Е.О.</i>	108

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

СТАТЬИ

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ АНАЛИЗУ ДАННЫХ И МАШИННОМУ ОБУЧЕНИЮ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРОЕКТА	
<i>Абашин В.Г., Хасанишин И.Я., Семенов Д.Н., Круглов В.И., Никитин П.В., Курилева Н.Л.</i>	113
СТРАТЕГИЯ НАУЧНОЙ ТРАНСПАРЕНТНОСТИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ВЕКТОРОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	
<i>Анисимова-Ткалич С.К., Ткалич А.И.</i>	118
КАФЕДРА КАК УЧЕБНО-НАУЧНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ВУЗА И ФАКТОР ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ	
<i>Воскресасенко О.А., Сергеева С.В.</i>	125
ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ НЕОБХОДИМОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ПЛОВЦОВ В ЛАСТАХ	
<i>Дудченко П.П.</i>	130
ФОРМИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА В УСЛОВИЯХ МАГИСТРАТУРЫ	
<i>Капкаева Л.С.</i>	135
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЧИНАЮЩИМ УЧИТЕЛЕМ БИОЛОГИИ КОНТЕКСТНЫХ ЗАДАНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ СФОРМИРОВАННОСТИ ЗОЖ ОБУЧАЮЩИХСЯ	
<i>Кемешева А.А., Потанкин Е.Н., Таирова Д.Р.</i>	143
О ТОЧНЫХ И ПРИБЛИЖЕННЫХ МОДЕЛЯХ В ВУЗОВСКОМ КУРСЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ	
<i>Краснощеков В.В., Семенова Н.В., Алсалама А.М., Михолитсис А.Г.</i>	149
АНАЛИЗ УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ КАФЕДРЫ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ХИМИИ	
<i>Курегян А.Г., Печинский С.В.</i>	155
ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИИ «В» ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ, ОБОРУДОВАННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ДЛЯ ПОДАЧИ СПЕЦИАЛЬНЫХ СВЕТОВЫХ И ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ	
<i>Литвинов А.В.</i>	160

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ РАБОТЫ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАКАЛАВРА	
<i>Одинцова Л.А., Бронникова Л.М.</i>	165
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЕТЕНТНОСТНО-МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	
<i>Попов Д.В., Михелькевич В.Н.</i>	172
МЕТОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАФЕДРЫ СКОРОЙ НЕОТЛОЖНОЙ И АНЕСТЕЗИОЛОГО-РЕАНИМАЦИОННОЙ ПОМОЩИ	
<i>Садчиков Д.В., Кулигин А.В., Клоктунова Н.А., Барсукова М.И., Лушников А.В., Букин И.А., Подрезова Г.В., Зеулина Е.Е.</i>	177
МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ К ПЕДАГОГИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ СОВМЕСТНОЙ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕЙ	
<i>Сафарова Е.В.</i>	182
НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ СУДЕЙ В ПЕРВЫХ ТУРАХ ТАНЦЕВАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ЛАТИНОАМЕРИКАНСКИЕ ТАНЦЫ» ЧЕМПИОНАТА МИРА WORLD DANCESPORT FEDERATION	
<i>Сингина Н.Ф.</i>	190
ЭКСКУРСИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИИ	
<i>Сычев В.В., Белова О.А., Асеев В.Ю., Фищук Т.В.</i>	198
ЛАБОРАТОРИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КВЕСТОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ HARD SKILLS И SOFT SKILLS	
<i>Татьяненко С.А., Чижикова Е.С.</i>	205
ИЗУЧЕНИЕ ТЕМЫ «ТРЕХМЕРНАЯ ГРАФИКА» В КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ	
<i>Фирер А.В., Мелешко Е.А., Сидоров В.В., Безруких А.Д.</i>	214
РЕФЛЕКСИВНЫЙ ПОДХОД В КОНТЕКСТЕ РАЗВИВАЮЩЕГО ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ В 5-М КЛАССЕ	
<i>Эверстова В.Н., Сидорова В.В.</i>	219

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

MATHEMATICAL MODEL OF THE QUALITY PRESERVATION SYSTEM MILITARY PRODUCTS DURING THEIR OPERATION AND APPLICATION BASED ON MARKOV ANALYSIS <i>Antonov A.V., Sidorin V.V.</i>	9
CLASSIFICATION OF MOVING GROUND OBJECTS BY THEIR DOPPLER PORTRAITS USING MACHINE LEARNING METHODS <i>Basov O.O., Tolstoy I.M., Le Anh Tu</i>	17
APPLICATION OF STOCHASTIC DYNAMIC PROGRAMMING METHOD WHILE ORGANIZING THE CONTROL OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS <i>Volkov V.F., Ponomaryov A.S.</i>	23
METHODS OF AUTOMATED COLLECTION AND PROCESSING OF INFORMATION ABOUT THE PRE-FAILURE STATES OF INDIVIDUAL RAILWAY AUTOMATION AND TELEMECHANICS DEVICES <i>Gorelik A.V., Orlov A.V., Sherstyukov O.S.</i>	28
UNCERTAINTY IN THE TRADE INTERMEDIARY NETWORK AND PROBABILISTIC APPROACHES IN ITS MEASUREMENT <i>Dulesov A.S., Dulesova N.V., Gimanova I.A.</i>	35
MODELING OF DEGRADATION OF PERMAFROST IN THE PROCESS OF CLIMATE WARMING IN CENTRAL YAKUTIA FOR THE COMING 300 YEARS <i>Ivanov V.A., Rozhin I.I.</i>	41
RATIONAL APPLICATION OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN DIGITAL TRANSFORMATION OF A PRODUCTION ENTERPRISE <i>Ivaschenko A.V., Nikiforova T.V.</i>	48
MATHEMATICAL MODELING OF CONVECTIV HEAT TRANSFER FOR FLOW IN A PLANE CHANEL OF A VISCOPLASTIC FLUID, THE RHEOLOGICAL MODEL OF WHICH TAKES INTO ACCOUNT THE MANIFESTATION «SOLIDIFICATION» EFFECT <i>Kolodezhnov V.N., Veretennikov A.S.</i>	53
DETERMINATION OF VEHICLE FLOW CHARACTERISTICS WHEN BYPASSING ROAD ACCIDENT SITES <i>Naumova N.A., Karachanskaya T.A.</i>	59
WEB APP FOR ADAPTIVE LEARNING BASED ON DESIGN ABILITIES <i>Nidzhres M.T., Nuriev N.K.</i>	65
REDUCTION OF THICKNESS VARIATION OF FORMING CAVITY WITH USE OF 3D-MEASUREMENTS OF TOOLS FOR THE FORMING OF CERAMICS TO REDUCE THE YIELD OF CRACK AND CHIP REJECTS <i>Okhlupin Yu.S., Maslova E.V., Kharitonov D.V., Anashkina A.A.</i>	75
THE ROLE OF PRIMARY DIAGNOSTICS OF METALLURGICAL UNITS IN ENSURING EFFICIENT OPERATION IN PRODUCTION <i>Rednikov S.N.</i>	83

DYNAMIC REGRESSION MODELING BASED ON GRADIENT DESCENT ALONG NODAL STRAIGHT LINES <i>Tyrsin A.N., Golovanov O.A.</i>	88
METHODS FOR UTILIZING SOLID FUEL ROCKETS <i>Shartdinov A.S., Elizarev A.N., Aksenov S.G., Epimakhov N.L.</i>	94
MAMDANI'S COMPOSITION IN FUZZY ANALYSIS MODELS AS A FUZZY ANALOGUE OF DEPENDENCE SUBSTANCES <i>Shilova S.V., Burmistrova O.N.</i>	102
PERFORMANCE ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF HIGH-LOADED GEOPORTAL SYSTEMS <i>Yamashkin S.A., Yamashkin A.A., Yamashkina E.O.</i>	108

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

ARTICLES

IMPLEMENTATION OF AN INTERDISCIPLINARY APPROACH IN TEACHING STUDENTS DATA ANALYSIS AND MACHINE LEARNING BASED ON THE METHOD <i>Abashin V.G., Khasanshin I.Ya., Semenov D.N., Kruglov V.I., Nikitin P.V., Kurileva N.L.</i>	113
STRATEGY OF SCIENTIFIC TRANSPARENCY BASED ON THE INTEGRATION OF NONLINEAR RESEARCH VECTORS <i>Anisimova-Tkalich S.K., Tkalich A.I.</i>	118
DEPARTMENT AS A TRAINING AND SCIENTIFIC DIVISION OF A UNIVERSITY AND FACTOR OF PROFESSIONAL TRAINING OF STUDENTS <i>Voskresenko O.A., Sergeeva S.V.</i>	125
FACTORS DETERMINING THE NEED TO IMPROVE THE TRAINING OF QUALIFIED SWIMMERS IN FINS <i>Dudchenko P.P.</i>	130
FORMATION OF MATHEMATICAL COMPETENCE OF STUDENTS OF A PEDAGOGICAL UNIVERSITY IN THE CONDITIONS OF MASTER'S SCHOOL <i>Kapkaeva L.S.</i>	135
THE USE OF CONTEXTUAL TASKS BY A NOVICE BIOLOGY TEACHER WHEN MONITORING THE FORMATION OF HEALTHY LIFESTYLE OF STUDENTS <i>Kemesheva A.A., Potapkin E.N., Tairova D.R.</i>	143
ON EXACT AND APPROXIMATE MODELS IN UNIVERSITY COURSE OF PROBABILITIES <i>Krasnoshchekov V.V., Semenova N.V., Alsalamah A.M., Micholitsis A.G.</i>	149
ANALYSIS OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES BY TEACHERS OF THE DEPARTMENT OF PHARMACEUTICAL CHEMISTRY <i>Kuregyan A.G., Pechinskii S.V.</i>	155
PRACTICAL TRAINING OF DRIVERS OF CATEGORY «B» VEHICLES FOR DRIVING VEHICLES EQUIPPED WITH SPECIAL LIGHT AND SOUND SIGNALS <i>Litvinov A.V.</i>	160

MANAGEMENT OF THE SCIENTIFIC LEADER OF THE PROCESS OF PERFORMANCE OF THE GRADUATE WORK AS A MEANS OF DEVELOPING THE RESEARCH ACTIVITY OF THE BACHELOR	
<i>Odintsova L.A., Bronnikova L.M.</i>	165
CONCEPTUAL PROVISIONS FOR DESIGNING AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF COMPETENCE-MODULAR TECHNOLOGY OF STUDENTS' PROFESSIONAL EXPERIMENTAL AND RESEARCH COMPETENCE DURING PERFORMANCE OF LABORATORY WORKS	
<i>Popov D.V., Mikhelkevich V.N.</i>	172
METHODOLOGICAL SYSTEM OF THE DEPARTMENT EMERGENCY, ANESTHESIOLOGY AND RESUSCITATION	
<i>Sadchikov D.V., Kuligin A.V., Kloktunova N.A., Barsukova M.I., Lushnikov A.V., Bukin I.A., Podrezova G.V., Zeulina E.E.</i>	177
DESCRIPTION OF THE MODEL OF PREPARING STUDENTS FOR PEDAGOGICAL REGULATION OF JOINT IMAGING ACTIVITY OF CHILDRE	
<i>Safarova E.V.</i>	182
NATIONAL PREFERENCES OF REFEREES IN THE FIRST TOURS OF THE DANCE DISCIPLINE «LATIN AMERICAN DANCES» OF THE WORLD DANCESPORT FEDERATION WORLD CHAMPIONSHIP	
<i>Singina N.F.</i>	190
EXCURSION ACTIVITIES AS A MEANS OF FORMING UNIVERSAL EDUCATIONAL ACTIONS IN THE STUDY OF BIOLOGY	
<i>Sychev V.V., Belova O.A., Aseev V.Yu., Fischuk T.V.</i>	198
THE LABORATORY OF EDUCATIONAL QUESTS AS AN EFFECTIVE WAY TO FORM THE HARD AND SOFT SKILLS COMPETENCIES	
<i>Tatyanenko S.A., Chizhikova E.S.</i>	205
STUDY OF THE TOPIC «THREE-DIMENSIONAL GRAPHICS» IN THE COURSE OF COMPUTER SCIENCE THROUGH THE USE OF DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES	
<i>Firer A.V., Meleshko E.A., Sidorov V.V., Bezrukikh A.D.</i>	214
A REFLEXIVE APPROACH IN TEACHING MATH IN 5TH GRADE	
<i>Everstova V.N., Sidorova V.V.</i>	219

СТАТЬИ

УДК 658.6

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРИМЕНЕНИИ НА ОСНОВЕ МАРКОВСКОГО АНАЛИЗА

¹Антонов А.В., ²Сидорин В.В.

¹АО «Концерн военно-космической обороны «Алмаз-Антей»»
(Концерн ВКО «Алмаз-Антей»), Москва, e-mail: 603083@gmail.com;

²АНО «Институт испытаний и сертификации вооружения и военной техники
(АНО «ИнИС ВВТ»), Москва, e-mail: sidorin@inis.ru

В статье представлена разработанная математическая модель системы сохранения качества экспортируемой продукции военного назначения на стадии ее применения и эксплуатации заказчиками, в том числе и иностранными. В основе модели лежат марковский анализ и цепь Маркова для прогнозирования деятельности системы и ее устойчивости. Моделирование деятельности системы позволяет прогнозировать вероятности нахождения системы в ее возможных состояниях. На основании результатов прогнозирования состояния и устойчивости системы могут разрабатываться и выполняться обоснованные управленческие решения для обеспечения стабильности деятельности системы и качества обслуживаемой продукции у эксплуатанта. Обеспечение качества продукции военного назначения у эксплуатанта – одна из стадий жизненного цикла продукции, обеспечиваемая системой менеджмента качества организации-изготовителя/поставщика. Цель статьи заключается в представлении организациям – изготовителям/поставщикам продукции инструмента анализа и прогнозирования деятельности по сохранению качества эксплуатируемой заказчиком продукции и обеспечению ее эффективности. Математическая модель анализа, оценки и прогнозирования устойчивости системы сохранения качества продукции на послепродажной стадии жизненного цикла может быть использована при разработке, документировании и для постоянного улучшения системы менеджмента качества руководителями и сотрудниками организаций и предприятий, создающих, применяющих и эксплуатирующих высокотехнологичную продукцию.

Ключевые слова: качество продукции, системный подход, математическая модель, марковский анализ, прогнозирование вероятности

MATHEMATICAL MODEL OF THE QUALITY PRESERVATION SYSTEM MILITARY PRODUCTS DURING THEIR OPERATION AND APPLICATION BASED ON MARKOV ANALYSIS

¹Antonov A.V., ²Sidorin V.V.

¹«Almaz-Antey» – Air and Space Defence Corporation, Joint Stock Company,
Moscow, e-mail: 603083@gmail.com;

²«Autonomous non-profit organization «Institute of testing and certification of weapons and military equipment»» ANO INIS VVT, Moscow, e-mail: sidorin@inis.ru

The article presents a developed mathematical model of the system for maintaining the quality of exported military products at the stage of its application and operation by customers, including foreign ones. The model is based on Markov analysis and a Markov chain for predicting the system's activity and its stability. Modeling the activity of the system makes it possible to predict the probabilities of finding the system in its possible states. Based on the results of predicting the state and stability of the system, reasonable management decisions can be developed and implemented to ensure the stability of the system's operation and the quality of the operator's products. Ensuring the quality of military products for the operator is one of the stages of the product life cycle, provided by the manufacturer's / supplier's quality management system. The purpose of the article is to provide manufacturing organizations / suppliers of products with a tool for analyzing and forecasting activities to maintain the quality of products operated by the customer and ensure their effectiveness. A mathematical model for analyzing, assessing and predicting the sustainability of the product quality preservation system at the after-sales stage of the life cycle can be used in the development, documentation and continuous improvement of the quality management system by managers and employees of organizations and enterprises that create, use and operate high-tech products.

Keywords: product quality, system approach, mathematical model, Markov analysis, probability prediction

Системный подход к обеспечению качества продукции военного назначения на послепродажных стадиях жизненного цикла, т.е. при ее эксплуатации и применении, представленный в ряде работ [1–3], основан на объединении общей целью поставщиков, потребителей (эксплуатантов) продукции и сервисных центров. Стабильное качество эксплуатируемой продукции –

результат стабильного функционирования системы сохранения качества (ССК), ее устойчивости. Обеспечение и поддержание стабильности ССК требуют соответствующих инструментов прогнозирования, оценки и анализа ее устойчивости. На основании результатов анализа и оценки должны приниматься обоснованные решения, разрабатываться и выполняться соответствующие

щие действия по поддержанию устойчивости ССК.

Выбор метода моделирования для описания деятельности ССК определяется двумя условиями: особенностями системы и требованиями к степени неопределенности модели. Для разработки математической модели функционирования ССК, позволяющей прогнозировать ее возможные состояния и переходы между ними, оценивать и анализировать ее устойчивость, необходимо отметить основную особенность ССК продукции военного назначения у эксплуатанта. Объекты деятельности ССК – различная продукция военного назначения, условия и результаты ее эксплуатации – носят случайный характер, что и определяет деятельность ССК как стохастический процесс. Поэтому прогнозирование результатов деятельности ССК невозможно методами экстраполяции, использования апостериорной информации, опыта предшествующей или смежной деятельности. Деятельность такой системы не может быть представлена дальнейшим «прочерчиванием траектории из прошлого». Будущее состояние системы определяется только ее состоянием на данный момент времени и может прогнозироваться только по ее исходному состоянию, без опоры на какой-либо предшествующий опыт [4–6].

Степень неопределенности модели зависит от достоверности допущений, предположений и упрощений в описании поведения системы, изменчивости параметров, на которых должно основываться решение, обусловлена изменениями обстоятельств, появление или характер которых являются неопределенными [7–9]. С учетом этих требований и ограничений в составе возможных для моделирования ССК методов оказываются байесовский анализ и байесовские сети, Анализ дерева событий (ЕТА), Анализ дерева отказов (FTA), Анализ причинно-следственных связей (ССА), марковский анализ, методы нечеткой логики ((fuzzy logic) [10–12].

Возможность применения марковского анализа к моделированию любой системы, описание ее деятельности множеством дискретных состояний и переходов между ними, прогнозирование ее состояний независимо от ее состояния в прошлом в наибольшей степени соответствуют требованиям к моделированию деятельности ССК. С учетом этого для моделирования ССК выбраны как наиболее адекватные марковский анализ и цепь Маркова, визуализирующая возможные состояния системы и переходы между ними с оценкой их вероятности [13–15].

Цель проведенного исследования, результаты которого представлены в настоящей статье, – разработка марковской модели системы сохранения качества продукции военного назначения при ее эксплуатации и применении для определения вероятности изменения ее устойчивости и переходов в другие ее возможные состояния при ее функционировании.

Марковский процесс – модель системы сохранения качества продукции при эксплуатации

Деятельность системы сохранения качества (ССК) продукции военного назначения (ПВН) у эксплуатанта на территории иноказчика представляет собой последовательность случайных событий с различными результатами, вероятность получения которых может быть спрогнозирована по известному их состоянию на данный момент времени. Состояния, которые принимает ССК при выполнении своих функций, и переходы между ними могут быть смоделированы марковским процессом [10–12] – цепью Маркова с матрицей перехода.

Разработка модели ССК методом марковского анализа включает описание состояний системы, которые она может принимать (с установлением вида и степени влияния на выполняемые функции), и описание переходов из одного состояния в другое.

Цепь Маркова в виде ориентированного графа (орграфа) визуализирует связи и переходы между возможными состояниями системы. Состояния системы описываются с оцениванием вероятности нахождения системы в них.

Модель ССК в виде цепи Маркова представляет собой совокупность S_n состояний и переходов из состояния i в состояние j с вероятностью P_{ij} (где $i, j = 1, 2, 3 \dots n$).

Состояния, которые с различной вероятностью может принимать система сохранения качества ПВН, определяются ролью, степенью управляемости и эффективностью деятельности каждого из ее элементов. Элементы системы – это ее участники: организация – изготовитель (поставщик) ПВН, эксплуатант и сервисный центр (СЦ) [1–3]. Их степень управляемости и уверенности в получении запланированного результата различна и оценивается вероятностью осуществления ими своих функций в системе. Различные по своей природе риски, сопровождающие деятельность каждого из участников системы, и неравные их возможности для анализа и обработки рисков наиболее адекватно могут быть смоделированы в виде шести дискретных состояний системы, переходов из одного состояния в другое и вероятностью переходов (рис. 1).

Из-за сложности представления и перегруженности рисунка на орграфе отсутствуют переходы $C_2 C_4, C_2 C_5, C_3 C_5, C_3 C_6, C_4 C_2, C_5 C_2, C_5 C_3, C_6 C_3, C_4 C_6, C_6 C_4, C_2 C_4, C_2 C_4, C_2 C_4, C_2 C_4, C_2 C_4$, что в целом не влияет на смысл и содержание модели ССК в ее динамике как совокупность переходов в свои состояния с различной вероятностью.

Марковская модель ССК представляет собой совокупность следующих шести ее возможных состояний и $i-j$ переходов из одного состояния в другое:

C_1 – полное соответствие требованиям (результативность и эффективность системы не менее 95%);

C_2 – неполное соответствие требованиям из-за деятельности поставщика (результативность и эффективность системы не менее 85%);

C_3 – неполное соответствие требованиям из-за действий эксплуатанта (результативность и эффективность системы не менее 85%);

C_4 – неполное соответствие требованиям из-за деятельности сервисного центра (результативность и эффективность системы не менее 85%);

C_5 – полное несоответствие деятельности ССК (результативность и эффективность системы менее 85%);

C_6 – принятие решений для устранения несоответствий в деятельности ССК. По-

следующая реализация решений – разработка и выполнение необходимых действий в соответствии с принятыми решениями, устранение несоответствий для возвращения системы в исходное состояние (восстановление системы до достижения ее результативности и эффективности значений не менее 95%).

Вероятность k -го перехода системы из начального состояния i в состояние j и из состояния j в состояние i определяется следующим соотношением [4–6]:

$$P^{(k+1)} = P^{(0)} T^{(k+1)}, \quad (1)$$

где $k = 1, 2, 3, \dots, n$ – количество переходов системы из начального состояния, $P^{(0)}$ – значения вероятностей нахождения системы в исходном (соответствующем требованиям, результативном) состоянии, $P^{(k)}$ – значения вероятностей нахождения системы в одном из шести возможных состояний, а T^k – матрица k -го перехода:

$$T^k = \begin{pmatrix} P^{k}_{11} & P^{k}_{12} & P^{k}_{13} & P^{k}_{14} & P^{k}_{15} & P^{k}_{16} \\ P^{k}_{21} & P^{k}_{22} & P^{k}_{23} & P^{k}_{24} & P^{k}_{25} & P^{k}_{26} \\ P^{k}_{31} & P^{k}_{32} & P^{k}_{33} & P^{k}_{34} & P^{k}_{35} & P^{k}_{36} \\ P^{k}_{41} & P^{k}_{42} & P^{k}_{43} & P^{k}_{44} & P^{k}_{45} & P^{k}_{46} \\ P^{k}_{51} & P^{k}_{52} & P^{k}_{53} & P^{k}_{54} & P^{k}_{55} & P^{k}_{56} \\ P^{k}_{61} & P^{k}_{62} & P^{k}_{63} & P^{k}_{64} & P^{k}_{65} & P^{k}_{66} \end{pmatrix} \quad (2)$$

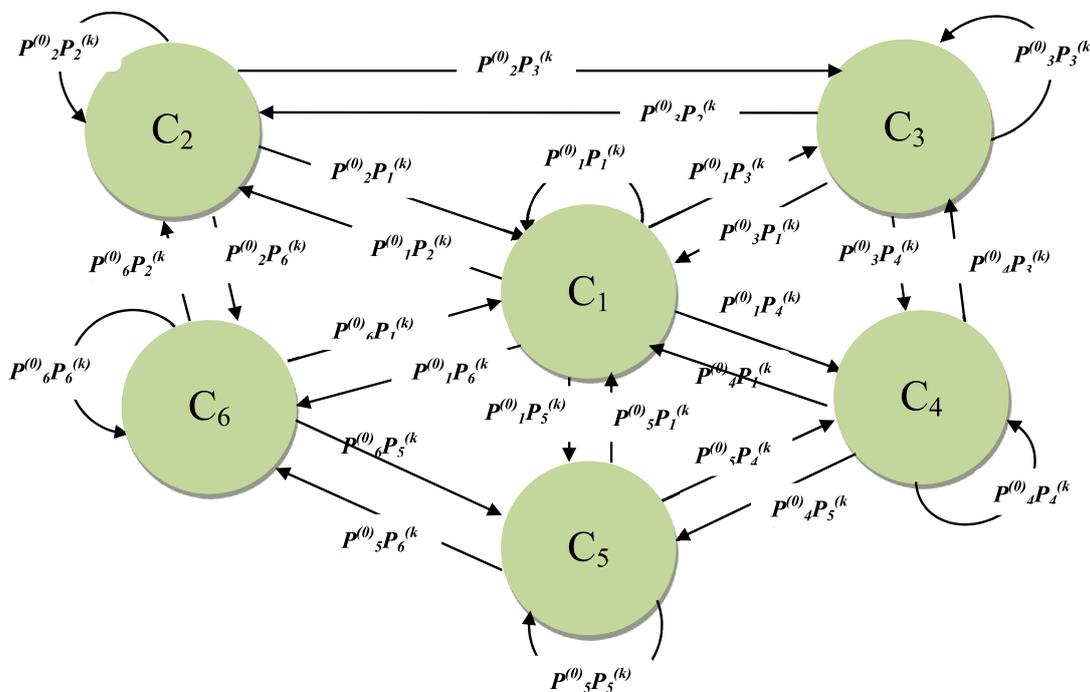


Рис. 1. Орграф системы сохранения качества ПВН у потребителей (эксплуатантов)

При этом выполняется следующее условие: сумма вероятностей в каждой строке матрицы равна единице:

$$P_{i1}^{(k)} + P_{i2}^{(k)} + P_{i3}^{(k)} + P_{i4}^{(k)} + P_{i5}^{(k)} + P_{i6}^{(k)} = 1.$$

В описании состояний и переходов между ними использованы следующие обозначения.

Вероятность $P_i^{(0)}$ – вероятность того, что в настоящее время система находится в одном из состояний C_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$);

$P_{ij}^{(k)}$ – вероятность того, что в результате k -го перехода произойдет изменение состояния системы от C_i к состоянию C_j . Так, например, $P_i^{(1)}$ – вероятность того, что в результате деятельности системы в течение первого по счету от ее исходного состояния этапа деятельности (перехода) она окажется в одном из шести своих возможных состояний.

$P_i^{(1)}$ – вероятность того, что в результате первого этапа своей деятельности система находится в одном из своих шести состояний C_i .

Вероятность перехода системы от одного из состояний C_i к одному из состояний C_j определяется суммой произведений соответствующих вероятностей нахождения системы в исходном и следующим за переходом состояниях [4–6]:

$$P_i^{(1)} = P_{i1}^{(0)} P_{1i} + P_{i2}^{(0)} P_{2i} + P_{i3}^{(0)} P_{3i} + \dots + P_{in}^{(0)} P_{ni}. \quad (3)$$

По формулам (1)–(3) могут быть рассчитаны как вероятность сохранения своего исходного состояния, так и вероятность его изменения при выполнении своих функций. Последовательность перехода и изменения состояний системы задается номером перехода k .

Анализ деятельности системы сохранения качества продукции на ее марковской модели

В деятельности ССК номер перехода k ассоциируется с временным интервалом в функционировании системы, в течение которого она должна, сохраняя свое исходное состояние, результативность и эффективность, поддерживать качество продукции у эксплуатанта на заданном уровне. Исходная вероятность для каждого из возможных состояний системы устанавливается экспертным методом с учетом всех факторов, влияющих на ее деятельность. Основаниями для достоверной и обоснованной экспертной оценки исходной вероятности нахождения системы в одном из своих состояний являются ее организационная и функциональная структура, стабильность и результативность процессов, а также методы обеспечения ее устойчивости [1–3]. Устойчивость системы обеспечивается мониторингом процессов, менеджментом

рисков, управлением изменениями и онлайн-аудитом деятельности удаленных сервисных центров [16].

Так, например, если вероятность полного соответствия системы C_1 требованиям перед началом ее функционирования C_1 оценивается как $P_1^{(0)} = 0,98$, вероятность неполного соответствия по вине разработчика (поставщика) C_2 – как $P_2^{(0)} = 0,001$, вероятность неполного соответствия по вине эксплуатанта (потребителя) C_3 – как $P_3^{(0)} = 0,003$, вероятность неполного соответствия по вине сервисного центра C_4 – как $P_4^{(0)} = 0,006$, вероятность полного несоответствия деятельности системы – как $P_5^{(0)} = 0,001$, а вероятность потребности в устранении несоответствий в деятельности системы C_6 – как $P_6^{(0)} = 0,008$, то описание начального состояния системы принимает вид:

$$P^{(0)} = (P_1^{(0)}, P_2^{(0)}, P_3^{(0)}, P_4^{(0)}, P_5^{(0)}, P_6^{(0)}) = (0,98; 0,001; 0,003; 0,006; 0,002; 0,008) \quad (4)$$

Начальный вектор состояния для рассматриваемого примера может быть записан в матричном виде:

$$P^{(0)} = \begin{bmatrix} 0,980 \\ 0,001 \\ 0,003 \\ 0,006 \\ 0,002 \\ 0,008 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Матрица перехода между состояниями системы включает в себя значения вероятностей, их характеризующих и определяемых с учетом влияющих на систему факторов: данных о стабильности параметров и эксплуатационных характеристик ПВН при эксплуатации, а также о стабильности и результативности ее участников: организации – поставщика (изготовителя) ПВН, эксплуатанта (потребителя) и сервисного центра.

Так, в оценке вероятности изменения состояний системы в рассматриваемом случае учтено, что с большей вероятностью ($P_{11}^{(1)}$) система сохраняет свое исходное устойчивое результативное состояние (C_1) благодаря всем включенным в управление системой средствам (менеджменту рисков, управлению изменениями, виртуальному аудиту и др.). Со значительно меньшей вероятностью ($P_{12}^{(1)}, P_{13}^{(1)}, P_{14}^{(1)}, P_{15}^{(1)}, P_{16}^{(1)}$) возможны переходы и в другие состояния (первая строка матрицы).

Вероятность (P_2^1) перехода системы, оказавшейся в состоянии C_2 (неполное соответствие по вине поставщика), в состояние C_1 (возвращение в нормальное рабочее состояние) высока благодаря мониторингу процессов в системе и своевременному ре-

агированию на возможные несоответствия. По этой причине значительно менее вероятно ($P_{22}^1 = 0,01$) для системы оставаться в состоянии неполного соответствия по вине поставщика (C_2), а также развивать наметившееся отклонение в деятельности от заданного состояния (C_1), что оценивается вероятностью перехода от состояния C_2 к состоянию C_3 (неполное соответствие по вине эксплуатанта). Вероятность такого сценария ухудшения деятельности системы невелика, но существует ($P_{22}^1 = 0,003$). Вероятность ($P_{24}^1 = 0,004$) продолжения снижения результативности по вине сервисного центра C_4 предусматривает и такой исход событий в деятельности системы. Одновременное несоответствие всех участников и в итоге переход с вероятностью $P_{25}^1 = 0,004$ в состояние C_5 (полное несоответствие системы установленным требованиям) завершает эту траекторию ухудшения деятельности системы. За этим должен последовать переход к C_6 – принятие решений для устранения несоответствий в дея-

тельности ССК и возвращение вследствие этого в состояние C_1 . Высокая вероятность этого перехода оценивается соответственно как $P_{26}^1 = 0,97$.

Переход из состояния C_3 (неполное соответствие по вине эксплуатанта) к исходному состоянию C_1 возможен с вероятностью $P_{31}^1 = 0,95$, а к состоянию C_2 , т.е. к несоответствию по вине поставщика, – со значительно меньшей вероятностью $P_{32}^1 = 0,001$. Вероятность дальнейшего снижения результативности системы еще и по вине эксплуатанта (потребителя ПВН) – переход C_3C_4 – оценивается как $P_{34}^1 = 0,001$. Переход C_3C_5 к полному несоответствию системы C_5 возможен с вероятностью $P_{35}^1 = 0,003$, а переход к состоянию принятия решений C_6 возможен с вероятностью $P_{36}^1 = 0,04$.

Подобным образом оценивается и устанавливается вероятность переходов из других возможных состояний системы – C_4, C_5, C_6 .

С учетом этого матрица перехода системы из состояния C_1 для рассматриваемого примера принимает вид:

$$T = \begin{pmatrix} 0,98 & 0,0005 & 0,007 & 0,003 & 0,0005 & 0,009 \\ 0,96 & 0,005 & 0,002 & 0,002 & 0,001 & 0,03 \\ 0,95 & 0,001 & 0,005 & 0,001 & 0,003 & 0,04 \\ 0,97 & 0,002 & 0,004 & 0,002 & 0,002 & 0,02 \\ 0,001 & 0,0001 & 0,0001 & 0,0003 & 0,0005 & 0,98 \\ 0,97 & 0,006 & 0,007 & 0,007 & 0,008 & 0,002 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Вероятностная динамика первого перехода (этапа) ССК на ее модели в виде наиболее значащих переходов в цепи Маркова графически представлена на рис. 2. Из-за сложности и перегруженности рисунка на орграфе, как и на рис. 1, отсутствуют переходы $C_2C_4, C_2C_5, C_3C_5, C_3C_6, C_4C_2, C_5C_2, C_5C_3, C_6C_3, C_4C_6, C_6C_4, C_2C_4, C_2C_4, C_2C_4, C_2C_4, C_2C_4$.

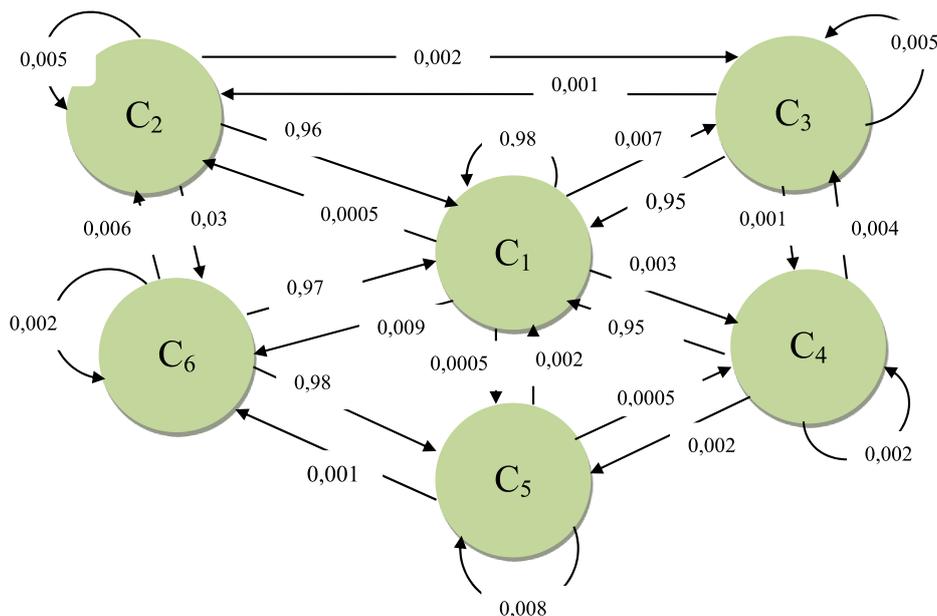


Рис. 2. Орграф системы сохранения качества ПВН у потребителей (эксплуатантов)

Наибольший интерес в анализе системы представляет оценка динамики изменения вероятности сохранения системой своего исходного состояния C_1 на последующих этапах своей деятельности. Сохранение системой своего исходного состояния является критерием ее устойчивости. Расчет по формулам (3)–(6) для первого перехода (этапа) дает следующий результат:

$$P^1 = P^{(0)}T = \begin{bmatrix} 0,980 \\ 0,001 \\ 0,003 \\ 0,006 \\ 0,002 \\ 0,008 \end{bmatrix} \begin{vmatrix} 0,980 & 0,0005 & 0,007 & 0,003 & 0,0005 & 0,009 \\ 0,960 & 0,005 & 0,002 & 0,002 & 0,001 & 0,030 \\ 0,950 & 0,001 & 0,005 & 0,001 & 0,003 & 0,040 \\ 0,970 & 0,002 & 0,004 & 0,002 & 0,002 & 0,002 \\ 0,001 & 0,0001 & 0,0001 & 0,0003 & 0,0005 & 0,980 \\ 0,97 & 0,006 & 0,007 & 0,007 & 0,008 & 0,002 \end{vmatrix} = \quad (7)$$

$$= (0,9778; 0,00056; 0,0030; 0,0070; 0,0006; 0,0111)$$

Результаты вычисления показывают, что для системы после первого этапа своей деятельности вероятность остаться в исходном состоянии составляет 0,9778, перейти во второе состояние – 0,00056, в третье – 0,0030 и так далее, как следует из (7). Вероятность, с какой система окажется в том или ином состоянии из шести возможных после второго этапа (перехода), вычисляется так же:

$$P^2 = P^{(1)}T = \begin{bmatrix} 0,9778 \\ 0,00056 \\ 0,0070 \\ 0,0030 \\ 0,0006 \\ 0,0111 \end{bmatrix} \begin{vmatrix} 0,98 & 0,0005 & 0,007 & 0,003 & 0,0005 & 0,009 \\ 0,96 & 0,005 & 0,002 & 0,002 & 0,001 & 0,03 \\ 0,95 & 0,001 & 0,005 & 0,001 & 0,003 & 0,04 \\ 0,97 & 0,002 & 0,004 & 0,002 & 0,002 & 0,02 \\ 0,001 & 0,0001 & 0,0001 & 0,0003 & 0,0005 & 0,98 \\ 0,97 & 0,006 & 0,007 & 0,007 & 0,008 & 0,002 \end{vmatrix} = \quad (8)$$

$$= (0,9791; 0,00057; 0,0069; 0,0030; 0,00062; 0,0098)$$

Вероятность изменения системой своего состояния на третьем этапе вычисляется так же и дает следующие результаты:

$$P^3 = P^{(2)}T = \begin{bmatrix} 0,9791 \\ 0,0057 \\ 0,0069 \\ 0,0030 \\ 0,0006 \\ 0,0098 \end{bmatrix} \begin{vmatrix} 0,98 & 0,0005 & 0,007 & 0,003 & 0,0005 & 0,009 \\ 0,96 & 0,005 & 0,002 & 0,002 & 0,001 & 0,03 \\ 0,95 & 0,001 & 0,005 & 0,001 & 0,003 & 0,04 \\ 0,97 & 0,002 & 0,004 & 0,002 & 0,002 & 0,02 \\ 0,001 & 0,0001 & 0,0001 & 0,0003 & 0,0005 & 0,98 \\ 0,97 & 0,006 & 0,007 & 0,007 & 0,008 & 0,002 \end{vmatrix} = \quad (9)$$

$$= (0,9840; 0,0006; 0,0070; 0,0030; 0,0006; 0,0099)$$

Динамика изменения состояния системы по расчету вероятности на четвертом этапе также показывает высокую вероятность сохранения системой своего исходного состояния:

$$P^4 = P^{(3)}T = \begin{bmatrix} 0,9840 \\ 0,0006 \\ 0,0070 \\ 0,0030 \\ 0,0006 \\ 0,0099 \end{bmatrix} \begin{vmatrix} 0,98 & 0,0005 & 0,007 & 0,003 & 0,0005 & 0,009 \\ 0,96 & 0,005 & 0,002 & 0,002 & 0,001 & 0,03 \\ 0,95 & 0,001 & 0,005 & 0,001 & 0,003 & 0,04 \\ 0,97 & 0,002 & 0,004 & 0,002 & 0,002 & 0,02 \\ 0,001 & 0,0001 & 0,0001 & 0,0003 & 0,0005 & 0,98 \\ 0,97 & 0,006 & 0,007 & 0,007 & 0,008 & 0,002 \end{vmatrix} = \quad (10)$$

$$= (0,9811; 0,0006; 0,0070; 0,0030; 0,0006; 0,0098)$$



Рис. 3. Роль и место марковской модели ССК в обеспечении устойчивости системы и сохранении качества продукции при ее эксплуатации и применении

Незначительные изменения показывают результаты оценки распределения вероятности состояний системы на пятом этапе, что в целом свидетельствует об устойчивости системы и стабильности результатов ее деятельности в рассматриваемом примере:

$$P^5 = P^{(4)}T = \begin{bmatrix} 0,9811 \\ 0,0006 \\ 0,0070 \\ 0,0030 \\ 0,0006 \\ 0,0098 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,98 & 0,0005 & 0,007 & 0,003 & 0,0005 & 0,009 \\ 0,96 & 0,005 & 0,002 & 0,002 & 0,001 & 0,03 \\ 0,95 & 0,001 & 0,005 & 0,001 & 0,003 & 0,04 \\ 0,97 & 0,002 & 0,004 & 0,002 & 0,002 & 0,02 \\ 0,001 & 0,0001 & 0,0001 & 0,0003 & 0,0005 & 0,98 \\ 0,97 & 0,006 & 0,007 & 0,007 & 0,008 & 0,002 \end{bmatrix} = \quad (11)$$

$$= (0,9811; 0,0006; 0,0070; 0,0030; 0,0008; 0,0098)$$

На представленном примере показана возможность применения модели для прогнозирования деятельности системы сохранения качества продукции на стадии ее эксплуатации, сопоставления прогнозов с результатами деятельности системы, оценки ее устойчивости, разработки и реализации соответствующих управленческих решений [16].

Оценка вероятности таких переходов и динамики изменения вероятности сохранения исходного (результативного) состояния системы с помощью представленной модели позволит обоснованно разрабатывать и принимать управленческие решения для устойчивого ее функционирования и, как следствие, сохранения качества эксплуатируемой ПВН.

Заключение

Прогнозирование деятельности с помощью представленной модели ССК по ее

известному состоянию позволит обоснованно разрабатывать и предпринимать соответствующие действия для обеспечения ее эффективности и выполнения своих функций.

Результат марковского анализа ССК – оценка вероятности того, что система находится в любом из возможных ее состояний, и анализ вариантов соответствующих решений для изменения состояний системы и возвращения ее в исходное состояние для обеспечения стабильности ее деятельности и качества обслуживаемой продукции у эксплуатанта.

Место и роль разработанной модели в управлении ССК, обеспечении ее устойчивости и сохранении качества эксплуатируемой продукции иллюстрирует рис. 3.

Обратная связь – корректирующие действия, реализующие управленческие решения, – обеспечивает как результативность

деятельности системы, так и адекватность ее марковской модели своевременным внесением изменений в экспертные оценки вероятности нахождения системы в ее состояниях и переходах между ними.

Список литературы

1. Антонов А.В., Сидорин В.В. Модель цифровой системы сохранения качества продукции военного назначения на территории инозаказчика // *Фундаментальные исследования*. 2019. № 8. С. 23–31.
2. Антонов А.В., Сидорин В.В. Обеспечение качества высокотехнологичной продукции на этапах применения и эксплуатации // *INTERMATIC – 2018: материалы Международной научно-технической конференции* (Москва, 19–23 ноября 2018 г.). Ч. 5. М.: РТУ МИРЭА, 2018. С. 1157–1162.
3. Антонов А.В., Сидорин В.В. Сервисный центр в процессе обеспечения качества наукоемкой продукции на территории иностранного заказчика // *Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем «Радиоинфоком-2019»: сборник научных статей IV Международной научно-практической конференции* (Москва, 11–15 ноября 2019 г.). М.: РТУ МИРЭА, 2019. С. 407–412.
4. ГОСТР МЭК 61165— 2019 Надежность в технике. Применение Марковских методов (IEC 61165:2006, Application of Markov techniques, IDT). М.: Стандартинформ, 2019. 27 с.
5. Зорин А.В., Зорин В.А., Пройдакова Е.В., Федоткин М.А. Введение в общие цепи Маркова: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. 51 с.
6. Абрамов П.Б., Десятирикова Е.Н., Чурсин М.А. Марковские модели стационарного режима немарковских процессов // *Вестник ВГУ, серия: системный анализ и информационные технологии*. 2015. № 3. С. 5–10.
7. Родзин С.И. Теория принятия решений. Лекции и практикум. Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. 336 с.
8. Рашидов А.Р., Шмидт И.А. Обзор методов и реализация алгоритма скрытой Марковской модели для анализа «выживаемости» инновационных проектов // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 11–3. С. 588–592.
9. Карнов А.А., Зеленев С.В. Стохастические методы анализа комплексных программно-аппаратных систем // *Труды Института системного программирования РАН*. 2017. Т. 29. № 4. С. 191–202.
10. Кузнецов С.В. Математические модели процессов и систем технической эксплуатации авионики как марковские и полумарковские процессы // *Научный Вестник МГТУ ГА*. 2015. № 213. С. 28–33.
11. Е.В. Трапезников, А.А. Магазев. Оценка уровня защищенности автоматизированной системы на основе Марковской модели киберугроз // *Южно-сибирский научный вестник* 2019. № 3 (27). С. 95–99.
12. Kwiatkowska M., Norman G., Parker D. PRISM 4.0: Verification of probabilistic real-time systems. in *Proc. 23rd International Conference on Computer Aided Verification (CAV'11)*, ser. LNCS, G. Gopalakrishnan and S. Qadeer, Eds. Springer. 2011. V. 6806. P. 585–591.
13. Almasizadeh J., Azgomi M.A. A stochastic model of attack process for the evaluation of security metrics. *Towards a Science of Cyber Security. Computer Networks*. 2013. V. 57 (10). P. 2159–2180.
14. Щеглов К.А., Щеглов А.Ю. Марковские модели угрозы безопасности информационной системы // *Известия Высших учебных заведений. Приборостроение*. 2015. Т. 58. № 12. С. 957–965.
15. Ren H., Li Z. Ye. Anomaly detection based on a dynamic Markov model. *Information Sciences*. 2017. V. 411. P. 52–65.
16. Антонов А.В., Сидорин В.В. Виртуальный (on-line) аудит сервисного центра по обслуживанию продукции у потребителей // *Вестник качества*. 2019. № 3. С. 7–15.

УДК 004.93

КЛАССИФИКАЦИЯ ДВИЖУЩИХСЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО ИХ ДОПЛЕРОВСКИМ ПОРТРЕТАМ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Басов О.О., Толстой И.М., Ле Ань Ту

*Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург,
e-mail: tolstoy.i.m@yandex.ru*

Методы радиолокации активно применяются для локализации объектов, когда использование оптического диапазона не представляется возможным. При этом актуальной является задача распознавания обнаруженного объекта, так как характеристики, содержащиеся в амплитудном и фазовом спектрах сигнала, не поддаются детерминированному анализу. Авторы данной работы произвели сравнение современных методов классификации объектов по их доплеровским портретам с использованием алгоритмов машинного обучения. Каждый из рассматриваемых методов был реализован и применен к выборке, содержащей 9 классов движущихся объектов. По результатам сравнения показателей работы реализованных подходов был выбран наиболее эффективный с точки зрения точности классификации метод (применение сверточной нейронной сети VGG16 к изображению амплитудного спектра сигнала). В результате экспериментов по предварительной обработке исходных данных авторам данной работы удалось увеличить показатель точности работы модели VGG16 на 26%. В данной статье представлены описание рассматриваемых методов классификации движущихся объектов по их доплеровским портретам. Приведены результаты сравнения характеристик их работы с использованием амплитудного и фазового спектров сигнала. Для наиболее эффективного с точки зрения точности классификации метода представлены результаты работы на исходных данных, а также на данных, подвергнутых усечению диапазона частот и предварительной фильтрации.

Ключевые слова: коэффициент трения, прокатная смазка, прокатка, угол захвата, метод предельных обжатий, алюминиевые сплавы

CLASSIFICATION OF MOVING GROUND OBJECTS BY THEIR DOPPLER PORTRAITS USING MACHINE LEARNING METHODS

Basov O.O., Tolstoy I.M., Le Anh Tu

National research ITMO university, Saint-Petersburg, e-mail: tolstoy.i.m@yandex.ru

Radar methods are actively used to localize objects when the use of the optical range is not possible. At the same time, the problem of recognizing the detected object is urgent, since the characteristics contained in the amplitude and phase spectra of the signal do not lend themselves to deterministic analysis. The authors of this work have compared modern methods of classifying objects by their Doppler portraits using machine learning algorithms. Each of the considered methods was implemented and applied to a sample containing 9 classes of moving objects. Based on the results of comparing the performance indicators of the implemented approaches, the most effective method from the point of view of classification accuracy was selected (application of the VGG16 convolutional neural network to the image of the amplitude spectrum of the signal). As a result of experiments on preliminary processing of the initial data, the authors of this work managed to increase the accuracy of the VGG16 model by 26%. This article presents a description of the considered methods for classifying moving objects by their Doppler portraits. The results of comparison of the characteristics of their operation using the amplitude and phase spectra of the signal are presented. For the most efficient method from the point of view of classification accuracy, the results of work on the initial data, as well as on the data subjected to frequency range truncation and preliminary filtering, are presented.

Keywords: friction coefficient, rolling lubrication, bite angle, breakdown rate reduction practice, aluminum alloys

Современные методы радиолокации позволяют решать задачу локализации различного рода объектов в условиях, когда использование оптического диапазона не представляется возможным: погодные условия, нахождение объектов в лесном массиве, ночное время суток не позволяют применять оптические сенсоры для определения местоположения людей, техники, объектов инфраструктуры. Однако актуальной является задача распознавания объектов, обнаруженных радиолокационной системой. Решение данной задачи может найти свое примене-

ние при поиске наземных транспортных средств в поисково-спасательных операциях и мероприятиях по предотвращению незаконных действий на территории лесных массивов (браконьерство, вырубка леса), а также при классификации воздушных объектов в системах контроля воздушного пространства.

Доплеровский портрет представляет собой частотный спектр сигнала, отраженного от облучаемого объекта, получаемый за счет передвижения цели. Одним из преимуществ использования доплеровского портрета для классификации движущихся

целей является простота его векторного представления [1]. С другой стороны, изменение ориентации объекта относительно приемника сигнала, а также изменение скорости движения являются причиной непрерывного изменения принимаемого сигнала во времени. Таким образом, при решении задачи классификации объектов по их доплеровским портретам необходимо учитывать множество изменяемых во времени величин. В настоящее время для решения задач распознавания объектов применяются методы машинного обучения [2–4], позволяющие автоматически построить алгоритм классификации на основании обучающей выборки, содержащей примеры целевых объектов и метки классов, к которым они относятся.

Целью данной работы является разработка алгоритма, позволяющего повысить точность классификации объектов техники по их доплеровским портретам за счет предварительной подготовки исходных данных.

Обзор методов классификации объектов по их доплеровским портретам

Существует ряд методов, позволяющих решать задачу классификации объектов по их доплеровским портретам. В работе [1] представлен подход классификации действий людей (рассматривали бег, спокойный шаг, передвижение ползком) по их доплеровским портретам. В качестве анализируемых признаков авторы использовали среднюю составляющую амплитуды сигнала, максимальное, минимальное и среднее значения для левой и правой огибающих сигнала, ширину полосы пропускания, размах полосы пропускания, размах амплитуды в полосе пропускания, ширину полосы между средними значениями левой и правой огибающих сигнала. В качестве классификатора авторы работы использовали модель k-ближайших соседей (knn) [2].

Еще одним примером распознавания объектов по их доплеровским портретам является работа [3]. В отличие от [5], кроме классификации типов действий (бег, шаг, передвижение ползком), выполняемых одним человеком или группой, перед авторами работы стояла задача распознавания автомобилей и произвольных объектов.

В качестве классификатора авторы использовали модифицированную версию нейронной сети AlexNet [4].

Авторы работы [5] также решали задачу классификации объектов, используя сверточную нейронную сеть. Их целью было распознавание малых беспилотных летательных аппаратов (МБЛА) квадрокоптеров и гексакоптеров по их доплеровским портретам. В качестве классификатора авторы работы использовали предобученную модель сверточной нейронной сети GoogLeNet [6], использующую поточечную свертку, позволяющую извлекать признаки, содержащиеся в каналах изображения, не обрабатывая признаки пространственные.

Еще одним примером успешного применения нейронных сетей для распознавания объектов по их доплеровским портретам является работа [7], в которой описан подход, решающий задачу классификации пяти беспилотных летательных аппаратов малых размеров. В качестве классификатора была использована сверточная нейронная сеть на базе архитектуры VGG-16 [8].

В работе [9] для решения задачи классификации объектов по их доплеровским портретам авторы применяли алгоритм обучения без учителя и алгоритм экстремального обучения нейронной сети. Объектами, подлежащими распознаванию, служили 2 типа пешеходов: размахивающий руками и держащий руки в карманах. Аналогично предыдущей рассмотренной работе для извлечений признаков авторы использовали архитектуру VGG-16. Для настройки весов слоев, выполняющих функцию извлечения признаков из доплеровских портретов, представленных в виде изображений, использовался автокодировщик. В свою очередь, в качестве классификатора использовалась extreme learning machine (ELM) [10]. ELM представляет собой полносвязную нейронную сеть, имеющую лишь один скрытый слой. При этом веса входного слоя задаются случайно и не изменяются в процессе обучения модели.

Модели машинного обучения, используемые авторами работ, показатели точности классификации, достигнутые за счет их применения, а также число распознаваемых классов объектов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение результатов рассмотренных исследований

Модель	knn	AlexNet	GoogLeNet	VGG-16	ELM
Точность (%)	100,0	94,2	89,3	97,7	97,0
Число классов	3	5	2	5	2

Исходные данные

Для решения задачи классификации наземных объектов по их доплеровским портретам подготовлена выборка, состоящая из 432 сигналов, отраженных от движущихся объектов девяти классов: БМП, БТР, КАМАЗ БОРТОВОЙ, КАМАЗ С КУНГОМ, КАМАЗ С ПРИЦЕПОМ, ЛЮДИ, САУ, ТАНК, УРАЛ С ОРУДИЕМ. Фотографии объектов и их доплеровские портреты представлены на рис. 1.



Рис. 1. Фотографии и доплеровские портреты объектов выборки

На рис. 1 слева направо представлены фотографии (сверху) и доплеровские портреты (снизу) следующих объектов: БМП, КАМАЗ БОРТОВОЙ, БТР. Как видно из рисунка, доплеровские портреты не отражают визуальных характеристик объектов, однако имеют свои отличительные особенности, например: количество центральных и боковых лепестков, их форма и размер, расстояние между ними. Среднее значение объектов обучающей выборки на один класс составило 47, минимальное – 38, максимальное – 60.

Создание обучающей выборки

С помощью преобразования Фурье для каждого сигнала в исходном наборе данных были получены амплитудный и фазовый спектры. Полученные спектры были преобразованы в восьмибитные изображения с разрешением 256x250 пикселей. Ось X каждого изображения соответствует частоте сигнала, приведенной к диапазону [0, 255], а ось Y – времени, приведенному к диапазону [0, 250]. Значения амплитуды и фазы приведены к диапазону от 0 до 256 для соответствия значений разрядности изображения. Результат преобразования амплитудного и фазового спектров в изображения представлен на рис. 2.

Полученные пары изображений спектров были перемешаны и разделены на тренировочную и тестовую выборки в соотношении 7:3. Такие пропорции обеспечивают достаточно для обучения модели и ее тестирования количество экземпляров в обучающей и тестовой выборках. Проверка точности работы обученного на тестовой выборке классификатора производилась на данных, не участвовавших в обучении, что обеспечивает оценку обобщающей способности модели и исключает влияние эффекта переобучения на значение показателя точности. Затем была проведена аугментация доплеровских портретов с целью увеличения количества тренировочных и тестовых образцов. В рамках аугментации было проведено отражение каждого изображения доплеровского портрета относительно вертикальной и/или горизонтальной осей. В результате аугментации общее количество тренировочных и тестовых изображений увеличилось в 4 раза и составило 1183 и 509 экземпляров соответственно.

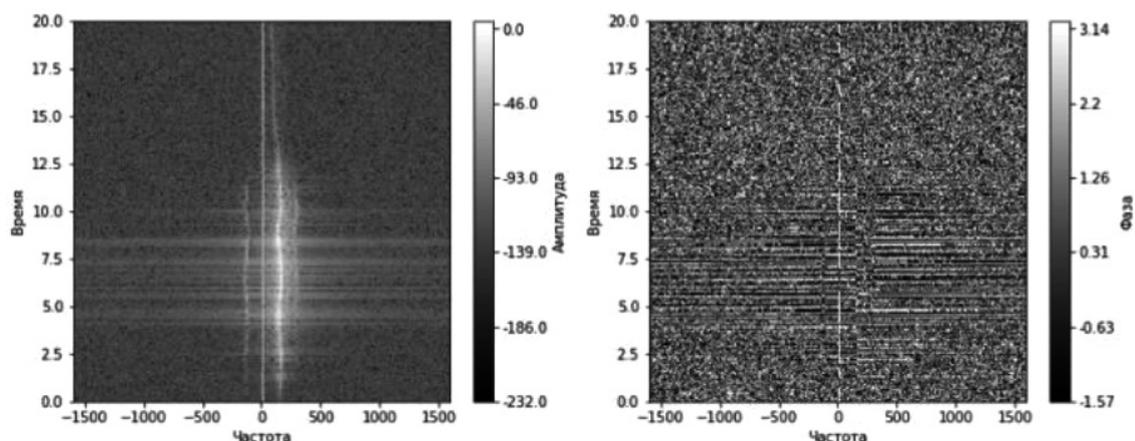


Рис. 2. Амплитудный (слева) и фазовый (справа) спектры в формате изображения

Оценка точности классификации объектов по их доплеровским портретам рассмотренными методами

Авторы рассматриваемых работ для решения задачи классификации объектов по их доплеровским портретам применяли следующие алгоритмы и модели машинного обучения: алгоритм k-ближайших соседей (knn), AlexNet, GoogLeNet, VGG16, ELM на базе VGG16. Для оценки точности работы алгоритма k-ближайших соседей авторы работы [1] извлекли 10 признаков из каждого спектра: средняя составляющая амплитуды сигнала, максимальное, минимальное и среднее значение левой и правой огибающих сигнала, ширина полосы пропускания, размах амплитуды в полосе пропускания и ширина полосы между средними значениями левой и правой огибающих сигнала. На полученных наборах признаков была проведена оценка точности работы алгоритма со значениями параметра k, находящимися в интервале [2, 10]. Наиболее высокую точность, составившую 49%, данный алгоритм показал при значении параметра k = 8.

Для оценки точности классификации объектов по их доплеровским портретам были реализованы нейронные сети рассмотренных выше архитектур: AlexNet, GoogLeNet, VGG16. В связи с тем что для обучения сверточных нейронных сетей необходимы колоссальные объемы данных, была применена техника *transfer learning* [11], суть которой заключается в предварительном обучении нейронной сети на сторонней базе данных большого объема, что позволяет снизить необходимое для тренировки модели количество образцов, а также значительно сокращает количество настраиваемых в ходе обучения параметров нейронной сети. Для оценки эффективности решения задачи классификации объектов были использованы предобученные на наборе данных ImageNet [12] сверточные основы сетей AlexNet, GoogLeNet и VGG16. К каждой из них было добавлено два промежуточных и один выходной полносвязный слой для агрегирования и обработки признаков, извлекаемых предобученными слоями, а также для классификации объ-

екта. Кроме того, на базе нейронной сети со сверточной основой VGG16 была проведена оценка точности работы модели, обученной с помощью метода экстремального обучения (ELM).

Результаты оценки точности классификации объектов на тестовом наборе данных представлены в табл. 2.

Как видно из представленных в табл. 2 данных, фазовый спектр сигнала не содержит признаков, позволяющих произвести классификацию объекта, что объясняется чувствительностью аргумента спектральной функции к смещениям исходного сигнала во времени. Тот факт, что проверка производилась на данных, которых не было в обучающем наборе, говорит о высокой обобщающей способности модели VGG16 при работе с амплитудным спектром сигнала, что подтверждается высоким значением точности модели, обученной с помощью метода экстремального обучения, так как в качестве сверточной основы в ней также использовалась VGG16. ELM, алгоритм k-ближайших соседей и классификаторы на базе AlexNet и GoogLeNet показали меньшее значение точности, чем нейронная сеть на базе VGG16, обученная классическим методом. Таким образом, для классификации объектов по доплеровским портретам целесообразно использовать амплитудный спектр сигнала, а в качестве классификатора из описанных в данной работе моделей наиболее подходящей является нейронная сеть на базе VGG16.

Повышение точности классификации объектов по их доплеровским портретам

Существует ряд методов, позволяющих повысить точность работы моделей классификации. К ним относятся: увеличение объема обучающей выборки, предварительная очистка данных (удаление шумов), снижение размерности исходного пространства признаков.

Авторы работы увеличили объем исходных данных в 4 раза с помощью аугментации изображений доплеровских портретов. Процесс аугментации более подробно описан выше в разделе «Создание обучающей выборки».

Таблица 2

Результаты проверки точности обученных моделей

Данные для обучения \ Модель	AlexNet (%)	GoogLeNet (%)	VGG16 (%)	ELM (%)	knn (%)
Амплитудный спектр	13	13	58	51	49
Фазовый спектр	13	13	26	13	-

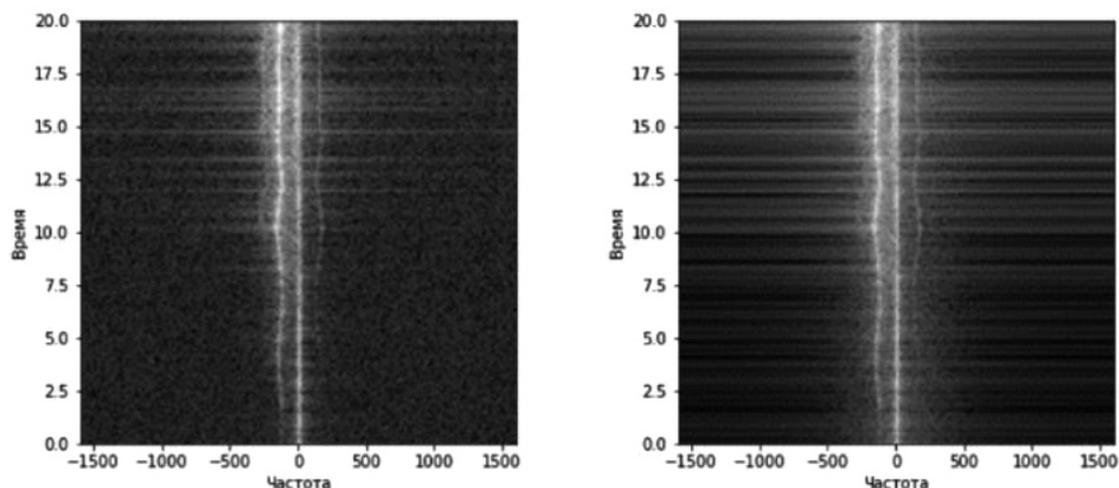


Рис. 3. Амплитудные спектры исходного и сглаженного сигналов

Таблица 3

Результаты оценки точности обученных моделей

Метод предобработки	фильтрация	фильтрация + усечение диапазона частот	усечение диапазона частот
Точность классификации (%)	14	78	84

Для очистки исходных данных от шумов авторы данной работы использовали свертку исходного сигнала и окна Гаусса, как один из наиболее универсальных методов сглаживания. Применение сглаживания позволило устранить шумы в исходных сигналах, что привело к изменению спектра (рис. 3).

Как видно из рис. 3, сглаживание исходного сигнала повлияло на вид амплитудного спектра: в его боковых частях (справа) наблюдаются четко выраженные линии, соответствующие изменениям значений амплитуды сигнала во временной области, тогда как в боковых частях амплитудного спектра исходного изображения (слева) наблюдается шум.

Для снижения размерности исходного пространства признаков авторами данной работы было выполнено усечение диапазона частот на 70%. В результате интервал значений частоты амплитудного спектра сигнала сократился до (-560 Гц; 560 Гц), тогда как исходные значения частоты находились в интервале (-1600 Гц; 1600 Гц). За счет этого размер изображения амплитудного спектра сигнала сократился до 78x250 пикселей.

Результаты обучения нейронной сети на предобработанных данных

Использование двух описанных выше методов предобработки позволило полу-

чить 3 набора данных. На каждом из наборов была обучена сверточная нейронная сеть на базе VGG16. Результаты оценки точности работы обученных моделей представлены в табл. 3.

Данные из табл. 3 позволяют сделать следующие выводы: применение только фильтрации значительно снизило точность работы нейронной сети. В свою очередь, фильтрация и усечение диапазона частот амплитудного спектра повысили точность классификации объектов на 20%, только усечение диапазона частот – на 26%. Таким образом, наиболее эффективным методом повышения показателя точности модели в контексте решаемой задачи является снижение размерности исходного пространства признаков.

Результаты оценки точности модели

Усечение диапазона частот амплитудного спектра сигнала позволило увеличить показатель точности работы модели нейронной сети на 26% по сравнению с моделью, обученной на изображениях исходных амплитудных спектров. Таким образом, усредненная по всем классам объектов точность их распознавания составила 84%. По полученным в результате тестирования данным, для каждого класса были рассчитаны значения полноты, точности и F-меры. Результаты расчета метрик представлены в табл. 4.

Таблица 4

Значения метрик работы модели

Класс \ Метрика	САУ	БМП	БТР	Люди	КАМАЗ БОРТО- ВОЙ	КАМАЗ С ПРИ- ЦЕПОМ	КАМАЗ С КУН- ГОМ	УРАЛ С ОРУ- ДИЕМ	ТАНК	Среднее значение
Полнота (%)	84,48	79,07	84,44	97,78	88,33	81,48	79,17	89,58	74,24	84,29
Точность (%)	81,67	70,83	82,61	91,67	88,33	84,62	88,37	86,00	81,67	83,97
F-мера (%)	83,05	74,73	83,52	94,62	88,33	83,02	83,52	87,76	77,78	84,13

По данным, представленным в табл. 4, видно, что наименьшее значение F-меры составило 74,73% для класса БМП, а наибольшее – 94,62% для класса ЛЮДИ. Среднее значение F-меры составило 84,13%, что говорит о достаточно высоком качестве работы обученной модели.

Заключение

В данной работе произведено сравнение показателей точности решения задачи классификации объектов по их доплеровским портретам с помощью алгоритма k-ближайших соседей, сверточных нейронных сетей архитектур AlexNet, GoogLeNet, VGG16, а также алгоритма экстремального обучения сети на основании VGG16. Наиболее успешно в решении данной задачи показала себя нейронная сеть архитектуры VGG16 при использовании в качестве входных данных изображений амплитудного спектра сигнала. В свою очередь, использование фазового спектра дало крайне низкую точность классификации объектов – 13%, из чего можно сделать вывод о том, что нейронной сети не удастся извлечь из него характеристики, позволяющие осуществить классификацию объекта. Данный результат объясняется чувствительностью аргумента спектральной функции к смещению исходного сигнала по оси времени.

Усечение диапазона частот модуля спектральной функции позволило повысить точность работы модели на 26% по сравнению с использованием исходных амплитудных спектров, что говорит о высокой информативности характеристик центральных лепестков спектра и низкой информативности характеристик боковых.

Предварительное сглаживание исходного сигнала путем свертки его с окном Гаусса снизило точность классификации объектов на 44% по сравнению с точностью классификации объектов по исходным доплеровским портретам. Данный факт говорит о том, что резкие перепады значений отраженного от объекта сигнала несут в себе полезные признаки, позволяющие классифицировать цель.

Таким образом, наиболее высокое значение точности классификации показала нейронная сеть VGG16. При этом для решения

данной задачи целесообразно использовать амплитудный спектр сигнала ввиду наличия в его изображениях признаков, позволяющих нейронной сети определять класс объекта, чей доплеровский объект подается ей на вход. Кроме того, наибольшее количество признаков содержится в центральных лепестках спектра, о чем говорит повышение значения точности работы модели при обработке амплитудного спектра с усеченным диапазоном частот. Также было выявлено, что значительная доля характеристик, позволяющих произвести классификацию объекта по его доплеровскому портрету, содержится в скачкообразных перепадах исходного сигнала.

Список литературы

1. Çağlıyan B., Gürbüz S.Z. Micro-Doppler-Based Human Activity Classification Using the Mote-Scale BumbleBee Radar. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2015. Vol. 12. No. 10. P. 2135–2139.
2. Cunningham P., Delany S.J. K-Nearest neighbour classifiers. *ACM Computing Surveys*. 2007. Vol. 54. [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/228686398_k-Nearest_neighbour_classifiers (date of access: 13.10.2021).
3. Lee D., Cheung C., Pritsker D. Radar-based Object Classification Using An Artificial Neural Network. 2019 IEEE National Aerospace and Electronics Conference (NAECON). Dayton, OH, USA. 2019. P. 305–310.
4. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*. 2017. Vol. 60. No. 6. P. 84–90.
5. Kim B.K., Kang H.S. и Park S.O. Drone Classification Using Convolutional Neural Networks With Merged Doppler Images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2017. Vol. 14. No. 1. P. 38–42.
6. Szegedy C., Liu W., Jia Y., Sermanet P., Reed S., Anguelov D., Erhan D., Vanhoucke V. Rabinovich A. Going Deeper with Convolutions. [Electronic resource]. URL: <https://arxiv.org/abs/1409.4842> (date of access: 13.10.2021).
7. Huizing A., Heiligers M., Dekker B., Wit J., Cifola L., Harmany R. Deep Learning for Classification of Mini-UAVs Using Micro-Doppler Spectrograms in Cognitive Radar. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*. 2019. Vol. 11. No. 1. P. 46–56.
8. Simonyan K., Zisserman A. Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. [Electronic resource]. URL: <https://arxiv.org/abs/1409.1556> (date of access: 13.10.2021).
9. Parashar K.N., Oveneke M.C., Rykunov M., Sahli H., Bourdoux A. Micro-Doppler feature extraction using convolutional auto-encoders for low latency target classification. 2017 IEEE Radar Conferenc. Emerald. 2017. P. 1739–1744.
10. Huang G.B. What are Extreme Learning Machines? Filling the Gap Between Frank Rosenblatt’s Dream and John von Neumann’s Puzzle. *Cognitive Computation*. 2015. Vol. 7. P. 263–278.
11. Pan S.J. и Yang Q. A Survey on Transfer Learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2010. Vol. 22. No. 10. P. 1345–1359.
12. Deng J., Dong W., Socher R., Li L.J., Li K., Fei-Fei L. ImageNet: A large-scale hierarchical image database. 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Miami. 2009. P. 248–255.

УКД 004:685.5

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СТОХАСТИЧЕСКОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Волков В.Ф., Пономарев А.С.

*ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»,
Санкт-Петербург, e-mail: vka@mail.ru*

Рассматриваются два подхода к решению задачи обоснования рационального сочетания операций целевого применения организационно-технической системы (ОТС) и процедур контроля выполнения технико-технологических операций. Первый подход основан на определении параметров корректирующего вектора после каждого шага операции по выполнению целевой задачи. Вероятностной моделью процесса является сложная марковская цепь, вычислительные алгоритмы основаны на выборе варианта по критерию минимума стоимости дополнительно привлекаемых ресурсов при жестком ограничении на продолжительность операции и на вероятность достижения требуемого эффекта. При втором подходе в качестве вероятностной модели рассматривается марковская цепь со случайным моментом остановки; разработан алгоритм выбора управления для каждого исхода каждого этапа процесса применения ОТС. Оптимизационные расчеты как в первом, так и во втором подходе базируются на методе стохастического динамического программирования. Разработанные алгоритмы протестированы на примерах и дают возможность проанализировать влияние различных факторов, входящих в состав комплекса исходных данных (технические характеристики, параметры обстановки, атрибуты способов организации процесса и эксплуатационные характеристики), на степень приближения показателя результативности к максимально возможному для рассматриваемых условий значению.

Ключевые слова: результативность, марковская цепь, пошаговая реконфигурация, ретроспективная развертка, контроль факта исполнения

APPLICATION OF STOCHASTIC DYNAMIC PROGRAMMING METHOD WHILE ORGANIZING THE CONTROL OF ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS

Volkov V.F., Ponomaryov A.S.

Military Space Academy named after A.F. Mozhaysky, St. Petersburg, e-mail: vka@mail.ru

It is supposed two approaches to decision of justification task of the rational combination of organizational and technical systems target applications operations and performing technical and technological operations. First approach is based on parameters of the correction vector determining after each of target application operation performing. Probabilistic model of process is a complex Markov chain, computational algorithms are based on selection a minimum cost of additionally sources option with a strict limit on the duration of the operation and probability of achieving the desired effect. With the second approach is seemed Markov chain with a random moment of stopping as a probabilistic model; the algorithm of control selection for each stage of organizational and technical systems application is developed. Optimization calculations both in the first and in the second approaches are based on stochastic dynamic programming method. Developed algorithms are tested on examples and give the opportunity to analyze the influence of various factors that are part of the source data (technical specifications, environment parameters, attributes of the process organization methods and operational characteristics) on the degree of approximation of the performance indicator to the maximum possible for the conditions under consideration.

Keywords: productivity, Markov chain, step-by-step reconfiguration, retrospective scan, control of the execution fact

Одной из важных частных задач, возникающих при планировании применения сложных организационно-технических систем (ОТС), является установление рационального сочетания непосредственных технико-технологических операций и процедур контроля их выполнения. Очевидно, что дополнительное уточнение факта выполнения целевой задачи, с одной стороны, повышает степень объективности принимаемого решения, но, с другой стороны, требует использования новых ресурсов и сопровождается временными потерями. Возникает новая научная задача по обоснованию рациональной координации целевых воздействий и процедур контроля.

Анализ предметной области в сфере проблем управления в реальных иерархических системах показал, что методы координации

непрерывно развивались в различных работах по исследованию операций. В частности, в работах [1–3] были исследованы два способа организации информационного обмена в процессе координации. Первый предполагает осуществление обмена информацией между центром и подсистемами на каждом шаге итеративного процесса. При втором способе после получения и анализа информации от подсистем центр осуществляет весь итеративный процесс самостоятельно и выработывает управляющий сигнал для подсистем. Первый способ позволяет упростить координирующую задачу, но может зависеть от ограниченных вычислительных мощностей и пропускных способностей каналов связи. Второй способ связан с учетом факторов неопределенности, т.е. центр выраба-

тывает координирующий сигнал, учитывая неопределенность обстановки на основе прогнозирования ее развития; подсистемы действуют и на основе и координирующего сигнала, и реально складывающейся обстановки. Однако в работах [1–3] не предусмотрены вычисления на основе организации ретро-спективной развертки поискового процесса, учитывающие результаты контроля состояния ОТС, ошибки распознавания состояния ОТС, а также не учитываются параметры доверительных интервалов исходной информации (об обстановке). Таким образом, необходимо разработать алгоритм управления, учитывающий результаты контроля исполнения управляющих воздействий. При первом подходе к решению данной задачи наиболее адекватной для расчетов моделью представляется схема вероятностной корректировки плана действий по результатам каждого этапа. При втором подходе в качестве модели целесообразно рассматривать марковскую цепь со случайным моментом останова.

Материалы и методы исследования

Первоначально рассмотрим задачу оптимизации мониторинга результатов применения ОТС на основе пошаговой корректировки плана действий. В методиках и моделях, ориентированных на первый подход, после каждого шага операции по выполнению целевой задачи рассчитываются компоненты корректирующего вектора. Логика оптимизации заключается либо в решении задачи по критерию максимума вероятности достижения требуемого эффекта при жестком ограничении на продолжительность операции и на стоимость дополнительно привлекаемых ресурсов, либо в решении задачи по критерию минимума стоимости дополнительно привлекаемых ресурсов при жестком ограничении на продолжительность операции и на вероятность достижения требуемого эффекта [4; 5]. Однако данные алгоритмы, хотя и отвечают требованию ситуационного реагирования на результаты каждого этапа, не учитывают возросшие возможности перспективных ЭВМ по формированию массива ситуационных решений, соответствующих обстановке. Характеристики компьютеров петафлопсного диапазона и квантовых компьютеров мощностью в несколько кубитов, их оснащение процессорами с архитектурой ARMv9, внедрение алгоритмов Deepfake позволяют осуществлять накапливание и «табулирование» информации по различным исходам каждого шага операции. В связи с этим рассмотрим задачу адаптивного реагирования на результаты этапов при корректировке второго типа, учитывающей реконфигурацию математи-

ческого ожидания и среднеквадратического отклонения продолжительностей t_i не одного, а нескольких последующих этапов (при допущении, что рассматриваемые числовые характеристики величин t_i равны их плановым значениям. Вероятностной моделью процесса совместного прохождения процедур контроля и управляющих воздействий при корректировке второго типа является сложная марковская цепь [6]. При этом необходимо предусмотреть, что если полевые исследования или результаты вычислительных экспериментов подтверждают гипотезу о β -распределении продолжительностей этапов, то для получения значений t_p , используемых в расчетах, необходимо использовать теорему «Об обратной функции» [7]. Особенности «машинных» аспектов реализации соответствующей имитационной модели будут обусловлены «табличной» спецификой β -распределения, и возникающие при этом «разбросы» получаемых оценок требуют минимизации значений ошибок 1-го и 2-го рода (риска пользователя результатов расчетов и риска исполнителей).

При корректировке первого типа последовательно на каждом этапе, включая предпоследний, рассчитывается вектор реконфигурации, изменяющий параметры распределения продолжительности очередного этапа и минимизирующий стоимость дополнительных инвестиций (выбор из нескольких вариантов, предложенных экспертами и проработанных профильными специалистами); при этом отслеживается выполнение требования по гарантированному обеспечению минимума риска срыва выполнения основной задачи. При корректировке второго типа по результатам каждого этапа для всех остальных шагов, включая предпоследний, рассчитывается вектор реконфигурации, параметры которого последовательно уточняются после окончания каждого этапа путем решения соответствующих оптимизационных задач.

Рассмотрим пример пошаговой оптимизации плана действий при корректировке 2-го типа для случая $L = 4$. При фактическом выполнении первого этапа за время t_1^* (например, может иметь место отставание) выражение для продолжительности всей операции уточняется по формуле $T_{\Sigma 1}^* = \sum_{l=2}^4 t_l - t_1^*$. Вероятность выполнения задачи в заданный срок T_{nn} с учетом t_1^* под- лежит пересчету:

$$\gamma_1^* = \frac{1}{2} \left[W \left(\frac{T_{nn} - t_1^* - \bar{t}_2 - \bar{t}_3 - \bar{t}_4}{\sqrt{2} * \sqrt{\sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2}} \right) + 1 \right],$$

где W – табличная функция.

При невыполнении требований руководящих документов (РД), т.е. при $\gamma_1^* < \gamma^{PD}$, необходимо реализовать дополнительные мероприятия, в результате которых произойдет изменение числовых характеристик и второго, и третьего, и четвертого этапов: $m'_2 = m_2 + y_1$, $\sigma'_2 = \sigma_2 + y'_1$; $m'_3 = m_3 + y'_2$, $\sigma'_3 = \sigma_3 + y'_2$; $m'_4 = m_4 + y'_3$; $\sigma'_4 = \sigma_4 + y'_3$. Таким образом, после первого этапа вектор реконфигурации $Y_{<0>} = \langle y_1, y'_1, y_2, y'_2, y_3, y'_3 \rangle$ имеет размерность $\Theta_2 = 6$ и должен удовлетворять ограничению $\Psi_1(y_1, y'_1, y_2, y'_2, y_3, y'_3, t_1, \dots) \geq \gamma^{PD}$ или

$$\frac{1}{2} \left[W \left(\frac{T_{nl} - t_1^* - m_2 - y_1 - m_3 - y_2 - m_4 - y_3}{\sqrt{(\sigma_2 + y'_1)^2 + (\sigma_3 + y'_2)^2 + (\sigma_4 + y'_3) * \sqrt{2}}} \right) + 1 \right] \geq \gamma^{PD}$$

Математическое ожидание затрат на введение в действие обеспечивающих (корректирующих) мероприятий: $\Delta S^{(2)} = \Delta S^{(2)}(x_1, f^{(2)}(y_1, \dots))$, где $x_1 = t_1^* - m_1$, f – зависимость затрат от с параметров $y_1, y'_1, y_2, y'_2, y_3, y'_3$. Пусть второй этап реализован за время $t_2 = t_2^{**} = f(m_2 + y_1; \sigma_2 + y'_1)$. При сохранении отставания и отсутствии временных резервов повторно возникает риск, т.е. при

$$\gamma_2^{**} < \gamma^{PD}, \text{ где } \gamma_2^{**} = \frac{1}{2} \left[W \left(\frac{T_{nl} - t_1^* - t_2^{**} - m_3 - y_2 - m_4 - y_3}{\sqrt{(\sigma_3 + y'_2)^2 + (\sigma_1 + y'_3) * \sqrt{2}}} \right) + 1 \right]$$

осуществляется новая корректировка, вектор реконфигурации имеет размерность $\Theta_2 = 8$:

$$m''_3 = m_3 + y_2 + y_4, \sigma''_3 = \sigma_3 + y'_2 + y'_4; m''_4 = m_4 + y_3 + y_5, \sigma''_4 = \sigma_4 + y'_3 + y'_5$$

Ограничение на вектор реконфигурации: $\Psi_2(y_2, y'_2, y_3, y'_3, y_4, y'_4, y_5, y'_5, t_2^{**}, \dots) = \gamma^{PD}$.

Средние дополнительные затраты от введения в действия мероприятий с параметрами $y_4, y'_4; y_5, y'_5$: $\Delta S^{(3)} = \Delta S^{(3)}(x_2, y_4, y'_4, y_5, y'_5)$, где $x_2 = x_1 + y_1$.

Пусть $t_3 = t_3^{***} = t_3^*(m_3 + y_2 + y_4, \sigma_3 + y'_2 + y'_4)$. При $\gamma_3^{***} < \gamma^{PD}$, где

$$\gamma_3^{***} = \frac{1}{2} \left[W \left(\frac{T_{nl} - t_1^* - t_2^{**} - t_3^{***} - m_4 - y_3 - y_5}{(\sigma_4 + y'_3 + y'_5) * \sqrt{2}} \right) + 1 \right],$$

осуществляется новая корректировка, вектор реконфигурации имеет размерность $\Theta_4 = 6$, при этом

$$M_{i_4} = m_4 + y_3 + y_5 + y_6; \sigma_{i_4} = \sigma_4 + y'_3 + y'_5 + y_1; \text{ т.е. } Y_{<0_4>} = \langle y_3, y'_3, y_5, y'_5, y_6, y'_6 \rangle^T = Y_{<6>}$$

Ограничение на вектор реконфигурации: $\gamma_3^{***} \geq \gamma^{PD}$, где

$$\gamma_3^{***} = \frac{1}{2} \left[W \left(\frac{T_{nl} - t_1^* - t_2^{**} - t_3^{***} - m_4 - y_3 - y_5 - y_6}{(\sigma_4 + y'_3 + y'_5 + y'_6) * \sqrt{2}} \right) + 1 \right],$$

или $\Psi_3(y_3, y'_3, y_4, y'_4, y_5, y'_5, y_6, y'_6, t_1^*, t_2^{**}, t_3^{***}, \dots) \geq \gamma^{PD}$. Средняя стоимость вводимых резервных ресурсов y_6, y'_6 : $\Delta S^{(4)} = \Delta S^{(4)}(x_3, y_5, y'_6)$, где $x_3 = x_2 + y_2 + y_4$.

Суммарная стоимость всех дополнительно задействуемых ресурсов:

$$\begin{aligned} \eta_{2,3,4}(x_1, y_1, y'_1, y_2, y'_2, y_3, y'_3, y_4, y'_4, y_5, y'_5, y_6, y'_6) = \\ = \Delta S^{(2)}(x_1, f^{(2)}(y_1, \dots)) + \Delta S^{(3)}(x_2, y_4, y'_4, y_5, y'_5) + \Delta S^{(4)}(x_3, y_5, y'_6). \end{aligned}$$

Таким образом, требуется определить такие значения параметров $\tilde{y}_1, \tilde{y}'_1, \tilde{y}_2, \tilde{y}'_2, \tilde{y}_3, \tilde{y}'_3, \tilde{y}_4, \tilde{y}'_4, \tilde{y}_5, \tilde{y}'_5, \tilde{y}_6, \tilde{y}'_6$, при которых показатель $\eta_{2,3,4}$ обращается в минимум и выполняются ограничения:

$$\begin{aligned} \Psi_1(t_1^*, y_1, y'_1, y_2, y'_2, y_3, y'_3) &\geq \gamma^{PD}; \\ \Psi_2(t_1^*, t_2^{**}, y_2, y'_2, y_3, y'_3, y_4, y'_4, y_5, y'_5) &\geq \gamma^{PD}; \\ \Psi_3(y_3, y'_3, y_4, y'_4, y_5, y'_5, y_6, y'_6, t_1^*, t_2^{**}, t_3^{***}, \dots) &\geq \gamma^{PD}. \end{aligned}$$

Сформулированная задача решается инерционно с оперативными издержками (временем на сбор информации для регрессионного уточнения коэффициентов зависимости расходов на реконфигурацию от «подбираемых» параметров корректировки).

Результаты исследования и их обсуждение

Для проведения анализа результатов исследования рассмотрим процесс оптимизации мониторинга на основе координации управляющих воздействий и процедур контроля на примере схемы, в которой решение о завершении целенаправленного применения ОТС принимается по результатам проведения контроля факта исполнения управляющей программы [8; 9]. Введем обозначения:

c_l – стоимость ресурса, расходуемого на одну попытку целевого воздействия;

h – вероятность реализации одношаговой операции целевого воздействия (например, по переводу из одного штатного режима в другой);

a_l – стоимость операции контроля состояния ОТС;

B – показатель выходного эффекта (выигрыш от успешного штатного функционирования ОТС; предотвращенный ущерб и т.п.).

Возможны следующие случайные исходы операции: Z_1 – задача выполнена с первой попытки; Z_2 – процесс проходил по схеме «неудачная попытка → повторная попытка → контроль → удачная попытка → контроль»; Z_3 – процесс проходил по схеме «неудачная попытка → контроль → неудачная попытка → контроль → удачная попытка → контроль» и т.д. Исходное множество комбинаций целевых воздействий и процедур контроля определяется экспертами с учетом вероятностно-психологической модели принятия решений (модели действий) операторов.

Для перехода из каждого «нецелевого» состояния (результатов наступления событий Z_2, Z_3, Z_4, \dots) требуется плановый (заранее рассчитанный) расход того или иного ресурса. Так как вероятность перехода процесса из состояния в состояние зависит от результатов предыдущего исхода, то вероятностной моделью рассматриваемого процесса является марковская цепь со случайным моментом останова [6].

Методика решения задачи включает 3 этапа. Первый этап: генерирование исходного множества альтернатив путем проведения предварительной экспертизы структурных, параметрических и организационных атрибутов вариантов на предмет реализуемости. Второй этап: формирование множе-

ства вариантов методом ретроспективной развертки и заполнения базы аналитических решений соответствующих рекуррентных уравнений. Третий этап: определение конкретных комбинаций чередования целевых воздействий и процедур контроля результатов воздействий.

Из вышеизложенного следует, что выигрыш на любом l -м этапе зависит от типа управления. Введем обозначения: $K^{(1)}$ – первый тип управления (воздействие проводится без последующей процедуры распознавания состояния ОТС); $K^{(2)}$ – второй тип (после каждого сеанса проводится контроль факта перехода ОТС в требуемый режим); $K^{(3)}$ – третий тип (проведение управляющих воздействий и процедур контроля прекращается по решению руководства). Найдём связь между средним выигрышем V при нахождении системы в состоянии $U^{(j)}$, $j = 0(1)(L-1)$ и типом управления. Для первого типа управления $V_{jj+1} = -C_l + B(1-h)^j h + 0[1 - (1-h)^j h]$, но возможен подход, когда вместо нуля подставляются штрафные вычеты. Для второго типа $V_{jj+1}(K^{(2)}) = -c_l - a_l + B(1-h)^{j+1} + 0_*[1 - (1-h)^{j+1}]$. Выигрыш для третьего типа управления приравняем к нулю: $V_{jj+1}(K^{(3)}) = 0$. Далее, применив принцип проактивного управления для многоэтапной оптимизации и учитывая требование независимости от локальных экстремумов, сформулируем правила согласованного управления для каждого этапа и каждого состояния. В соответствии с логикой учёта возможности любого хода событий первоначально просчитаем выигрыш на последнем этапе. Система после $(L-1)$ -го этапа может находиться либо в состоянии $U^{(L)}$ (цель достигнута), либо в состояниях $U^{(L-1)}, U^{(L-2)}, \dots, U^{(1)}$, для которых возможна реализация двух типов управления – $K^{(1)}$ и $K^{(3)}$. При применении управления $K^{(1)}$ средний выигрыш на последнем этапе равен

$$V_l(U^{(j)}, K^{(1)}) = B(1-h)^j h - a_l, j = 0(1)(L-1).$$

После алгебраических преобразований получаем рекуррентные выражения для ретроспективной развертки. Если результат $(n-1)$ -го этапа – состояние $U^{(L)}$, то необходимым управляющим воздействием является $K^{(3)}$, т.е. выигрыш на всех оставшихся этапах равен нулю. Если результат $(n-1)$ -го этапа – состояние $U^{(j)}$, $j = 0(1)(n-1)$, то при управлении $K^{(1)}$ выигрыш рассчитывается по формуле

$$\begin{aligned} \bar{V}_n(U^{(j)}, K^{(1)}) + \bar{V}_{n+1, \dots, L}(U^{(j)}, K^{(1)}) = \\ = B(1-h)^j * h - c_l + \bar{V}_{n+1, \dots, L}(U^{(j+1)}). \end{aligned}$$

При управлении $K^{(2)}$ в этой же ситуации функциональное уравнение имеет вид

$$\bar{V}_{n,\dots,L}(U^{(j)}, K^{(2)}) = B(1-h)^j * h - c_l - \\ - a_l + (1-h)^{(j+1)} \bar{V}_{(n+1),\dots,L}^*(U^{(0)}).$$

При управлении $K^{(3)}$, если после $(n-1)$ -го этапа наступило состояние $U^{(j)}$, $j = 0(1)(n-1)$, средний выигрыш на всех остальных этапах будет равен нулю. Если по результатам вычислений получаются одинаковые выигрыши, то для отыскания единственного решения необходимо рассчитать среднеквадратическое отклонение как корень второй степени из математического ожидания квадрата центрированного значения выигрыша.

Рассмотрим реализацию алгоритма на примере дистанционного управления и контроля перевода в требуемый режим гипотетической ОТС при следующих исходных данных (в относительных единицах): $L = 6$; $h = 0.3$; $c_l = 1$; $a_l = 0.4$; $B = 8$. После вычислений получаем рациональную комбинацию для каждого исхода каждого этапа:

$$K_6^* : K^{(1)} \rightarrow K^{(1)} \rightarrow K^{(1)} \rightarrow K^{(3)} \rightarrow K^{(3)} \rightarrow K^{(3)},$$

$$K_5^* : K^{(1)} \rightarrow K^{(2)} \rightarrow K^{(2)} \rightarrow K^{(3)} \rightarrow K^{(3)},$$

$$K_4^* : K^{(2)} \rightarrow K^{(2)} \rightarrow K^{(2)} \rightarrow K^{(3)},$$

$$K_3^* : K^{(2)} \rightarrow K^{(2)} \rightarrow K^{(2)},$$

$$K_2^* : K^{(1)} \rightarrow K^{(2)},$$

$$K_1^* : K^{(1)},$$

при этом максимальный выигрыш составит $V^* = 3.03$. Следует отметить, что при направленном переборе массива параметров исходной информации предлагаемый алгоритм дает возможность проанализировать влияние различных факторов, входящих в состав комплекса исходных данных (соотношение величин L ; h ; c_p ; a_p ; B), на степень приближения показателя результативности V^* к исходному значению B .

Заключение

Разработаны алгоритмы решения задачи по обоснованию рациональной координации целевых воздействий в процессе применения организационно-технической системы и процедур контроля их результатов. При первом подходе рассматривается сложная марковская цепь со степенью зависимости исходов этапов, определяемой возможностями своевременного создания массива уточненной информации для выбранной схемы. При втором подходе в качестве вероятностной модели рассматривается марковская цепь со случайным моментом остановки; корректировка плана действий по результатам каждого этапа основана на методе стохастического динамического программирования.

Разработанные алгоритмы протестированы на примерах пошаговой корректировки четырехэтапного и шестиэтапного планов (аналитическое и численное решения).

Список литературы

1. Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов: монография. М.: РАН, 2018. 314 с.
2. Новиков Д.А. Аналитическая сложность решения задач управления организационно-техническими системами // Автоматика и телемеханика. 2018. № 5. С. 107–118.
3. Моисеев В.С. Групповое применение беспилотных летательных аппаратов: монография. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2017. 572 с.
4. Баранов В.В., Цвиркун А.Д. Управление развитием: структурный анализ, задачи, устойчивость // Автоматика и телемеханика. 2018. № 10. С. 55–75.
5. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю. Групповое управление движением мобильных роботов в неопределенной среде с использованием неустойчивых режимов // Труды СПИИРАН. 2018. № 5(60). С. 39–60.
6. Андреев В.Н., Волков В.Ф., Иоффе А.Я. Анализ оптимальных решений в марковских процессах с доходами // Вопросы кибернетики, вып. 74. М.: АН СССР, 1981. С. 33–42.
7. Мадера А.Г. Метод определения вероятностей прогнозируемых событий при принятии решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2016. № 2. С. 38–45.
8. Волков В.Ю. Адаптивная многопороговая селекция объектов на изображениях в системах дистанционного зондирования // Информационно-управляющие системы. 2020. № 3. С. 12–25.
9. Григорьев А.Н., Попович Т.В. Принципы и применение использования технологий дистанционного зондирования в информационном обеспечении // Труды ВКА имени А.Ф. Можайского. Выпуск 664. СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2018. С. 51–60.

УДК 656.075

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О ПРЕДОТКАЗНЫХ СОСТОЯНИЯХ ОТДЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

¹Горелик А.В., ¹Орлов А.В., ²Шерстюков О.С.

¹ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», Москва, e-mail: gatsroat@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», филиал,
Воронеж, e-mail: osherstukov@yandex.ru

Увеличение объема перевозок требует решения проблемы обеспечения необходимого уровня пропускной способности участков железных дорог и безопасности движения поездов. Отказы в устройствах железнодорожной автоматики и телемеханики вызывают сбои в движении поездов, приводят к росту издержек, связанных с внеплановыми остановками поездов, уменьшению участковой скорости. С целью снижения влияния отказов объектов железнодорожной инфраструктуры на перевозочный процесс в ОАО «Российские железные дороги» применяются автоматизированные информационные системы анализа статистических данных об имевших место инцидентах: отказах, предотказных состояниях и отступлениях от норм содержания устройств. Цель анализа – совершенствование процессов технической эксплуатации, позволяющее своевременно предотвращать и устранять возможные инциденты на инфраструктуре. В статье приводятся основные положения методики учета, сбора и систематизации статистических данных о предотказных состояниях устройств железнодорожной автоматики. В работе предложены определения и критерии предотказных состояний, формы представления соответствующих статистических данных. Кроме того, в работе рассмотрен один из возможных вариантов ранжирования предотказных состояний устройств железнодорожной автоматики по категориям в зависимости от значений критерия, характеризующего их техническое состояние.

Ключевые слова: железнодорожная автоматика, критические параметры, предотказные состояния, сбор информации, обработка информации, классификатор состояний

METHODS OF AUTOMATED COLLECTION AND PROCESSING OF INFORMATION ABOUT THE PRE-FAILURE STATES OF INDIVIDUAL RAILWAY AUTOMATION AND TELEMCHANICS DEVICES

¹Gorelik A.V., ¹Orlov A.V., ²Sherstyukov O.S.

¹Russian University of Transport, Moscow, e-mail: gatsroat@yandex.ru;

²Rostov State University of Railway Transport, branch, Voronezh, e-mail: osherstukov@yandex.ru

Increasing the volume of traffic requires solving the problem of ensuring the necessary level of capacity of railway sections and train traffic safety. Failures in railway automation and telemchanics devices cause disruptions in train traffic, lead to an increase in costs associated with unscheduled train stops, and a decrease in the local speed. In order to reduce the impact of failures of railway infrastructure facilities on the transportation process, JSC “Russian Railways” uses automated information systems for analyzing statistical data on incidents that have occurred: failures, pre-failure conditions and deviations from the standards of maintenance of devices. The purpose of the analysis is to improve the processes of technical operation, which allows timely prevention and elimination of possible incidents on the infrastructure. The article presents the main provisions of the methodology of accounting, collection and systematization of statistical data on the pre-failure states of railway automation devices. The paper offers definitions and criteria for pre-failure states, forms of presentation of relevant statistical data. In addition, the paper considers one of the possible options for ranking the pre-failure states of railway automation devices by categories, depending on the values of the criterion characterizing their technical condition.

Keywords: railway automation, critical parameters, pre-failure states, information collection, information processing, state classifier

В настоящее время с целью эффективно-го управления эксплуатационной деятельностью различных подразделений в ОАО «РЖД» активно применяется методология управления ресурсами, рисками и анализа надежности (УРРАН). Цель внедрения данной методологии заключается в снижении стоимости жизненного цикла объектов инфраструктуры при условии обеспечения высокого уровня надежности технических средств и требуемого уровня безопасности перевозочного процесса. При этом сами уровни надежности и безопасности опреде-

ляются, как правило, исходя из допустимых величин издержек на реализацию перевозочного процесса, а также на ликвидацию последствий, связанных с возможными отказами объектов инфраструктуры.

В хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) реализация основных принципов методологии УРРАН [1] заключается в автоматизации риск-ориентированного планирования ресурсов, необходимых для предотвращения и своевременного устранения возможных отказов систем и устройств ЖАТ. Решение

данной задачи требует разработки научно обоснованных методов анализа статистических данных не только об отказах систем и устройств ЖАТ, но и о случайных событиях, которые могут потенциально привести к их возникновению. К таким событиям относят возникновение предотказных состояний и отступлений от норм содержания технических средств ЖАТ.

Материалы и методы исследования

Работоспособное состояние, как состояние, при котором устройство или система ЖАТ может выполнять целевые функции, характеризуется своей совокупностью критических параметров и их пороговых значений:

$$[z_i^{\min}] < z_i < [z_i^{\max}], \quad i = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Причем

$$[Z^{\min}] = ([z_i^{\min}] | i = 1, \dots, n),$$

$$[Z^{\max}] = ([z_i^{\max}] | i = 1, \dots, n), \quad (2)$$

где $[z_i]$ – допустимое значение i -го критического параметра устройства или системы ЖАТ, характеризующего его работоспособное состояние.

Тогда условие работоспособности устройства или системы ЖАТ имеет вид

$$R = \begin{cases} 1 \rightarrow \text{работоспособное состояние;} \\ 0 \rightarrow \text{неработоспособное состояние.} \end{cases} \quad (3)$$

где

$$R = \prod_{i=1}^n (r_i^{\min} \cdot r_i^{\max}). \quad (4)$$

Причем

$$r_i^{\min} = \begin{cases} [z_i^{\min}] - z_i < 0 & \rightarrow 1 \\ [z_i^{\min}] - z_i \geq 0 & \rightarrow 0 \end{cases},$$

$$r_i^{\max} = \begin{cases} [z_i^{\max}] - z_i > 0 & \rightarrow 1 \\ [z_i^{\max}] - z_i \leq 0 & \rightarrow 0 \end{cases}. \quad (5)$$

Оператор R обобщает отклонения по всем специальным параметрам устройства или системы ЖАТ.

В соответствии с (3) устройство или система ЖАТ признается неработоспособным при $R = 0$ и работоспособным при $R = 1$, вне зависимости от того, какой из параметров z_i не удовлетворяет условию (1).

Учитывая вышеизложенное, предотказное состояние – это состояние устройства

или системы ЖАТ, при котором значение хотя бы одного специального параметра, характеризующего приближение отдельного устройства ЖАТ или системы ЖАТ к отказу, достигает значения, указанного в эксплуатационной документации или значение любого параметра, характеризующего работоспособность, достигает величины упреждающего допуска, указанного в эксплуатационной документации.

Для планирования и организации системы технического обслуживания в хозяйстве автоматики и телемеханики необходимо производить оценку предотказных состояний устройств и систем СЦБ на всей сети железных дорог.

Для оценки предотказных состояний некоторого устройства или системы ЖАТ необходимо:

1. Задать совокупность критических параметров, характеризующих способность выполнять заданные в нормативной и эксплуатационной документации функции;

2. Определить пороговые значения критических параметров;

3. Произвести сбор и обработку данных о фактическом состоянии устройств и систем ЖАТ, находящихся в эксплуатации [2].

Сравнение фактических значений критических параметров с их допустимыми значениями должно позволять однозначно идентифицировать предотказное состояние, в котором находится устройство или система ЖАТ.

Для сбора и регистрации информации о техническом состоянии устройств ЖАТ используются три способа: ручной, механизированный (с помощью специальных средств автоматизации сбора и регистрации), автоматический.

Автоматизированный сбор информации осуществляется при помощи специальных систем сбора и регистрации информации, позволяющих собирать информацию одновременно с большого количества устройств ЖАТ, т.е. используются системы непрерывного контроля.

Для определения критических параметров предотказных состояний устройств ЖАТ необходимо определить их номенклатуру. Номенклатура критических параметров различна и определяется отдельно для каждого типа устройств ЖАТ, с учетом их физической реализации, особенностями протекающих в них процессов, элементной базой и функциональным назначением [3, 4].

В качестве критических параметров предотказных состояний отдельных устройств ЖАТ используются параметры, определяемые физическими процессами,

протекающими внутри устройства, определяемые детерминированно в результате непосредственных измерений: токи, напряжения, временные характеристики, зазоры и люфты, моменты.

Номенклатура и нормы критических параметров предотказных состояний отдельных устройств ЖАТ определяются согласно соответствующим утвержденным основным техническим требованиям и нормам содержания устройств сигнализации, централизации и блокировки.

Результаты исследования и их обсуждение

При реализации процесса сбора и представления информации о предотказных состояниях устройств ЖАТ необходимо придерживаться следующих правил:

1. Измерения значений критических параметров предотказных состояний производятся согласно утвержденным инструкциям и технологическим картам.

2. Результаты измерений заносятся в соответствующие журналы учета и контроля и (или) используются автоматизированные рабочие места (АРМ) соответствующего уровня доступа.

3. Полученные результаты измерений и контроля критических параметров представляются в виде таблицы, макет которой представлен на рис. 1.

В макете таблицы, приведенном на рис. 1:

- столбец № 1 «№ п/п» – порядковый номер устройства в таблице, т.е. номер строки;
- столбец № 2 «Название перегона / станции» – в качестве названия перегона записывается через тире название станций, ограничивающих данный перегон, для станций указывается непосредственно ее название;
- столбец № 3 «Тип устройства» – наименование типа устройства ЖАТ;
- столбец № 4 «Код устройства» – индивидуальный номер устройства ЖАТ в пределах соответствующего перегона или станции;
- столбец № 5 «Критический параметр» – критический параметр предотказного состояния соответствующего устройства ЖАТ согласно нормам;
- столбец № 6 «Единица измерения» – единица измерения критического параметра

предотказного состояния соответствующего устройства ЖАТ согласно используемым нормам;

– столбец № 7 «Значение» – фактическое значение критического параметра предотказного состояния соответствующего устройства ЖАТ согласно используемым нормам;

– столбец № 8 «Дата» – календарная дата проведения измерения критического параметра предотказного состояния соответствующего устройства ЖАТ.

Обработка информации осуществляется по-разному для отдельных устройств ЖАТ и для систем ЖАТ, так как для первых оценка предотказных состояний осуществляется по непосредственно измеряемым критическим параметрам, а для вторых – косвенно, на основе обработки статистических данных о связанных с критическим параметром событиях.

В основу процесса обработки информации для оценки предотказных состояний отдельных устройств ЖАТ заложены следующие принципы [5–7]:

1. Каждый *i*-й критический параметр отдельного *j*-го типа устройств ЖАТ обозначается x_{ij} .

2. Область значений параметра x_{ij} , характеризующая предотказное состояние устройства ЖАТ, определяется неравенством

$$Z(x_{ij}) = x_{\min ij} \leq x_{ij} \leq x_{\max ij}, \quad (6)$$

где $x_{\min ij}$, $x_{\max ij}$ – нижнее и верхнее граничные значения критического параметра x_{ij} , соответствующие предотказному состоянию устройства ЖАТ.

3. Область предотказных состояний устройства ЖАТ *j*-го типа по всем учитываемым специальным параметрам определяется множеством вида

$$Z_{пред j} = \{Z(x_{ij}) \mid i = 1, \dots, n_j\}, \quad (7)$$

где n_j – количество учитываемых критических параметров устройства ЖАТ *j*-го типа.

В качестве номенклатуры критических параметров x_{ij} и норм их пороговых значений для устройств ЖАТ различных типов используются данные, представленные в утвержденных основных технических требованиях и нормах содержания устройств сигнализации, централизации и блокировки.

№ п/п	Название перегона / станции	Тип устройства ЖАТ	Код устройства	Критический параметр	Единица измерения	Значение	Дата

Рис. 1. Макет таблицы «Результаты измерений и контроля»

Критические параметры нормируются по-разному, в связи с чем:

а) для параметров устройств ЖАТ, значение которых контролируется шупом, а также для параметров, где отклонение недопустимо и должно отсутствовать, предотказное состояние не выявляется. Для его выявления используют другие параметры устройства ЖАТ;

б) предотказное состояние устройства ЖАТ на основе параметров, у которых норма задается в виде номинального значения с нормами положительного и отрицательного отклонения, оценивается соотношением фактического значения такого параметра к ближайшему предельному значению из верхней и нижней нормы;

в) норма, характеризующая достижение устройством ЖАТ определенного типа работоспособного состояния, может представлять собой минимальное либо максимальное допустимое значение. Подход к оценке

предотказных состояний по допустимому значению, представляющему собой максимум, является инверсным по отношению к подходу, основанному на использовании допустимого значения, представляющего минимум параметра.

Для учета различий в подходах, применяемых для нормирования различных критических параметров устройств ЖАТ, вводится оператор r , а значение параметра, соответствующее переходу устройства ЖАТ в неработоспособное состояние, обозначается как $[x_{ij}]$.

Границы интервала значений отдельного критического параметра устройства ЖАТ, соответствующие различным его предотказным состояниям, рассчитываются и представляются в виде классификатора, представленного в табл. 1.

В табл. 1 значение оператора r определяется в соответствии с правилом:

$$r = \begin{cases} 1 - \text{параметр } [x_{ij}] \text{ представляет нижнюю границу диапазона значений;} \\ 0 - \text{параметр } [x_{ij}] \text{ представляет верхнюю границу диапазона значений.} \end{cases}$$

Согласно табл. 1 границы интервалов, характеризующих различные предотказные состояния устройства ЖАТ определенного типа, для каждого критического параметра индивидуальны.

Вследствие того, что каждому отдельному типу устройств ЖАТ соответствует совокупность критических параметров и норм пороговых значений, предотказное состояние определяется, исходя из худшего фактического критического параметра, за исключением тех параметров, на основании которых предотказное состояние не контролируется.

Производится сравнение фактического значения критического параметра (столбец 7 макета таблицы на рис. 1) для каж-

дой строки таблицы, макет которой представлен на рис. 1 с пороговыми значениями согласно формуле (7).

В результате сравнения определяется метка (флаг) для соответствующего устройства:

– если неравенство (7) выполняется, то используется табл. 1 и метке присваиваются значения из табл. 2;

– если неравенство (7) не выполняется, но при этом устройство находится в работоспособном состоянии, то метке присваивается значение «б»;

– если неравенство (7) не выполняется, но при этом превышено допустимое значение критического параметра, то метке присваивается значение «0».

Таблица 1

Границы интервала значений критического параметра устройства ЖАТ определенного типа

Интервал значений критического параметра	Категория состояния устройства ЖАТ
$(0.975 \cdot [x_{ij}] + r \cdot 0.025; [x_{ij}])$	Недопустимая
$(0.95 \cdot [x_{ij}] + r \cdot 0.05; 0.975 \cdot [x_{ij}] + r \cdot 0.025)$	Критическая
$(0.925 \cdot [x_{ij}] + r \cdot 0.075; 0.95 \cdot [x_{ij}] + r \cdot 0.05)$	Граничная
$(0.9 \cdot [x_{ij}] + r \cdot 0.1; 0.925 \cdot [x_{ij}] + r \cdot 0.075)$	Нежелательная
$[\leq; 0.9 \cdot [x_{ij}] + r \cdot 0.1]$	Незначительная

Результаты сравнения представляются в виде таблицы, макет которой представлен на рис. 2.

На основе данных таблицы, макет которой представлен на рис. 2, определяется количество устройств ЖАТ, находящихся в разных состояниях:

N_1 – количество устройств, находящихся в недопустимом предотказном состоянии, – количество меток «1»;

N_2 – количество устройств, находящихся в критическом предотказном состоянии, – количество меток «2»;

N_3 – количество устройств, находящихся в граничном предотказном состоянии, – количество меток «3»;

N_4 – количество устройств, находящихся в нежелательном предотказном состоянии, – количество меток «4»;

N_5 – количество устройств, находящихся в незначительном предотказном состоянии, – количество меток «5»;

N_6 – количество устройств, находящихся в исправном состоянии, – количество меток «6»;

N_0 – количество устройств, у которых превышены пороговые значения критических параметров, – количество меток «0».

Доля устройств ЖАТ, находящихся в разных состояниях, определяется по соответствующим формулам, приведенным в табл. 3.

Таблица 2

Значения меток для категории состояния устройства ЖАТ определенного типа

Категория состояния устройства ЖАТ	Значение метки
Недопустимая	1
Критическая	2
Граничная	3
Нежелательная	4
Незначительная	5

№ п/п	Название перегона / станции	Тип устройства ЖАТ	Код устройства	Метка	Дата

Рис. 2. Макет таблицы, содержащей результаты сравнения

Таблица 3

Результаты обработки

Категория состояния устройства ЖАТ	Результат обработки (количество устройств)	Расчетная формула	Результаты расчетов, %
Недопустимая	N_1	$G_1 = \frac{N_1}{N_{общ}} \cdot 100\%$	G_1
Критическая	N_2	$G_2 = \frac{N_2}{N_{общ}} \cdot 100\%$	G_2
Граничная	N_3	$G_3 = \frac{N_3}{N_{общ}} \cdot 100\%$	G_3
Нежелательная	N_4	$G_4 = \frac{N_4}{N_{общ}} \cdot 100\%$	G_4
Незначительная	N_5	$G_5 = \frac{N_5}{N_{общ}} \cdot 100\%$	G_5
Предотказное состояние	$N_{II} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5$	$G_{II} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5$	G_{II}

Окончание табл. 3			
Категория состояния устройства ЖАТ	Результат обработки (количество устройств)	Расчетная формула	Результаты расчетов, %
Работоспособное состояние	N_6	$G_6 = \frac{N_6}{N_{\text{общ}}} \cdot 100\%$	G_6
Превышение пороговых значений предотказного состояния	N_0	$G_0 = \frac{N_0}{N_{\text{общ}}} \cdot 100\%$	G_0

Примечание. В табл. 3 $N_{\text{общ}} = N_{\text{п}} + N_6 + N_0$ – общее количество устройств ЖАТ; в результате расчетов должно выполняться равенство $G_{\text{п}} + G_6 + G_0 = 100\%$.

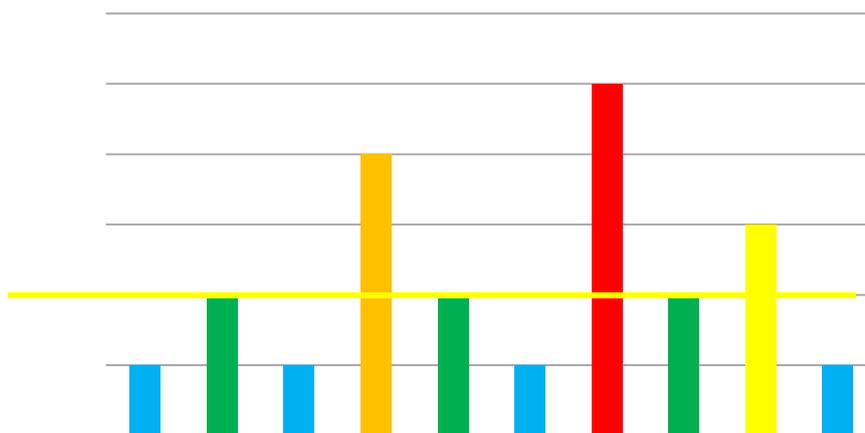


Рис. 3. Оценка уровня предотказного состояния устройств ЖАТ

Для нахождения среднего значения каждого критического параметра устройств ЖАТ заданного типа на участке и оценки предотказного состояния группы устройств ЖАТ по анализируемому параметру вычисляется среднее арифметическое значение из всех измеренных параметров устройств.

Фактическое усредненное значение критического параметра сопоставляется с нормой в соответствии с классификатором, представленным в табл. 1. Аналогично оценивается уровень предотказного состояния устройств ЖАТ заданного типа по всем критическим параметрам. Результат представляется в виде столбиковой диаграммы, где каждому столбцу соответствует один из критических параметров, а высоте столбца – уровень предотказного состояния. Пример диаграммы представлен на рис. 3.

На рисунке цвет столбца соответствует категории предотказного состояния по соответствующему критическому параметру. Цвет горизонтальной линии соответствует усредненному предотказному состоянию устройства по всем критическим параметрам.

Заключение

Оценка предотказного состояния устройства или системы ЖАТ возможна только при условии, что известны сразу два значения критического параметра:

- пороговое (допустимое) значение критического параметра;
- фактическое значение критического параметра.

Пороговое значение критического параметра определяется эксплуатационно-техническими требованиями к устройству или системе ЖАТ и, как правило, известно либо может быть вычислено.

Фактическое значение критического параметра конкретного устройства или системы ЖАТ должно определяться методом сбора и обработки статистических данных о функционировании системы или устройства ЖАТ в течение некоторого расчетного интервала времени. Таким образом, для оценки предотказных состояний систем и устройств ЖАТ требуется использовать алгоритмы автоматизированного сбора и обработки информации о фактических значе-

ниях критических параметров устройств и систем ЖАТ, базирующиеся на вышеуказанных положениях.

Применение разработанной методики сбора и обработки информации позволит подразделениям хозяйства автоматики и телемеханики осуществлять формирование и первичную обработку исходных данных для двух видов оценки предотказных состояний: вероятностной – для систем ЖАТ и детерминированной – для отдельных устройств ЖАТ с использованием автоматизированных систем сбора и обработки статистической информации.

Список литературы

1. Безродный Б.Ф., Горелик А.В., Журавлев И.А., Невазов П.А., Орлов А.В., Солдатов Д.В., Шалягин Д.В. Оценка качества функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики на основе методологии УРРАН // Депонированная рукопись – 25 с. Деп. в ВИНТИ, 20.08.2012, № 346. В2012.

2. Сапожников Вл.В. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учеб. пособие / Под ред. Вл.В. Сапожникова. М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. 318 с.

3. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. М.: Советское радио, 1975. 472 с.

4. Соколов М.М. Основы железнодорожной автоматики и телемеханики: учебное пособие. Ч. 1 / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2020. 79 с.

5. Методика оценки рисков, связанных с функционированием систем железнодорожной автоматики и телемеханики ОАО «РЖД»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 21.11.2015 № 3031 р. 39 с.

6. Методические указания «Управление надежностью функционирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики на основе методологий ALARP и УРРАН»: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 23.12.2016 г. № 2651 р.

7. Безродный Б.Ф., Горелик А.В., Журавлев И.А., Невазов П.А., Орлов А.В., Тарадин Н.А., Шалягин Д.В. Методика расчета показателей надежности, безопасности и оценки рисков функционирования систем интервального регулирования. М., 2012. 49 с. Деп. в ВИНТИ, 09.07.12, № 298. В2012.

УДК 519.86

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ В ТОРГОВО-ПОСРЕДНИЧЕСКОЙ СЕТИ И ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ПОДХОДЫ В ЕЕ ИЗМЕРЕНИИ

¹Дулесов А.С., ²Дулесова Н.В., ¹Гиманова И.А.

¹ФГБОУ ВО Хакассский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан,
e-mail: dulesov@khsu.ru;

²Хакассский технический институт – филиал ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет,
Абакан, e-mail: dulesovanv@mail.ru

В статье представлено исследование измерения неопределенности информации в процессе анализа состояния и параметризации торгово-посреднической сети. При рассмотрении понятийного аппарата наличия неопределенности в логистической системе выделены факторы, порождающие неопределенность в процессе анализа состояния и правления логистической системой. В качестве анализа протекающих процессов в логистической системе дается обоснование роли и возможности применения вероятностной меры, непосредственно связанной с оценкой и моделированием неопределенности информации. Теоретическое обоснование возможных подходов к измерению неопределенности связано с вычислением выборочной энтропии К. Шеннона. Выборкой считается конечная последовательность значений временного ряда, собранная по определенному правилу и служащая основанием для построения ансамбля данных расчета энтропии. Дан пример расчета энтропии при анализе варибельности временных рядов стоимости продаж одежды. Количественные значения энтропии позволили оценить наличие отклонений распределения стоимости (ее амплитуды) по месяцам, что характеризует меру неопределенности изменения параметров. Исследование измерения неопределенности информации через величину энтропии предоставляет возможность оценивать состояние торгово-посреднической сети в виде таких параметров, как цена, стоимость, объем продаж, что позволит осуществлять выбор при принятии управленческих решений.

Ключевые слова: неопределенность информации, энтропия, логистическая система, торгово-посредническая сеть

UNCERTAINTY IN THE TRADE INTERMEDIARY NETWORK AND PROBABILISTIC APPROACHES IN ITS MEASUREMENT

¹Dulesov A.S., ²Dulesova N.V., ¹Gimanova I.A.

¹Khakas State University named after N.F. Katanov, Abakan, e-mail: dulesov@khsu.ru;

²Khakas Technical Institute of Siberian Federal University, Abakan, e-mail: dulesovanv@mail.ru

The paper presents the study of uncertainty measurement in the process of analysis and parametrization of a trade intermediary network. Considering the conceptual apparatus of uncertainty presence in the logistic system, the factors generating uncertainty in the process of state analysis and logistics system management are singled out. The role and possibility of application of probabilistic measure which is directly connected with estimation and modeling of uncertainty of information is substantiated as an analysis of processes going on in the logistics system. The theoretical justification of possible approaches to the measurement of uncertainty is associated with the calculation of the sample entropy of C. Shannon. A sample is a finite sequence of time series values, selected according to a certain rule, which is the basis for constructing an ensemble of entropy calculation data. An example of entropy calculation for analyzing the time variability series of the clothing sales cost is given. The quantitative values of entropy have allowed us to estimate the presence of variations in the value distribution (its amplitude) by months, thereby characterizing the measure of uncertainty of parameter changes.

Keywords: information uncertainty, entropy, trade-commerce network, logistic system

При рассмотрении аспектов деятельности логистических систем внимание уделяется факторам неопределенности, влияющим на нее [1]. Торгово-посредническая сеть как подсистема логистики является сложной, включает в себя множество торгово-посреднических организаций [2], осуществляющих широкую гамму операций [3]. Наличие большого числа связей в такой системе характеризует ее разветвленную структуру, что осложняет задачи управления процессами распределения, доставки и хранения грузов различного назначения. При этом обработке подлежит огромное количество данных, требующих структуризации и последующего формирования

информации о состоянии и функционировании системы. Выделим факторы, обуславливающие наличие неопределенности при управлении логистической системой, в обобщенном виде.

1. В процессе анализа функционирования торгово-посреднической сети рассматриваются элементы, которые характеризуются как качественными, так и количественными показателями. Преобладание качественных показателей не означает получение точных оценок, поскольку их формализация строится на нечетких данных.

2. Недостаток знаний, снятие которого обусловлено эффективным примени-

ем интеллектуальных, информационных и иных ресурсов. Пополнение знаний дает информацию о поведении логистической системы, что позволяет в последующем принимать решения об эффективном управлении по отношению к другим участникам рынка.

3. Наличие огромного количества данных, полученных в результате мониторинга логистической системы. Такого рода проблема относится к Big Data, и ее разрешение требует научных изысканий, связанных с разработкой и применением инструментальных средств системного анализа и обработкой имеющихся данных.

4. Отсутствие обмена данными между конкурирующими фирмами, например о состоянии спроса и предложения на реализуемый товар, затрудняющее возможность прогнозирования рыночного спроса.

5. Поиск целенаправленных решений по управлению товарными потоками, в процессе которых требуется формальная постановка цели, целиком зависящая от наличия опыта и знаний менеджеров.

6. Использование детерминированных данных и методов для решения функций логистики, тогда как без должного внимания и применения остаются данные стохастического характера, что свидетельствует о получении неэффективных и не вполне обоснованных решений.

7. Особое место в логистической системе занимают вопросы цены на микрорынках торгово-посреднической сети, сохранения баланса между спросом и предложением. Неопределенность в этом случае вызвана несогласованностью законов функционирования рыночных отношений с результатами, требующими строгого выявления циклически повторяющихся взаимосвязанных процессов, отражающих протекание взаимосвязанных событий.

Неопределенность следует относить к существенному фактору, накладывающему свой отпечаток на вопросы, касающиеся выполнения системного анализа и поиска эффективных решений для получения конечного результата, что свидетельствует о необходимости снятия неопределенности в решении задач логистики.

Материалы и методы исследования

Рассматривая понятие неопределенности применительно к логистической системе, заметим следующее: неопределенность – недостаток достоверной информации о протекающих событиях или процессах и различных состояниях как внутренней, так и внешней среды. Предлагаемые к рассмотрению факторы накладывают свой от-

печаток на реализацию задач логистики. Затруднительно получить данные, проанализировать и структурировать их с целью получения информации, которая могла бы быть достаточной для получения дополнительных знаний с целью снятия неопределенности. Отсутствие достаточных реализаций в данном направлении способствует лишь возрастанию неопределенности.

При рассмотрении логистической системы среди источников возникновения неопределенности выделяют три взаимосвязанных фактора ее порождения [4].

1. Сложность системы, обусловленная наличием большого числа связей – как структурных, так и функциональных, присутствующих между агентами торгово-посреднической сети. Тем самым ее формальное описание весьма затруднительно по причине изменчивости структуры, функций выполнения заданий, иерархии управления и др.

2. Человеческий интеллект предполагает наличие достаточных способностей к познанию, пониманию и решению проблем, связанных с необходимостью выполнения контроля, осуществления эффективного управления логистическими процессами.

3. Внешняя среда является нейтральной, дружественной и антагонистичной по отношению к логистической системе. Ее игнорирование ограничивает возможности в получении достоверной информации и последующей выработке и принятии решений. Рассмотрение объектов логистики в виде замкнутой системы существенно увеличивает неопределенность, тем самым утрачивается возможность объективного анализа.

Вышеуказанные факторы следует отнести к причинам, вызывающим неопределенность [5].

1. Недостаток сведений, обусловленный несовершенством развития инфраструктуры информационной системы поддержки бизнес-процессов; отсутствием или недостатком статистических данных; возможными ошибками в проектировании и моделировании; несовершенством применения инструментов анализа логистических процессов.

2. Случайные или преднамеренные противодействия со стороны поставщиков (вызванные неопределенностью спроса на продукцию и трудностями ее сбыта) и конкурентов (не стремящихся делиться своей информацией, старающихся вникнуть в коммерческие тайны и воздействовать на внутренние дела фирмы).

3. Действие внешних факторов, имеющих случайную, неожиданную и, следо-

вательно, труднопредсказуемую природу возникновения.

Упомянутые факторы относятся к объективной реальности недостаточно точного и однозначного познания окружающей среды, поскольку степень освоения и применяемые методы анализа логистических процессов требуют дополнительных ресурсов.

По существу, неопределенность порождает необходимость в решении задач по двум направлениям: 1) выполнение мониторинга, сбор и обработка данных, определение степени неопределенности информации; 2) анализ неопределенности, оценка состояния системы, прогнозирование и выработка сценариев развития и управления процессами.

При рассмотрении неопределенности как фактора участия в устойчивом функционировании торгово-посреднической сети степень неопределенности определяет своевременность, качество и количество информации.

Продвижение товара в торгово-посреднической сети, несмотря на выполнение договорных отношений, включающих в себя детерминированные значения данных, не исключает наличия событий случайного характера. С учетом накопления данных о доставке, хранении и продаже товаров, выполнения их ретроспективного анализа рассматриваемые события (исходы) являются вероятными. Здесь находит свое отражение вероятностная мера. С позиции математики она является функцией вещественной, определенной на множестве событий в вероятностном пространстве, удовлетворяющей таким положительным свойствам, как счетная аддитивность [6].

Состояние элементов и всей торгово-посреднической сети меняется. Зная возможные исходы конкретной ситуации, следует ответить на вопрос, насколько она вероятна. Ответ может быть получен на основе применения инструментов обработки статистических данных, когда первое, что приходит в голову, – определить такие показатели, как дисперсия, математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, размах и др. Следует отметить, что имеющие место и широко применимые инструменты для этих целей дают неточные оценки при работе с Big Data. Тем не менее, вероятностная мера как статистический параметр является отправной точкой для последующего измерения неопределенности.

Наличие неопределенности обуславливает сложность системного анализа логистических процессов и требует применения теории вероятности. В таких случаях при-

ходится рассматривать исходы ситуаций, когда неопределенность связана с незнанием всего набора причинно-следственных связей или когда причина влияния на исход явно видна, но имеющиеся в нашем распоряжении теории затруднительно использовать на практике [7]. Если отказаться от пути применения весьма затратного механизма предсказания конкретных исходов, то следует перейти к предсказаниям того, что, вероятно, случится, зная заранее возможные исходы.

Рассмотрим пример. На микрорынках торгово-посреднической сети покупки осуществляются как регулярно, так и несистематически. На формирование набора товара с фиксированным количеством и ценой влияют различные факторы. Определенные виды товара приобретают стабильно в постоянных объемах, другие – случайным образом. При этом качество и цена товара могут меняться. Фактически дело обстоит так: существует столько причин для событий обмена, сколько и самих событий.

Несмотря на то что технологическая конкуренция на рынке товаров и услуг является двигателем прогресса, она остается мощным фактором генерирования вопросов, требующих изучения и разрешения, что исключает попытки выполнения точного моделирования рыночного обмена по причине непостоянства спроса. Следовательно, торгово-посредническая сеть как элемент логистики – идеальный кандидат для вероятностного моделирования.

Сведения, полученные в результате мониторинга, являются объектом хранения, передачи, преобразования и рассматриваются как информация. Измерение количества информации есть мера, основанная на понятии энтропии. Ее применение связано с рассмотрением состояний, в которых находится торгово-посредническая сеть. Большинство из этих состояний имеют стохастическую природу возникновения, должны быть конечными и наделены счетным числом исходов. Например, при рассмотрении цены X на микрорынке она описывается множеством величин x_1, x_2, \dots, x_n . Это же можно сказать и об объемах продаж. Этим состояниям соответствуют вероятности p_1, p_2, \dots, p_n появления величин x_1, x_2, \dots, x_n . Значения величин и полученные в результате расчета вероятности образуют статистический ансамбль данных, необходимых для вычисления энтропии.

В процессе анализа состояния сети полученные значения вероятностей требуют подтверждения гипотезы о распределении случайной величины. Если гипотеза подтверждена наличием статисти-

ческого распределения вероятностей p_k , то информационная энтропия определяется по выражению:

$$H = -\sum_{k=1}^n p_k \ln p_k \quad (1)$$

при условии $\sum_{k=1}^n p_k = 1$.

В случае, когда гипотеза не получила подтверждения, формула (1) теряет свой смысл. Фактически H – средняя величина энтропии в расчете на одно состояние или исход. Рассматривая (1), следует выделить свойства: 1) величина $H = 0$ возможна, когда какое-либо из p_k равно 1, а остальные – нулю. Свойство свидетельствует об отсутствии неопределенности информации; 2) величина H будет максимальной (неопределенность в информации максимальна), когда все вероятности равны между собой. Тогда невозможно отдать предпочтение какому-либо из рассматриваемых состояний. Если неопределенность в системе будет стремиться к минимуму (к меньшей величине энтропии), следовательно, она способна реализовать меньше состояний [8]. Среди положительных качеств энтропии выделяют свойство аддитивности: энтропия всех рассматриваемых исходов равна сумме энтропий отдельных исходов. Выражению (1) присуще еще одно качество: порядок (расстановка) слагаемых не влияет на величину H , т.е. можно поменять местами любое число слагаемых, но значение H при этом не изменится. Однако данное качество нельзя отнести к положительным, поскольку (1) не отражает наличия суперпозиции.

При анализе состояния торгово-посреднической сети с использованием при этом измерения неопределенности информации по (1) появляется возможность выбора из многообразия альтернатив для последующего принятия решений. Также можно определить меру разнообразия или индекса разнообразия, который применяется для определения степени равномерности или однородности распределения значений выборки, где p_k соответствует числу исходов в выборке и рассчитывается по выражению: $p_k = x_k / \sum_{k=1}^n x_k$. Если для всех N исходов или всей выборки распределение непрерывной случайной величины является равномерным, то согласно (1) получим максимальное значение энтропии через $\log_2 N$, что соответствует о наибольшей степени разнообразия состояний. При отсутствии разнообразия значение энтропии будет равно нулю. Если абстрагироваться от при-

сущей энтропии единицы измерения «бит», допустимо нормирование индекса: H/H_{\max} .

Торгово-посредническая сеть, обладающая большим числом структурных и функциональных связей, находится в неравновесном, но стационарном состоянии. Переход системы к равновесному состоянию будет означать рост энтропии, стремление к максимальному значению. Однако такое состояние свидетельствует об утрате возможностей развития системы, которое может быть только за счет снятия неопределенности информации. В этом процессе учет лишь смены состояний и определение величины энтропии не дают полной картины его протекания. Тем самым использование понятия энтропии не позволяет в целом охарактеризовать структурное содержание системы и функционирование ее элементов.

Одной из задач, касающихся измерения неопределенности информации, служит процедура выборки из данных, полученных в результате наблюдения за состоянием сети. Здесь важным вопросом является следующий: какие параметры следует отнести к наиболее существенным, характеризующим изучаемый процесс. Большинство данных содержится во временных рядах, а выбор необходимого набора параметров относится к процедуре параметризации. Она служит для получения новой информации о состояниях сети. При рассмотрении временных рядов и их анализе полагают, что они являются непрерывными, стационарными и линейными. Существующую в них случайную компоненту относят к разряду несущественных и в процессе анализа часто относят к ошибке измерений. Однако большинство временных рядов параметров, например движение материального потока по сети, порождены случайными динамическими процессами. Такие временные ряды нестационарны, стохастичны и нелинейны, что накладывает серьезные ограничения на применение многих традиционных методов анализа. Это обуславливает востребованность более эффективных подходов к анализу нестационарных рядов, среди которых выделяют построение гистограммных временных рядов. С ними можно ознакомиться в работах [9, 10], а также применительно к задачам логистики [11].

При рассмотрении сети ее состояние описывают набором параметров, характер и число которых существенно зависят от постановки задачи анализа. Как было отмечено ранее, можно воспользоваться энтропийной параметризацией, т.е. расчетом энтропии. Существует ряд методов, включающих в себя понятие элементарной энтропии выборки или выборочной энтро-

пии. Выборка – это конечная совокупность значений временного ряда $\{x_k\}$, выбранных по принятому правилу. Согласно задаче анализа, выбирается некоторое число значений и составляется последовательность, т.е. выборка. Значения выборки x_k служат для вычисления вероятности $p_i(x)$ попадания рассматриваемого значения x в выделенный подинтервал i , что в конечном итоге позволяет вычислить первую выборочную энтропию Шеннона:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i(x) \log_2 p_i(x). \quad (2)$$

Рассмотрим подробнее применение (2) для статистического ряда, в котором значений N выборки велико. Вычисляют максимальное x_{max} и минимальное x_{min} значение в исследуемом ряде. Разделяют его на n подинтервалов (уровней) $(x_{max} - x_{min})$ таким образом, чтобы величина интервала Δx была не меньше доверительного интервала данных наблюдений. Далее в каждом из подинтервалов находят число попавших значений выборки $\{x_k\}$ и определяют относительную частоту встречаемости, т.е. вероятность

p_i попадания в i подинтервал значения из выборки:

$$p_i = N_i/N$$

при условии $\sum_{i=1}^n p_i = 1$, а $\sum_{i=1}^n \Delta N_i = N$.

Результаты исследования и их обсуждение

Имеются временные ряды (табл. 1) продажи товаров в течение года [12]. Рассматривая ряды, отметим, что при расчете энтропии не требуется выполнения процедуры разбиения ряда на подинтервалы, поскольку он разбит на временные интервалы.

Представленные параметры (цена, количество, стоимость) коррелируют между собой на выделенном. При этом они представляют различные стороны плановых решений и мониторинга фактических результатов за определенный промежуток времени.

Определим энтропию для стоимости свитеров, костюмов и рубашек. В табл. 2 представлены полученные значения вероятностей, интервальных и средневзвешенных значений энтропии.

Таблица 1

Отчет о реализации продукции компанией «Альфа» за 2017 г.

Показатель	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого
Свитеры, тыс. руб.	1200	1266	1305	1201	1088	1049	991	927	1155	1245	1205	1230	13861
Количество, ед.	800	830	850	790	725	690	650	610	700	750	730	750	8875
Цена, руб.	1500	1525	1535	1520	1500	1520	1525	1520	1650	1660	1650	1640	1562
Костюмы, тыс. руб.	2000	2349	2337	2445	2730	2532	2380	2268	2451	2613	2577	2552	29233
Количество, ед.	500	580	570	600	650	610	570	540	580	625	610	615	7050
Цена, руб.	4000	4050	4100	4075	4200	4150	4175	4200	4225	4180	4225	4150	4147
Рубашки, тыс. руб.	978	1044	1170	1139	1185	1178	1196	1200	1186	1221	1148	1080	13724
Количество, ед.	1150	1200	1300	1380	1500	1570	1650	1600	1540	1480	1400	1350	17120
Цена, руб.	850	870	900	825	790	750	725	750	770	825	820	800	802
Итого продажи, тыс. руб.	4178	4659	4812	4785	5002	4758	4567	4395	4791	5079	4930	4862	56818

Таблица 2

Результаты вычислений

Показатель	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого	
Свитеры	p_i	0,087	0,091	0,094	0,087	0,078	0,076	0,071	0,067	0,083	0,090	0,087	0,089	1,0
	H_i	0,306	0,315	0,321	0,306	0,288	0,282	0,272	0,261	0,299	0,312	0,306	0,310	3,578
Костюмы	p_i	0,068	0,080	0,080	0,084	0,093	0,087	0,081	0,078	0,084	0,089	0,088	0,087	1,0
	H_i	0,265	0,292	0,291	0,299	0,319	0,306	0,295	0,286	0,300	0,311	0,309	0,307	3,581
Рубашки	p_i	0,071	0,076	0,085	0,083	0,086	0,086	0,087	0,087	0,086	0,089	0,084	0,079	1,0
	H_i	0,272	0,283	0,303	0,298	0,305	0,304	0,307	0,307	0,305	0,311	0,299	0,289	3,582

Анализируя полученные значения энтропии, отметим, что энтропия Шеннона – особенная характеристика, которая представляет собой количественную оценку отклонения данного распределения стоимости (ее амплитуды) по месяцам от однородного, когда все уровни равномерно заполнены, а вероятности всех 12 событий равны между собой. Таким образом, значения H_i характеризуют степень варибельности процесса продаж. При нулевой варибельности амплитуда H_i не меняется со временем. Например, стоимость реализации свитеров в январе, апреле и ноябре составляла примерно 1200 тыс. руб., что подтверждено амплитудой $H_i = 0,087$ (однако для данных месяцев по количеству и цене продаж нулевая варибельность амплитуды будет отсутствовать). При максимальной варибельности процесса продаж (когда ежемесячные значения равны между собой) средневзвешенное значение энтропии, полученное по (2), достигает своего максимального значения, равного $\log_2 n$, где n – число месяцев (временных интервалов). В рассматриваемом примере максимальное значение энтропии стоимости $H = 3,585$. Средние значения энтропии (табл. 2) каждого товара очень близки между собой, что свидетельствует о сходстве варибельности и относительно умеренных доходах от продажи в течение года. Следовательно, присутствуют известные закономерности распределения дохода (как случайной величины) во времени.

Интервальные H_i и средневзвешенные H значения энтропии по каждому из показателей продаж могут сопоставляться между собой для выявления амплитудных характеристик продаж. Кроме этого, значения энтропии отражают интенсивность и направления эволюции экономических процессов генерации цен, объемов продаж и стоимости. Анализируя варибельность временных рядов, отметим следующее.

1. Большая варибельность связана с ситуацией, когда H_i (или $\sum_i H_i$, что характеризуется как аддитивность) принимает значения, близкие к максимальным, свидетельствующие о чрезвычайной интенсивности и нестабильности процессов генерации.

2. Небольшая варибельность соответствует наличию относительно спокойной фазы.

Заключение

Рассматривая неопределенность как фактор недостатка информации о поведении системы логистики, можно заметить, что ее объективная реальность обусловлена:

– достатком необходимой информации;

– отсутствием должных возможностей в получении данных и достоверных информаций;

– недостатком уровня знаний;

– отсутствием острой потребности в инструментах системного анализа логистических процессов.

Измерение неопределенности информации через величину энтропии предоставляет возможность аналитику оценивать состояние логистической системы и осуществлять выбор из многообразия альтернатив для следующего принятия решений.

Структура торгово-посреднической сети описывается набором параметров состояния, характер и число которых существенно зависят от постановки задачи анализа. При использовании параметризации энтропии, т.е. выборочной энтропии Шеннона, она в задаче анализа будет количественно характеризовать произвольное распределение таких параметров, как цена, стоимость, объем продаж и др. Таким образом, энтропия, являясь функцией состояния анализируемой сети, количественно характеризует меру неопределенности и отражает изменение параметров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Хакассия в рамках научного проекта № 19-47-190001.

Список литературы

1. Кузьмин Е.А. Неопределенность и определенность в управлении организационно-экономическими системами. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2012. 184 с.
2. Никитина Н.Ю., Шкурко В.Е., Шарова Ю.Е. Организация торгово-технологических процессов. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. 112 с.
3. Пухов Я.В. Некоторые аспекты осуществления торгово-посреднических операций на современном этапе развития международных экономических отношений // Вестник экономической безопасности. 2019. № 1. С. 231–235.
4. Кузьмин Е.А. Феномен неопределенности в экономических теориях и концепциях // Вестник НГУЭУ. 2014. № 2. С. 18–36.
5. Данелян Т.Я., Епихин М.Н. Экономические системы в состоянии неопределенности // Образование. Наука. Научные кадры. 2018. № 1. С. 131–137.
6. Энатская Н.Ю. Теория вероятностей: учебное пособие для вузов. М.: Юрайт, 2021. 203 с.
7. Кокшотт П., Райт И. Вероятностный подход в экономике (фрагмент работы «Информация, деньги и стоимость» Кокшотта, Коттрелла, Райта и Майкельсона). [Электронный ресурс]. URL: <http://left.ru/2009/2/cockshott184.shtml> (дата обращения: 12.09.2021).
8. Чумак О.В. Энтропии и фракталы в анализе данных. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2011. 164 с.
9. Arroyo J., Mat'e C. Forecasting histogram time series with k-nearest neighbours methods. International Journal of Forecasting. 2009. 25. P. 192–207.
10. Добронев Б.С., Попова О.А. Численный вероятностный анализ неопределенных данных: монография. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. 168 с.
11. Дулесов А.С., Гиманова И.А. Вероятностная природа цены на микрорынках логистической системы // Вестник ХГУ им. Н.Ф. Катанова. 2019. № 3(29). С. 147–152.
12. Гребенников А.А. Действенный способ планирования выручки компании на год // Планово-экономический отдел. 2017. № 12. [Электронный ресурс]. URL: https://www.profiz.ru/peo/12_2017/godovaja_vyuchka (дата обращения: 20.09.2021).

УДК 004:519.633:551.345.2:551.583

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД ПРИ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ НА БЛИЖАЙШИЕ 300 ЛЕТ

Иванов В.А., Рожин И.И.

Институт проблем нефти и газа СО РАН – обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», Якутск, e-mail: victor.ivanov88@gmail.com

Происходящее в настоящее время беспрецедентно быстрое потепление климата в северных регионах оказывает значительное воздействие на множество природных экосистем. Вероятно, одним из эффектов будет масштабное оттаивание слоя многолетнемерзлых пород. Для прогноза динамики глубины оттаивания мерзлых грунтов решается одномерная задача Стефана с помощью модели, разработанной для палеорекострукции теплового режима мерзлых горных пород. В использованной модели учитываются зависимости коэффициентов теплопроводности и теплоемкости пористой среды от содержания в ней воды и льда, зависимости теплопроводности воды и скелета пористой среды от температуры, а также зависимость температуры плавления льда от давления и содержания солей. В качестве входных данных численного расчета использованы данные термометрии скважин, исследований керна и данные по современному климату Центральной Якутии, в том числе динамика среднемесячной температуры воздуха, радиационного баланса земной поверхности и коэффициента теплообмена на поверхности с учетом снежного покрова. Учет годовых колебаний температуры воздуха и радиационного баланса позволяет точнее прогнозировать тепловое состояние приповерхностных грунтов. Рассмотрены два сценария потепления климата – рост среднегодовых температур со скоростью $2^\circ\text{C}/100$ лет и со скоростью $4^\circ\text{C}/100$ лет. В результате вычислительного эксперимента получены картины нестационарного теплового поля, которые показывают постепенное оттаивание многолетнемерзлых пород со временем. Результаты позволяют уточнить наши представления о пространственно-временных закономерностях того, как многолетнемерзлые толщи реагируют на протекающий в настоящее время процесс потепления климата, что необходимо для выработки мер по адаптации и смягчению последствий.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, задача Стефана, математическое моделирование, потепление климата

MODELING OF DEGRADATION OF PERMAFROST IN THE PROCESS OF CLIMATE WARMING IN CENTRAL YAKUTIA FOR THE COMING 300 YEARS

Ivanov V.A., Rozhin I.I.

Institute of Oil and Gas Problems SB RAS, Yakutsk, e-mail: victor.ivanov88@gmail.com

The unprecedentedly rapid climate warming in the northern regions is having a significant impact on many natural ecosystems. Probably one of its effects will be large-scale thawing of the permafrost layer. To predict the depth of thawing of the frozen ground, the 1D Stefan problem is solved with the help of a model developed for paleoreconstruction of the thermal regime of frozen rocks. The model used takes into account the dependences of the coefficients of thermal conductivity and heat capacity of the porous medium on the content of water and ice in it, the dependences of the thermal conductivity of water and the matrix of the porous medium on temperature, and also the dependence of the melting point of ice on pressure and salt content. Well thermometry, core research data, and data on the modern climate of Central Yakutia, including monthly average air temperatures, radiation balance of the earth's surface, and heat transfer coefficient on the surface taking into account snow cover, were used as input data for numerical calculation. Accounting for annual fluctuations in air temperature and radiation balance allows us to more accurately predict the thermal state of shallow ground. Two scenarios of climate warming are considered – an increase in average annual temperatures at a rate of $2^\circ\text{C}/100$ years and at a rate of $4^\circ\text{C}/100$ years. At the output of the computational experiment, we obtained pictures of an unsteady thermal field in the soil, which show the gradual thawing of permafrost soils over time. The results will allow us to clarify our ideas about the spatio-temporal patterns of how permafrost react to the ongoing process of climate warming, which is necessary to develop adaptation and mitigation measures.

Keywords: permafrost, Stefan problem, mathematical modeling, global warming

В последнее столетие наблюдается постепенный рост среднегодовых температур воздуха во всем мире, регулярно фиксируются температурные рекорды и климатические аномалии [1]. Глобальное потепление набрало особенно высокую скорость в последние десятилетия и в силу этого способно вызвать множество последствий, которые коренным образом могут поменять мир, в котором мы привыкли жить. Это и затопление прибрежных территорий Мировым

океаном вследствие таяния ледников, и наступление пустынь в аридной зоне, и изменения в биосфере планеты, и многое другое. Одним из подобных последствий может оказаться масштабная деградация многолетней мерзлоты в северных широтах, которая усугубляется тем фактом, что в Арктике потепление климата выражено еще сильнее. Сложно оценить экологические, экономические и социальные риски, связанные с резким разрушением криолитозоны.

Некоторыми из имеющих место процессов для детального изучения этих рисков могут служить возможная потеря устойчивости грунтов под инженерными сооружениями или эрозия почв на берегах водоемов [2].

Многолетнемерзлые породы (ММП) распространены в арктической и субарктической климатических зонах, а также в горных районах. Их толщина может достигать 500 м и более. В настоящее время температура мерзлых пород находится в пределах нескольких градусов ниже нуля, поэтому их оттаивание может начаться в скором времени.

В Центральной Якутии в настоящее время имеет место слабый отклик глубины сезонно-талого слоя и в целом теплового состояния ММП на наблюдаемое повышение температуры воздуха [3]. В основном это объясняется синхронным уменьшением высоты снежного покрова и, следовательно, уменьшением его теплоизолирующей способности. Однако на окраинах криолитозоны в других регионах происходит деградация ММП [4]. Например, на северо-востоке европейской части России и на севере Западной Сибири. В Печоро-Уральском регионе по результатам мониторинга отмечаются рост температуры мерзлых пород, рост глубины таликов и осадка грунтов [5]. На территории Уренгойского месторождения в Западной Сибири идет устойчивое повышение температуры верхних горизонтов пород, а в некоторых местах произошел отрыв кровли ММП и ее продвижение вниз идет со скоростью примерно 30 м/100 лет [6]. В приведенных работах указывается, что, за исключением Центральной Якутии, измеренное повышение температуры ММП отстает от повышения температуры воздуха в 2–7 раз.

В работе [7] проведено моделирование температурного режима грунтов за последние 3,5 млн лет на территории Уренгойского месторождения. В разработанной очень подробной модели учтены зависимости коэффициента теплопроводности породы от фазового состава порового флюида, его зависимость от температуры, зависимость температуры таяния льда от давления и солености, а также возможное наличие незамерзшей воды в мерзлых грунтах.

$$C_v = \begin{cases} C_{v,m}(1-\phi) + C_{v,w}\phi, & \text{при } T > T_L, \\ C_{v,m}(1-\phi) + C_{v,w}\phi W(T) + C_{v,i}\phi(1-W(T)) + \rho_w\phi L \frac{dW(T)}{dT}, & \text{при } T < T_L, \end{cases} \quad (2)$$

где T_L – температура плавления льда; $C_{v,m}$ – объемная теплоемкость скелета пористой среды, которая находится из исследований ядра; ϕ – пористость среды, которая зависит от глубины и также определяется из исследований ядра; $C_{v,w}$ – объемная теплоемкость

Моделирование показало, что за рассматриваемый период произошло как минимум 10 циклов похолодания, которые сопровождалось появлением слоя ММП и зоны стабильности газовых гидратов. Выявлено, что температурное поле находится в сильной зависимости от физико-химических свойств грунтов, в особенности от коэффициента теплопроводности. В работе [8] построен прогноз изменений температуры грунтов в Центральной Якутии при двух сценариях потепления – умеренный со скоростью 0,04 °C/год и агрессивный со скоростью 0,08 °C/год. Согласно использованной модели даже при агрессивном сценарии температура приповерхностного грунта поднимется выше 0 °C только через 40 лет. При этом глубина сезонного оттаивания при тренде 0,04 °C/год практически не меняется, а при тренде 0,08 °C/год – увеличивается с 2,0 до 2,2 м. Также следует отметить, что в этой модели потепление климата на 1 °C вызывало повышение температуры грунтов на 0,33 °C.

В настоящей работе ставится цель провести анализ темпов деградации слоя ММП при возможном повышении атмосферной температуры с помощью математической модели, предложенной в работе [7].

Материалы и методы исследования

Согласно модели из [7], для массива горных пород решается одномерная задача Стефана по глубине

$$C_v(T) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) + A(z, t), \quad (1)$$

где $C_v(T)$ – объемная теплоемкость пористой среды, зависящая от её состава, температуры и глубины залегания и в которую включена теплота фазового перехода «лед – вода»; T – температура горных пород; t – переменная времени; z – глубина; $\lambda(T)$ – коэффициент теплопроводности пористой среды, зависящий от ее состава, температуры и глубины залегания; A – внутреннее тепловыделение горных пород, вызванное естественной радиоактивностью.

Объемная теплоемкость пористой среды вычисляется как взвешенная средняя арифметическая по ее составу:

воды, равная $4,187 \text{ МДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$; $W(T)$ – доля незамерзшей поровой воды, которая зависит от температуры и типа горных пород; $C_{v,l}$ – объемная теплоемкость льда, равная $1,926 \text{ МДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$; ρ_w – плотность воды, равная $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$; L – удельная теплота плавления льда, равная $334 \text{ кДж}/\text{кг}$.

Температура плавления льда зависит от гидростатического давления, содержания солей в поровой воде натрий- и калийхлоридного типа

$$T_L = 0^\circ\text{C} - 0,073P - 0,064C_s, \quad (3)$$

где T_L – температура замерзания воды в $^\circ\text{C}$, P – давление в МПа, C_s – концентрация солей в г/л.

Коэффициент теплопроводности пористой среды вычисляется как средняя геометрическая по ее составу:

$$\lambda(T) = \begin{cases} \lambda_m^{1-\phi} \lambda_w^\phi, & \text{при } T > T_L, \\ \lambda_m^{1-\phi} \lambda_w^{\phi W(T)} \lambda_l^{\phi(1-W(T))}, & \text{при } T < T_L, \end{cases} \quad (4)$$

где λ_m – коэффициент теплопроводности скелета пористой среды, который зависит от температуры; λ_w – коэффициент теплопроводности воды, тоже зависящий от температуры; λ_l – коэффициент теплопроводности льда, который принят равным $2,26 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Коэффициент теплопроводности скелета пористой среды находится по следующей зависимости от температуры:

$$\lambda_m = \frac{\lambda_{m,20}}{1 + \alpha_T (T - 20^\circ\text{C})}, \quad (5)$$

где $\lambda_{m,20}$ – коэффициент теплопроводности скелета при 20°C , который определяется из исследований керна; α_T – температурный коэффициент.

Коэффициент теплопроводности воды также зависит от температуры:

$$\lambda_w = \begin{cases} 0,6 & \text{при } T < 50^\circ\text{C}, \\ 0,565 + 0,00188T - 0,00000723T^2, & \text{при } 50^\circ\text{C} < T < 137^\circ\text{C}, \\ 0,602 + 0,00131T - 0,00000514T^2, & \text{при } T > 137^\circ\text{C}. \end{cases} \quad (6)$$

На верхней границе задается условие 3-го рода, учитывающее конвективный и радиационный теплообмен

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha (T_{air} - T) + q_{surf}, \quad (7)$$

где α – суммарный коэффициент теплообмена между атмосферным воздухом и грунтом, T_{air} – температура воздуха, q_{surf} – радиационный баланс земной поверхности.

На нижней границе массива горных пород задается условие 2-го рода с геотермическим потоком тепла

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial z} = q_{geo}. \quad (8)$$

Для единственности решения системы уравнений (1)–(8) математическую модель необходимо дополнить начальным условием

$$T(z, 0) = T_0. \quad (9)$$

Поставленная задача решается методом конечных элементов с использованием пакета прикладных программ для технических вычислений.

Объектом исследования является неоднородный массив горных пород глубиной 3000 м , из которых в условиях Центральной Якутии примерно на 500 верхних метрах расположены ММП, а на оставшуюся часть приходится талые горные породы. Для сокращения краевых эффектов используется неравномерная сетка разбиения, шаг которой постепенно уменьшается при приближении к верхней границе. Начальное распределение температуры массива горных пород по данным термометрии представлено на рис. 1. Видно, что температурное распределение в большей части мерзлой зоны практически равномерное с близкими к нулю отрицательными температурами. Это может свидетельствовать о том, что в настоящий момент ММП находятся на пороге начала оттаивания.

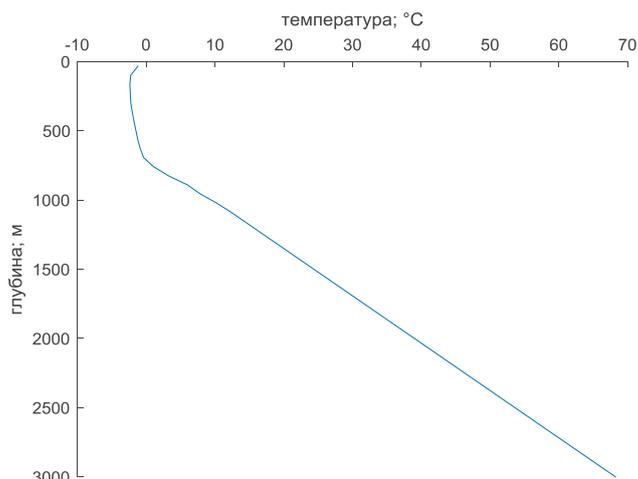


Рис. 1. Начальное распределение температуры горных пород по глубине

Таблица 1

Характеристики слоев массива горных пород

Интервал, м	Плотность скелета пористой среды, кг/м ³	Объемная теплоемкость скелета пористой среды, МДж/(°С·м ³)	Коэффициент теплопроводности скелета пористой среды, Вт/(м·°С)	Пористость, д.е.
0–86	2000	2,13	2,24	0,21
86–488	2000	2,27	2,12	0,21
488–539	2120	2,37	1,77	0,19
539–980	2300	2,18	2,39	0,13
980–1831	2350	2,19	2,72	0,12
1831–2561	2380	2,19	2,86	0,12
2561–3000	2330	2,19	2,51	0,12

Таблица 2

Среднемесячные значения данных атмосферы на начальный момент расчета

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Средняя месячная температура воздуха, °С	-37,5	-32,7	-21,4	-5	7,3	16,6	19,8	15,4	5,8	-7,4	-27,6	-38
Радиационный баланс, Вт/м ²	-9,65	-4,63	-5,02	45,14	113,04	126,16	119,6	79,48	35,49	0	-14,27	-9,65
Коэффициент теплообмена между атмосферным воздухом и грунтом, Вт/(м ² ·°С)	0,39	0,40	0,43	9,28	27,87	27,46	26,19	25,30	24,38	8,89	0,54	0,42

В расчетах содержание незамерзшей воды в мерзлых песчаных породах, а также содержание солей в поровой воде принимаются равными нулю. Также для условий Центральной Якутии приняты усредненные значения $A = 1,5 \cdot 10^{-6}$ Вт/м³, $\alpha_r = 0,002$ °С⁻¹, $q_{geo} = 0,057$ Вт/м². Физические параметры многослойного массива горных пород представлены в табл. 1. Данные по средне-

месячной температуре воздуха и по радиационному балансу земной поверхности, приведенные в табл. 2, взяты из работы [9]. Значения суммарного коэффициента теплообмена (табл. 2) рассчитаны с учетом снежного покрова, который препятствует поступлению холода и, соответственно, понижению температуры верхних горизонтов ММП в зимний период.

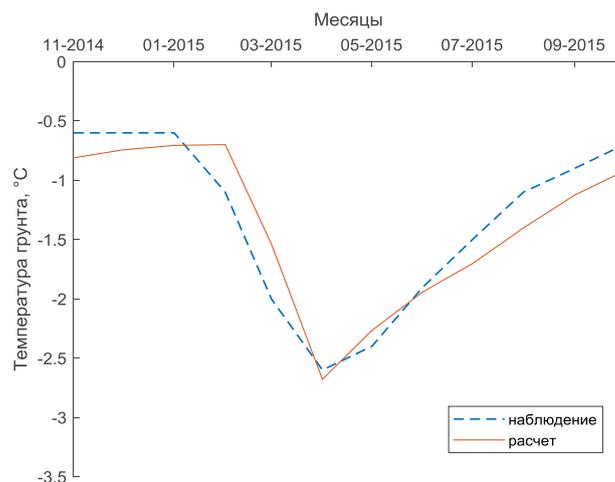


Рис. 2. Начальное распределение температуры горных пород по глубине

Для проверки адекватности численной модели проведено сравнение среднемесячных температур грунта на глубине 3,2 м с наблюдениями на площадке с естественным покровом на стационаре «Туймаада» ИМЗ СО РАН [10] (рис. 2). В этом расчете для верхнего граничного условия (7) использованы архивные данные по погоде с сайта gr5.ru, а также данные по радиационному балансу луговой площадки из табл. 2. Расчетные и наблюдаемые на стационаре кривые совпадают в достаточной мере.

Рассматриваются две скорости будущего потепления климата: 1) рост температуры воздуха с темпом $4\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет; 2) рост с темпом $2\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет. Первая скорость соответствует повышению температуры поверхности Земли при отсутствии дополнительной деятельности по уменьшению выбросов CO_2 , согласно докладу МГЭИК [1]. Вторая скорость соответствует целевому уровню увеличения средней температуры планеты, согласованному на конференции по климату в Париже в 2015 г. [11]. В течение каждого года температура воздуха задается циклически изменяющейся функцией, аппроксимирующей его среднемесячные значения. Так как моделирование проводится на срок, составляющий 300 лет, то повышение температуры воздуха в XXI в. линейно экстраполируется на два последующих столетия.

Расчеты выполнены в коммерческом пакете прикладных программ для решения задач технических вычислений.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 3 представлены распределения температуры по глубине в верхней толще

мерзлых пород для двух рассмотренных сценариев потепления климата. После 100-го года при тренде увеличения температуры воздуха $2\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет (рис. 3, а) и после 50-го года при тренде $4\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет (рис. 3, б) заметны повышения температур пород, находящихся ниже сезонно-талого слоя глубиной до 3 м. Потепление климата провоцирует деградацию многолетней мерзлоты и увеличение глубины сезонного оттаивания, что может приводить к развитию термокарста при наличии сильнольдистых ММП, термоэрозии и термоденудации. Видно, что профили температуры в талой области имеют практически линейный характер. Следовательно, при потеплении климата тепловая энергия, подводимая на земную поверхность, в основном расходуется на плавление порового льда в верхних горизонтах ММП.

На рис. 4, а, представлены прогнозные глубины кровли ММП на период до 300 лет при действии темпов потепления климата на $2\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет и $4\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет. При этом в течение первых 60 и 120 лет, соответственно темпам потепления, растепление грунтов находится в пределах сезонно-талого слоя глубиной 3 м (рис. 4, б). Через 50 лет глубина сезонно-талого слоя увеличится на 30 см (13%) при темпе потепления климата $2\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет и на 50 см (23%) при темпе потепления $4\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет. Этот результат близок к значениям Росгидромета [12], согласно которому в районе г. Мирный к середине XXI в. ожидается увеличение глубины сезонного оттаивания на 20% – с 1,95 м (2000–2010 гг.) до 2,34 м (2040–2050 гг.).

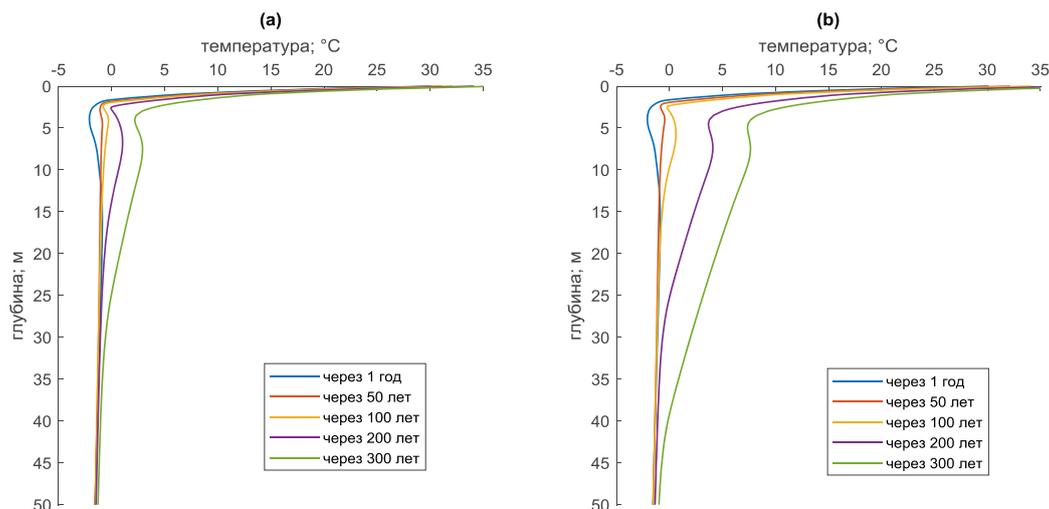


Рис. 3. Динамика распределения температуры по глубине в осенний период при темпе роста температуры воздуха: (а) $2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$ (б) $4\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$

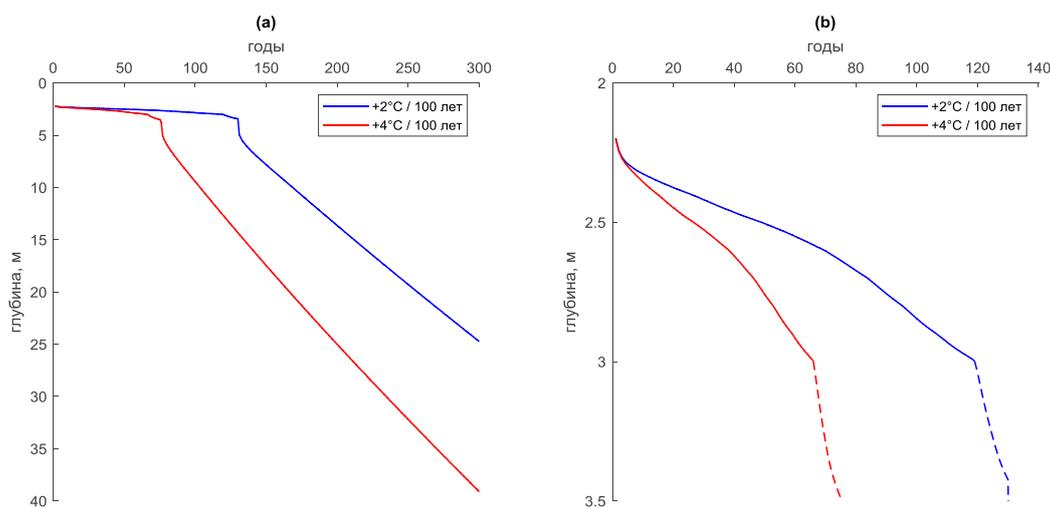


Рис. 4. (а) Прогнозная динамика изменения глубины кровли ММП в зависимости от сценария потепления климата. (б) Прогнозная динамика изменения глубины сезонного оттаивания ММП в зависимости от сценария потепления климата. Пунктирные линии – глубина кровли ММП после отрыва от поверхности

В дальнейшем происходит отрыв кровли ММП и ниже сезонно-талого слоя начинает формироваться таликовая зона, которая со временем увеличивается по линейному закону (рис. 4, а). Эта зона растет со скоростью примерно $12\text{ м}/100\text{ лет}$ при темпе потепления климата $2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$ и примерно $15\text{ м}/100\text{ лет}$ при темпе потепления климата $4\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ лет}$.

Погрешности результатов данного моделирования в наибольшей степени зависят

от упрощающих допущений модели и качества исходных данных. Во-первых, сильное влияние на термическое состояние ММП оказывает растительность (возможно уменьшение мощности сезонно-талого слоя до 50%) [13], вариации которой в данной работе не учитываются. Во-вторых, выходные данные МОЦ несут в себе определенную неточность, которая может быть довольно существенной для территории Якутии [14]. И в-третьих, теплофизические свойства

грунтов могут значительно меняться в зависимости от местности.

Заключение

Проведен вычислительный эксперимент по определению масштабов оттаивания многолетней мерзлоты при двух сценариях потепления климата для условий Центральной Якутии. Использована численная модель, разработанная для палеорекострукции теплового режима горных пород. При темпе роста температуры воздуха $4^\circ\text{C}/100$ лет, что соответствует сценарию с отсутствием дополнительной деятельности по уменьшению выбросов CO_2 , через 60 лет начинается деградация многолетней мерзлоты со скоростью примерно $15 \text{ м}/100$ лет. В случае если темп потепления климата удержится на отметке $2^\circ\text{C}/100$ лет, то деградация многолетней мерзлоты начнется через 120 лет, а ее скорость составит примерно $12 \text{ м}/100$ лет. Эти прогнозные оценки получены при изменениях температуры в верхних горизонтах ММП, обусловленных только повышением температуры воздуха. Дополнительные исследования необходимы для оценки влияния многолетней динамики снежного покрова, солнечной радиации, альбедо земной поверхности, скорости ветра и других региональных характеристик климата на термическое состояние криолитозоны.

Список литературы

1. Основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.). Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад: Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. МГЭИК, Женева, Швейцария, 2014. 163 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf (дата обращения: 29.01.2021).
2. Специальный доклад МГЭИК об океанах и криосфере в условиях изменения климата. 2019. 34 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/SROCC_FinalDraft_FullReport.pdf (дата обращения: 29.01.2021).
3. Варламов С.П., Скачков Ю.Б., Скрыбин П.Н., Шендер Н.И. Тепловое состояние верхних горизонтов криолитозоны Центральной Якутии // Труды Десятой Международной конференции по мерзлотоведению ТАСО: Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире (Салехард, 25–29 июня 2012 г.). Т. 3. Тюмень, 2012. С. 47–52.
4. Romanovskiy V.E., Smith S.L., Isaksen K., Shiklomanov N.I., Streletskiy D.A., Kholodov A.L., Christiansen H.N., Drozdov D.S., Malkova G.V., Marchenko S.S. Terrestrial permafrost [in «State of the Climate in 2018»]. Bulletin of the American Meteorological Society. 2019. Vol. 100. No. 9. P. 153–160.
5. Васильев А.А., Гравис А.Г., Губарьков А.А., Дроздов Д.С., Коростелев Ю.В., Малкова Г.В., Облогов Г.Е., Пономарева О.Е., Садуртдинов М.Р., Стрелецкая И.Д., Стрелецкий Д.А., Устинова Е.В., Широков Р.С. Деградация мерзлоты: результаты многолетнего геоэкологического мониторинга в западном секторе российской Арктики // Криосфера Земли. 2020. Т. 24. № 2. С. 15–30.
6. Украинцева Н.Г., Дроздов Д.С., Попов К.А., Гравис А.Г., Матышак Г.В. Ландшафтная индикация локальной изменчивости свойств многолетнемерзлых пород (Уренгойское месторождение, Западная Сибирь) // Криосфера Земли. 2011. Т. 15. № 4. С. 37–40.
7. Galushkin Yu.I. Numerical simulation of permafrost evolution as a part of sedimentary basin modeling: permafrost in the Pliocene–Holocene climate history of the Urengoy field in the West Siberian basin. Canadian Journal of Earth Sciences. 1997. Vol. 34. No. 7. P. 935–948.
8. Перльштейн Г.З., Павлов А.В., Буйских А.А. Изменения криолитозоны в условиях современного потепления климата // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2006. № 4. С. 305–312.
9. Федоров А.Н., Максимов Т.Х., Гаврильев П.П., Скачков Ю.Б., Десяткин Р.В., Исаев А.П., Константинов П.Я., Васильев И.С., Угаров И.С., Ефремов П.В., Аргунов Р.Н., Николаев А.Н. «Спасская падь»: Комплексные исследования мерзлотных ландшафтов. Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2006. 210 с.
10. Жирков А.Ф., Варламов С.П., Железняк М.Н. Результаты годичного цикла наблюдений температурного режима грунтов в естественных условиях и при нарушении покровов // Материалы Пятой конференции геоэкологов России. 2016. С. 52–58.
11. Парижское соглашение: Конференция Сторон, Двадцать первая сессия, 30 ноября – 11 декабря 2015 года. 42 с. [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf (дата обращения: 29.01.2021).
12. Алексеев Г.В., Асарин А.Е., Балонишникова Ж.А., Битков Л.М., Бульгина О.Н., Бугров Л.Ю., Виноградова В.В., Гаврилова С.Ю., Ганюшкин Д.А., Гинзбург А.И., Георгиевский М.В., Глазовский А.Ф., Говоркова В.А., Голованов О.Ф., Голод М.П., Гребенец В.И., Гройсман П.Я., Груза Г.В., Губарьков А.А., Данченков М.А., Дацок Т.А., Дмитриева Е.В., Дроздов Д.С., Елистратов В.В., Жиркевич А.Н., Замолдичков Д.Г., Иванов В.В., Иванова Т.Б., Ильин Б.М., Инсаров Г.Э., Карклин В.П., Кароль И.Л., Катцов В.М., Кириллов С.А., Киселев А.А., Клепиков А.В., Ковалевский Д.В., Кононова Н.К., Комаров А.С., Коршунова Н.Н., Краев Г.Н., Курганова И.Н., Лебедев С.А., Лейбман М.О., Лурье П.М., Лучин В.А., Максимов А.А., Малеев В.В., Махоткина Е.Л., Мезенцева Л.И., Мелешко В.П., Минин А.А., Мирвис В.М., Муравьев А.А., Мухоморова Л.В., Надеждина Е.Д., Неушкин А.И., Носенко Г.А., Осипов Э.Ю., Осипова О.П., Павлова Т.В., Панов В.Д., Перельский В.И., Платова Т.В., Поздняков Л.А., Пономарев В.И., Попов И.О., Пчелкин А.В., Радионов В.Ф., Разуваев В.Н., Ранькова Э.Я., Решетников А.И., Романенков В.А., Рочева Э.В., Рябенко В.А., Самохина О.Ф., Санина А.Т., Семенов В.А., Семенова И.В., Сирин А.А., Соколов О.В., Спорышев П.В., Степанов А.Л., Страшная А.И., Стрелецкий Д.А., Тимохов Л.А., Титкина С.Н., Трусенкова О.О., Устинова Е.И., Ушакова Р.Н., Хабаров Н.В., Хен Г.В., Хомутов А.В., Хромова Т.Е., Черенкова Е.А., Шахгеданова М.В., Швиденко А.З., Шеремет Н.А., Шерстюков А.Б., Шилин М.Б., Шнятов С.Г., Школьник И.М., Шкорба С.П., Щепаченко Д.Г. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Ростгидромет, 2014. 1009 с.
13. Анисимов О.А., Жирков А.Ф., Шерстюков А.Б. Современные изменения криосферы и природной среды в Арктике // Арктика XXI век. Естественные науки. 2015. № 2 (3). С. 25–47.
14. Кириллина К.С., Лобанов В.А., Сердитова Н.Е. Оценка будущего климата Республики Саха (Якутия) // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2015. № 40. С. 113–126.

УДК 65.014:65.011.5:658.5:004.5

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Иващенко А.В., Никифорова Т.В.

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара,
e-mail: anton-ivashenko@yandex.ru, kolesnikova.t.v.163@gmail.com*

В исследовании поднимается проблема поиска баланса при распределении потока задач между персоналом и системами искусственного интеллекта в организационной системе производственного предприятия. Обозначена потребность в формировании эффективных форм организации труда на производственном предприятии при взаимодействии персонала и систем искусственного интеллекта в единой информационной среде. Показана актуальность задачи определения рационального замещения человеческих ресурсов интеллектуальными системами. Персонал предприятия представлен акторами, системы искусственного интеллекта – агентами. Предложены две методики, первая из которых определяет количество агентов и акторов для эффективной обработки потока поступающих задач, распределяет и назначает их исполнителям, на основании полученных результатов обработки задач корректирует их распределение и назначение. Вторая методика предлагает решение проблемы эффективной организации труда, которая позволяет смоделировать и получить рекомендации для эффективных стратегий развития персонала в условиях цифровой трансформации. Определена возможность профессиональной переориентации в условиях взаимодействия персонала и искусственного интеллекта. С помощью предложенных методик определена рациональная доля применения систем искусственного интеллекта при обработке службой поддержки пользователей: 32% искусственный интеллект, 68% персонал. Такое распределение позволило сократить количество отказов на 40% и увеличить время исполнения в 1,2 раза. Из освободившихся 32% персонала 8% было распределено на обучение новых технологий и задач, 24% были распределены на работы в другие отделы.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровая трансформация, искусственный интеллект, организация производства, организация труда, персонал

RATIONAL APPLICATION OF THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS IN DIGITAL TRANSFORMATION OF A PRODUCTION ENTERPRISE

Ivaschenko A.V., Nikiforova T.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Samara State Technical University», Samara, e-mail: anton-ivashenko@yandex.ru, kolesnikova.t.v.163@gmail.com

The study raises the problem of finding a balance when distributing the flow of tasks between personnel and artificial intelligence systems in the organizational system of a manufacturing enterprise. The need for the formation of effective forms of labor organization at a manufacturing enterprise with the interaction of personnel and artificial intelligence systems in a single information environment is indicated. The urgency of the problem of determining the rational replacement of human resources with intelligent systems is shown. The staff of the enterprise is represented by actors, artificial intelligence systems – by agents. Two methods are proposed, the first of which determines the number of agents and actors for efficient processing of the flow of incoming tasks, distributes and assigns them to performers, based on the results of processing tasks, adjusts their distribution and assignment. The second technique offers a solution to the problem of effective work organization, which allows you to model and get recommendations for effective strategies for personnel development in the context of digital transformation. The possibility of professional reorientation in the context of interaction between personnel and artificial intelligence has been determined. Using the proposed methods, the rational share of the use of artificial intelligence systems in the processing by the user support service was determined: 32% artificial intelligence, 68% personnel. This distribution allowed us to reduce the number of failures by 40% and increase the execution time by 1.2 times. Of the released 32% of staff, 8% was allocated to training new technologies and tasks, 24% were allocated to work in other departments.

Keywords: digital economy, digital transformation, artificial intelligence, organization of production, labor organization, personnel

Цифровая экономика является приоритетным направлением развития информационного общества Российской Федерации [1, 2]. Одной из актуальных областей цифровой трансформации представляется организация производства. Цифровые технологии становятся инструментами повышения результативности современного предприятия, эффективности производственных процессов и повышения конкурентоспособности.

Повышение производительности при этом происходит за счет увеличения объема производства и/или сокращения используемых для производства ресурсов [3, 4]. Активное применение систем искусственного интеллекта способствует изменению организационной структуры предприятия, сокращению персонала и переориентации кадрового обеспечения на выполнение новых должностных обязанностей [5]. В организаци-

онной структуре предприятия появляются ранее не существовавшие элементы, связанные с процессами цифровизации. Возникает потребность в совершенствовании форм организации труда на производственном предприятии при взаимодействии персонала и систем искусственного интеллекта в едином информационном пространстве. При этом отсутствуют методики определения рациональной пропорции персонала и искусственного интеллекта, перераспределения и развития персонала, высвобождающегося в процессе цифровой трансформации. В данной статье предлагается решение этих проблем с помощью методики оптимального замещения кадрового обеспечения системами искусственного интеллекта. Цель исследования заключается в совершенствовании методологических принципов цифровой трансформации производственных предприятий путем рационального замещения и переподготовки кадрового обеспечения в ходе внедрения интеллектуальных информационных технологий.

Материалы и методы исследования

Цифровая экономика предполагает трансформацию предприятия путем внедрения в производство систем искусственного интеллекта и перехода на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с единой информационной средой [6–10]. Существующие подходы по внедрению цифровых технологий на предприятия направлены на получение экономической выгоды, не учитывают связанные с цифровой трансформацией затраты на создание и поддержку интеллектуальных систем [11, 12]. Цифровой трансформации присущи риски, связанные с ограничением контроля принимаемых искусственным интеллектом решений [8]. Поскольку все усилия направлены на фиксацию факта внедрения технологий, предприятия сталкиваются с проблемой неэффективного использования ресурсов, которое не приводит к ожидаемому росту производства и достижению целевых показателей [10]. Информационной базой исследования служили статистические данные о результатах цифровой трансформации [12, 13], публикации и результаты международных и отечественных исследований [11, 14, 15].

Для решения задачи рационального применения систем искусственного интел-

лекта при цифровой трансформации производственного предприятия предлагается реализовать две методики. Первая методика – оптимального замещения кадрового обеспечения системами искусственного интеллекта – позволяет определить необходимую и достаточную для выполнения производственных задач долю замещения персонала предприятия элементами искусственного интеллекта. Вторая методика – моделирования и расчета стратегий развития и перераспределения персонала в условиях цифровой трансформации – помогает определить перечень задач для переключения высвободившегося персонала. Такая балансировка загрузки человеческих ресурсов и компонентов интеллектуальных систем позволяет на этапе проектирования организационных структур определить необходимое количество исполнителей для эффективной обработки поступающих задач при сохранении персонала.

В методике рассматриваются множество производственных операций или задач $\{M\}$ и множество исполнителей $\{N\}$. Организация производства включает в себя процессы, согласно которым исполнители должны выполнять определенные задачи $d_k, k \in [1, m]$, где m – количество задач за определенный интервал времени. Задачи d_k рассматриваются в момент поступления, равнозначны, унифицированы, их поступление независимо, а выполнение не влияет на последующую обработку. На начальном этапе происходит моделирование потока поступающих задач. Исполнители на цифровом предприятии представлены персоналом, который в модели обозначен акторами $a_i, i \in [1, n_a]$, и системами искусственного интеллекта, которые определены агентами $b_j, j \in [1, n_b]$. n_a и n_b – количество акторов и агентов, участвующих в производственном процессе. С появлением нового типа исполнителей возникает необходимость распределить задачи так, чтобы их обработка была эффективной. Эффективное распределение задач обеспечивается рациональным количеством агентов и акторов с учетом их особенностей обработки задач. Необходимо распределить поступающие задачи таким образом, чтобы их обработка была выполнена с максимальными показателями эффективности. Критериями эффективности распределения задач определены время обработки задачи T (1) и количество отказов выполнения задачи F (2), которые должны стремиться к минимуму.

$$T = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_b} \left(q'_{k,i} \cdot (t'_{k,i} - t_k^0) + q''_{k,j} \cdot (t''_{k,j} - t_k^0) \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$F = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_b} (1 - q'_{k,i}) \cdot (1 - q''_{k,j}) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $q'_{k,i}$ – событие назначения задачи на i -актора; $q''_{k,j}$ – событие назначения задачи на j -агента; $t'_{k,i}$ – время назначения k -ой задачи; t_k^0 – время поступления k -ой задачи; $t''_{k,j}$ – время выполнения k -ой задачи j -ым агентом.

С учетом специфики типа исполнителей возникает необходимость корректировки

$$R_x = \sum_k \sum_i \left(Q_{k,i} \cdot P(\omega(d_k, t_k), \omega(x_i, t_k^x)) \cdot \delta(t'_{k,i} \leq t_k < t'_{k,i} + \epsilon) \right), \quad (3)$$

где t_i^x – время фокусировки исполнителя x_i на k -ую задачу; $t'_{k,i}$ – время назначения задачи, $t_k^0 \leq t'_{k,i} \leq t_k$; $Q_{k,i}$ – событие назначения i -ой задачи на i -ого исполнителя, $P(\omega(d_k, t_k), \omega(x_i, t_k^x))$ – отношение дескриптора задачи $\omega(d_k, t_k)$ и дескриптора исполнителя $\omega(x_i, t_k^x)$ в момент времени t_k .

Соответствие определяется с помощью сопоставления онтологического описания классов задачи и классов агентов или акторов, которые представлены дескрипторами. Результатом вычисления является перечень задач, которые можно назначить каждому типу исполнителей.

Назначение задач происходит из общей очереди агентами и акторами в соответствии с их компетенциями, отраженными в онтологии. Сокращение времени исполнения и количества отказов формулируется как набор событий назначения $Q_{k,i} \in \{q'_{k,i}, q''_{k,j}\}$, где $\{q'_{k,i}\} \cup \{q''_{k,j}\} \in \{0, 1\}$. $q'_{k,i}$ – назначение i -ой задачи на i -го актора, $q''_{k,j}$ – назначение k -ой задачи на j -го агента. Для обработки входящего потока событий задач s_k должны быть доступные исполнители определенного типа (акторы – a_i , $i \in [1..n_a]$, где n_a – общее количество акторов или агентов – b_j , $j \in [1..n_b]$, n_b – общее количество агентов) в требуемые моменты времени. Количество акторов постоянно и неизменно для конкретного расчета. Для каждой задачи может быть назначен только один исполнитель. По результатам назначения производится

логики назначения задач. Агенты обрабатывают задачи с более высокой скоростью, чем акторы. При этом количество отказов у агентов значительно выше, чем у акторов. Чтобы достичь минимальных показателей (1) и (2), производят анализ соответствия поступающих задач для наиболее подходящих исполнителей. Результат соответствия задачи и исполнителя описывается индикатором R_x (3), который вычисляет основные взаимосвязи между потоками событий задач и назначениями агентам или акторам.

статистический анализ событийных потоков: времени исполнения и количества отказов. При улучшении показателей эффективности количество агентов и акторов считается рациональным. Если показатели ухудшились, то производится корректировка соотношения агентов и акторов по предложенной методике.

Вторая методика посвящена перераспределению и развитию персонала, высвобождающегося в процессе цифровой трансформации. В основе методике лежит онтологический подход к формализации знаний о возможностях персонала. В результате описанного выше перераспределения части поступающих задач освобождается персонал. Предлагаемая методика определяет возможность переориентации в условиях взаимодействия персонала и систем искусственного интеллекта в едином информационном пространстве.

На первом этапе моделируется стратегия организации предприятия, производственных процессов, задач и операций. Построение стратегии развития актора можно сформулировать как набор событий d_k назначения i -ой задачи актору a_i , где $k \in [1..N]$, N – максимальное количество задач. На втором этапе производится анализ соответствия онтологического описания задач предприятия с акторами. Определяются задачи d_k^1 для актора a_i , имеющие максимальную близость математических дескрипторов, которая определяется критерием (4):

$$R_a^{sr1} = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_a} \left(S_k^0 \cdot q_{k,i}^{sr1} \cdot p(\omega(d_k^1, t_k), \omega(a_i, t_i^a)) \cdot \delta(t_k^0 \leq t_k < t'_{k,i} + \epsilon) \right) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где S_k^0 – совокупность всех задач предприятия; $q_{k,i}^{sr1}$ – событие возможности назначения i -ой задачи на i -ого актора; d_k^1 – k -ая задача предприятия; $p(\omega(d_k^0, t_k), \omega(a_i, t_i^a))$ – отношение дескриптора задачи $\omega(d_k^1, t_k)$ и дескриптора актора $\omega(a_i, t_i^a)$ в момент времени t_k ; t_i^a – время действия дескриптора для актора a_i ; $t'_{k,i}$ – время назначения задачи; t_k^0 – время поступления задачи; t_k – время завершения задачи; ϵ – допустимое время ожидания.

Это соответствует задачам, на которые возможно переключение актора в связи с высвобождением ресурсов. Также определяются задачи d_k^2 , имеющие минимальную близость математических дескрипторов, определяющие критерием (5):

$$R_a^{st2} = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^{n_a} \left(S_k^0 \cdot q_{k,i}^{st2} \cdot p(\omega(d_k^2, t_k), \omega(a_i, t_i^a)) \cdot \delta(t_k^0 \leq t_k < t'_{k,i} + \varepsilon) \right) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Для выполнения задач d_k^2 актору a_i необходимо развивать компетенции и навыки, которые соответствуют дескрипторам $\omega(d_k^2, t_k)$. Максимальная близость показывает область экспертизы актора, минимальная близость отражает набор знаний и навыков, требующих развития. На третьем этапе происходит анализ возможности назначения задачи d_k^1 актору (6):

$$q_{k,i}^{st1} = q_{k,i}^{st1}(d_k^1, a_i, t'_{k,i}, \omega(a_i, t_i^a)), \quad (6)$$

где $\omega(a_i, t_i^a)$ – последовательность дескрипторов, описывающая предметную область актора; d_k^1 – k -ая задача предприятия, где $d_k^1 \in \{S_k^0\}$ и $d_k^1 \notin s_k$.

Анализ возможности назначения задачи d_k^2 актору a_i (7):

$$q_{k,i}^{st2} = q_{k,i}^{st2}(d_k^2, a_i, t'_{k,i}, \omega(a_i, t_i^a)), \quad (7)$$

где $\omega(a_i, t_i^a)$ – последовательность дескрипторов, описывающая предметную область актора; d_k^2 – k -ая задача предприятия, где $d_k^2 \in \{S_k^0\}$.

Предложенная методика позволяет определить перечень компетенций для каждого актора или получить список в обобщенном виде для группы акторов. Результат зависит от уровня формализации компетенций, полученных с помощью семантических дескрипторов. Таким образом, методика формирует перечень задач, схожих по семантическому описанию с задачами, которые актер выполнял ранее в рамках трудовой деятельности. Это позволяет определить производственные процессы, на которые можно переключить высвобожденный в процессе цифровой трансформации персонал. Предлагаемая методика формирует перечень навыков, задач, которые требуются для развития персонала.

Результаты исследования и их обсуждение

Предложенная методика определения доли замещения персонала предприятия элементами искусственного интеллекта была применена на одном из производственных предприятий. Был рассмотрен поток

поступающих задач на службу поддержки, который составлял 878 задач за один рабочий день. Данные задачи обрабатываются персоналом из 12 человек и системами искусственного интеллекта. Были определены показатели обработки задач: среднее время исполнения задачи для актора – 218 секунд, для агента – 23 секунды. Количество отказов у агентов составило 112 ед., что составляет 12% от общего числа задач, для акторов количество отказов равно нулю. Согласно предложенной методике был проведен анализ соответствия и переназначения задач между агентами и акторами, определено рациональное соотношение исполнителей рассмотренного потока задач, которое соответствует пропорции 32% агентов к 68% акторов. При полученном соотношении исполнителей увеличилось среднее время обработки задач в 1,2 раза, но количество отказов сократилось на 40% относительно начальных показателей. Полученные результаты позволяют реализовать балансировку загрузки человеческих ресурсов и интеллектуальных систем.

Разработанная методика моделирования и расчета эффективных стратегий развития персонала в условиях цифровой трансформации была использована для определения приоритетных направлений развития персонала группы поддержки, для которой было определено высвобождение 32% персонала. Методика моделирования и расчета стратегий развития и перераспределения персонала позволила сформулировать рекомендации по переключению и обучению персонала. Из полученного процента персонала 8% персонала были переключены на обучение новых направлений, 24% – на работу в смежном отделе. В результате применения методики были получены рекомендательные списки для каждого сотрудника по развитию необходимых навыков с учетом онтологической близости имеющихся у сотрудника компетенций.

Заключение

Методика определения баланса загрузки человеческих ресурсов и интеллектуальных систем распределяет нагрузку с учетом эффективности обработки поступающего потока задач исполнителями. Она не только определяет количество исполнителей,

но и, в зависимости от полученных результатов эффективности обработки задач, позволяет скорректировать их загрузку. Методика расчета эффективных стратегий развития персонала позволяет предотвратить сокращения и сохранить кадровый потенциал на предприятии. Замещение кадрового обеспечения компонентами искусственного интеллекта в процессах обработки задач приведет к рациональному использованию систем искусственного интеллекта в тех областях, где это принесет максимальный экономический эффект. Все это позволяет выполнить трансформацию организационной структуры и производственных процессов на основе широкого использования цифровых технологий.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 09.05.2017 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: 07.09.2021).
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р «Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»» [Электронный ресурс]. URL: <http://gov.garant.ru/document?id=71634878&byPara=1> (дата обращения: 16.09.2021).
3. Александрова Т.В. Трансформация менеджмента организации в эпоху цифровой экономики // *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*. 2018. № 8. С. 320–328.
4. Иващенко А.В., Дязитдинова А.Р., Кривошеев А.В., Никифорова Т.В. Поиск пропорции естественного и искусственного интеллекта в прикладных задачах цифровой экономики // *Инфокоммуникационные технологии*. 2020. Т. 18. № 1. С. 68–76.
5. Ivaschenko A., Kolesnikova E., Nikiforova T., Vasilieva I. Business communication style as a factor in the design of a digital employee in education. *E3S Web Conf.* 2021. V. 273 Article 12057. DOI: 10.1051/e3sconf/202127312057.
6. 2016 Global Industry 4.0 Survey – Industry key findings «Industry 4.0: Building the digital enterprise Industrial manufacturing key findings» [Electronic resource]. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industrial-manufacturing/publications/assets/pwc-building-digital-enterprise.pdf> (date of access: 14.09.2021).
7. Khaimovich I.N., Ramzaev V.M. Development of data model for the functioning of production active elements based on information interaction. *CEUR Workshop Proceedings*. 2018. V. 2212. P. 38–45.
8. Иващенко А.В., Никифорова Т.В. Организационная структура смешанной интегрированной информационной среды цифрового предприятия // *Надежность и качество: труды Международного симпозиума*. 2021. Т. 1. С. 40–42.
9. Цхададзе Н.В. Трансформация промышленности в условиях перехода к «Индустрии 4.0» // *Вестник Московского университета МВД России*. 2020. № 7. С. 288–291.
10. Иманов Р.А., Пономарева С.В., Серебрянский Д.И. Развитие цифровой экономики: искусственный интеллект в отечественном промышленном производстве // *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2018. № 6 (92). С. 5–11.
11. Добролюбова Е.И., Южаков В.Н., Старостина А.Н. Цифровая трансформация государственного управления: оценка Цифровая трансформация государственного управления: оценка результативности и эффективности. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2021. 234 с.
12. КМДА. Аналитический отчет на базе опроса представителей российских компаний «Цифровая трансформация в России – 2020» [Электронный ресурс]. URL: https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020 (дата обращения: 18.09.2021).
13. McKinsey & Company. Report «Digital Russia. New Reality» [Electronic resource]. URL: <https://www.mckinsey.com/ru/our-work/mckinsey-digital> (date of access: 23.09.2021).
14. Gong Ch., Ribiere V. Developing a unified definition of digital transformation. *Technovation*. 2021. V. 102. DOI: 10.1016/j.technovation.2020.102217.
15. Albukhitan S. Developing Digital Transformation Strategy for Manufacturing. *Procedia Computer Science*. 2020. V. 170. P. 664–671. DOI: 10.1016/j.procs.2020.03.173.

УДК 532.135:536

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА ДЛЯ ТЕЧЕНИЯ В ПЛОСКОМ КАНАЛЕ ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ, РЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОТОРОЙ УЧИТЫВАЕТ ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА «ОТВЕРДЕВАНИЯ»

Колодежнов В.Н., Веретенников А.С.

*Военно-Воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина,
Воронеж, e-mail: kvn117@mail.ru*

Целью работы является исследование процесса установившегося конвективного теплопереноса с учетом фактора диссипации в плоском канале вязкопластической жидкости. Для описания неньютоновского поведения рабочей среды использовалась реологическая модель, учитывающая проявление эффекта «отвердевания». Аналитическим методом разделения переменных решена задача установившегося конвективного теплопереноса. В соответствии с гидродинамической моделью течения предполагалось, что при перепаде давления, превышающем некоторое пороговое критическое значение, такая жидкость может демонстрировать проявление эффекта «отвердевания». Суть этого эффекта заключается в том, что при приближении скорости сдвига к соответствующему пороговому значению происходит аномально высокое нарастание вязкости жидкости. В этом случае допустимо полагать, что внутри канала формируются зона пластического течения, зона вязкого течения, а также зона, заполненная материалом «отвердевшей» жидкости. Тепловая часть задачи рассматривалась для каждой из этих трех зон течения по отдельности. На смежных границах зон ставились условия сопряжения температуры и тепловых потоков. Получены распределения температурных полей для каждой из трех зон плоского канала с учетом фактора диссипации механической энергии. Проведен анализ особенностей формирующихся температурных полей и показано, что в зоне сдвигового течения в окрестности с границей зоны «отвердевшей» жидкости распределение температуры достигает максимального значения.

Ключевые слова: вязкопластическая жидкость, аномалия вязкости, конвективный теплоперенос, диссипация

MATHEMATICAL MODELING OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER FOR FLOW IN A PLANE CHANNEL OF A VISCOPLASTIC FLUID, THE RHEOLOGICAL MODEL OF WHICH TAKES INTO ACCOUNT THE MANIFESTATION «SOLIDIFICATION» EFFECT

Kolodezhnov V.N., Veretennikov A.S.

N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, e-mail: kvn117@mail.ru

The aim of the work is to investigate the process of steady-state convective heat transfer taking into account the dissipation factor in a flat channel of a viscoplastic fluid. To describe the non-Newtonian behavior of the working medium, a rheological model was used that takes into account the manifestation of the «solidification» effect. The problem of steady-state convective heat transfer is solved by the analytical method of separation of variables. In accordance with the hydrodynamic flow model assumed that at a differential pressure exceeding a critical threshold value, such liquid can demonstrate expression of the effect of «solidification». The essence of this effect lies in the fact that when the shear rate approaches the corresponding threshold value, an abnormally high increase in the viscosity of the liquid occurs. In this case, it is permissible to assume that three characteristic zones are formed inside the channel: a zone of plastic flow, a zone of viscous shear flow, and also a zone filled with the material of «solidified» liquid. The thermal part of the problem was considered for each of these three flow zones separately the conditions for conjugation of temperature and heat fluxes were set at the adjacent boundaries of the zones. The distributions of temperature fields for each of the three zones of the flat channel with regard to the factor of dissipation of mechanical energy are obtained. The analysis of peculiarities of forming temperature fields is carried out and it is shown that in shear flow zone in vicinity with boundary of «solidified» liquid zone temperature distribution reaches maximum value.

Keywords: viscoplastic fluid, viscosity anomaly, convective heat transfer, dissipation

Моделирование процесса конвективного теплопереноса неньютоновских жидкостей в каналах различного сечения представляет интерес при решении многих технических задач. К жидкостям такого рода относятся в том числе и суспензии мелкодисперсной твердой фазы на основе различных полимерных композиций [1, 2]. Реологические свойства суспензий рассматривались в работах [3–5]. Такие суспензии на различных интервалах изменения скорости сдвига $\dot{\gamma}$ могут проявлять как псевдопластические, так и дилатантные свойства [6, 7]. В случае

достаточно высокой концентрации твердой фазы приближение скорости сдвига к некоторому пороговому уровню может приводить к аномально высоким значениям вязкости. Подобное поведение рабочих сред можно интерпретировать как проявление эффекта упрочнения или «отвердевания».

Для моделирования механического поведения подобных сред используются реологические модели комбинированного типа. В [8] предложена реологическая модель вязкопластической жидкости, демонстрирующей эффект «отвердевания», а также проведен

анализ особенностей кривой течения. В соответствии с этой моделью при значениях касательного напряжения, не превышающих предела текучести, деформирование материала отсутствует, а превышение этого предела приводит к сдвиговому течению жидкости. Дальнейшее увеличение скорости сдвига и ее приближение к соответствующему пороговому уровню приводят к формированию слоя «отвердевшей» жидкости. В работе [9] рассматривалось образование двух схем течения в зависимости от перепада давления. При этом область течения разбивалась на несколько зон внутри канала. Там же были получены аналитические формулы распределения скорости вязкопластической жидкости в плоском канале и для каждой схемы течения определены расходно-перепадные характеристики канала.

Моделирование диссипативного разогрева в плоском канале вязкопластической среды, реологическая модель которой учитывает проявление эффекта «отвердевания», для случая, когда перепад давления не превышает критического значения и эффект «отвердевания» себя не проявляет, было проведено в [10]. В этой работе аналитически получены выражения для распределения температуры в поперечном сечении канала. Показано возникновение максимума температуры в окрестности стенок канала.

Целью данной работы является исследование процесса установившегося конвективного теплопереноса с учетом фактора диссипации вязкопластических суспензий, которые могут проявлять эффект «отвердевания» при их течении в плоских каналах технологического оборудования.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим процесс конвективного теплопереноса вязкопластической жидкости, демонстрирующей проявление эффекта «отвердевания», в плоском канале шириной $2 \cdot h$ и длиной L .

Предположим, что механическое поведение среды описывается с помощью реологической модели вязкопластической жидкости с эффектом «отвердевания» [8]:

$$|\dot{\gamma}| = \begin{cases} 0; & |\tau| < \tau_p; \\ \left[1 - \left(\frac{\tau_s - |\tau|}{\tau_s - \tau_p} \right)^n \right] \cdot \dot{\gamma}_s; & \tau_p \leq |\tau| \leq \tau_s; \end{cases}$$

$$0 < n < 1; |\dot{\gamma}| \leq \dot{\gamma}_s,$$

где τ – касательное напряжение; n – индекс течения; τ_p – предел текучести, τ_s – касательное

напряжение, достигаемое при критическом значении скорости сдвига $|\dot{\gamma}| = \dot{\gamma}_s$.

Пусть в канале реализуется схема течения, для которой перепад давления в канале удовлетворяет следующему условию:

$$\Delta P > \Delta P_{crit}; \Delta P_{crit} = \frac{L \cdot \tau_s}{h},$$

где ΔP_{crit} – перепад давления, при превышении которого на стенках канала в дополнение к уже существующим зонам пластического и вязкого течения формируется зона «отвердевшей» жидкости [9].

Схема такого течения представлена на рис. 1.

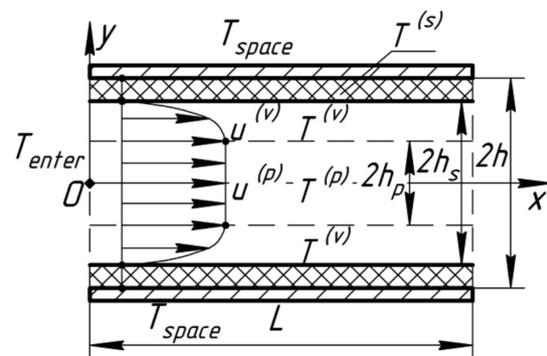


Рис. 1. Схема течения жидкости

Границы раздела между зонами течения представляют собой плоскости, расположенные на расстояниях h_p и h_s от оси симметрии канала Ox . Эти расстояния находятся из решения гидродинамической части задачи [9] и определяются следующим образом:

$$h_p = \frac{\tau_p \cdot L}{\Delta P}; h_s = \frac{\tau_s \cdot L}{\Delta P}.$$

При решении задачи конвективного теплопереноса в канале были приняты следующие упрощающие допущения. Предположим, что входным участком в канале можно пренебречь, а конвективный теплоперенос вдоль оси канала можно определять по средней скорости потока в соответствующей зоне течения. Будем также полагать, что молекулярной составляющей теплового потока в продольном направлении канала допустимо пренебрегать по сравнению с его поперечной составляющей. Кроме того, предположим, что на стенках канала осуществляется теплообмен с окружающей средой при заданном значении коэффициента теплоотдачи.

С учетом сделанных выше допущений уравнения конвективного теплопереноса в плоском канале с учетом фактора диссипации в безразмерных переменных могут быть записаны в виде:

$$S_1 \cdot u_m^{(p)} \cdot \frac{\partial T'^{(p)}}{\partial x'} = S_2 \cdot \frac{\partial^2 T'^{(p)}}{\partial y'^2}; \quad (1)$$

$$S_1 \cdot u_m^{(v)} \cdot \frac{\partial T'^{(v)}}{\partial x'} = S_2 \cdot \frac{\partial^2 T'^{(v)}}{\partial y'^2} + W'(y'); \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 T'^{(s)}}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 T'^{(s)}}{\partial y'^2} = 0. \quad (3)$$

Здесь и далее безразмерные величины отмечены верхним штрихом. Верхние индексы v , p , s относят соответствующие характеристики к зонам вязкого сдвигового и пластического течений, а также к зоне «отвердевшей» жидкости соответственно.

Диссипативная функция $W'(y')$ определялась через распределения касательного напряжения τ и скорости сдвига $\dot{\gamma}$ следующим образом:

$$W'(y') = \left[1 - \frac{\tau'_p}{h'_p} (y' - h'_p) \right]^{\frac{n+1}{n}} - \tau'_s \left[1 - \frac{\tau'_p}{h'_p} (y' - h'_p) \right]^{\frac{1}{n}} - \left[1 - \frac{\tau'_p}{h'_p} (y' - h'_p) \right] + \tau'_s.$$

Система уравнений (1)–(3) и диссипативная функция были представлены в безразмерной форме записи с учетом соотношений:

$$x' = \frac{x}{L}; \quad y' = \frac{y}{h}; \quad T' = \frac{T - T_{space}}{T_{enter} - T_{space}}; \quad \tau'_p = \frac{\tau_p}{\tau_s - \tau_p}; \quad \tau'_s = \frac{\tau_s}{\tau_s - \tau_p}; \quad \Delta P' = \frac{\Delta P}{\tau_s - \tau_p};$$

$$u_m^{(v)} = \frac{u_m^{(v)}}{u_s}; \quad h'_p = \frac{h_p}{h}; \quad h'_s = \frac{h_s}{h}; \quad u_m^{(p)} = \frac{u_m^{(p)}}{u_s}; \quad u_s = h \cdot \dot{\gamma}_s; \quad \dot{\gamma}' = \frac{du'}{dy'} = \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_s};$$

$$S_1 = \frac{G}{2 \cdot Ec \cdot Eu}; \quad S_2 = \frac{n}{Pr \cdot Ec}; \quad Ec = \frac{u_s^2}{c \cdot (T_{enter} - T_{space})}; \quad Eu = \frac{\tau_s - \tau_p}{\rho \cdot u_s^2};$$

$$Pr = \frac{\mu_s \cdot c}{\lambda}; \quad G = \frac{2 \cdot h}{L}; \quad \mu_s = \frac{n \cdot (\tau_s - \tau_p)}{\dot{\gamma}_s}.$$

где $T'^{(v)}$, $T'^{(p)}$, $T'^{(s)}$ – распределения безразмерной температуры в зонах вязкого сдвигового и пластического течений, а также в зоне, заполненной материалом «отвердевшей» жидкости соответственно; T_{space} – значение температуры в пространстве за стенками канала; T_{enter} – принимаемая постоянной жидкости на входе в канал; u_s – характерное значение скорости жидкости, принимаемое в качестве масштабного; $u_m^{(v)}$ – средняя по сечению зоны вязкого сдвигового течения скорость жидкости; $u_m^{(p)}$ – предполагаемая постоянной скоростью жидкости в зоне пластического течения; Ec , Eu , Pr – критерии подобия Эккерта, Эйлера и Прандтля соответственно; G – безразмерный геометрический комплекс; S_1 , S_2 – безразмерные комплексы, составленные из соответствующих критериев подобия; ρ , c , λ – плотность, теплоемкость и теплопроводность рабочей среды соответственно (параметры являются постоянными независимо от рассматриваемой зоны течения); μ_s – масштабное значение динамической вязкости.

Граничные условия для рассматриваемой задачи имеют вид:

$$y' = 0; \quad \frac{\partial T'^{(p)}}{\partial y'} = 0;$$

$$y' = h'_p; \quad T'^{(p)} = T'^{(v)}; \quad \frac{\partial T'^{(p)}}{\partial y'} = \frac{\partial T'^{(v)}}{\partial y'};$$

$$y' = h'_s; \quad T^{(v)} = T^{(s)}; \quad \frac{\partial T^{(v)}}{\partial y'} = \frac{\partial T^{(s)}}{\partial y'};$$

$$y' = 1; \quad \frac{\partial T^{(s)}}{\partial y'} = -Bi \cdot T^{(s)};$$

$$x' = 0; \quad T^{(p)} = T^{(v)} = T^{(s)} = 1.$$

Здесь критерий подобия Био определяется следующим образом:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot h}{\lambda};$$

где α – коэффициент теплоотдачи на внешних стенках канала.

Решение системы уравнений (1)–(3) с представленными выше граничными условиями проводилось методом разделения переменных. В итоге, с учетом формирования в области течения трех зон было показано, что распределение температуры в канале может быть представлено следующим образом:

$$T'(x', y') = \begin{cases} T^{(p)}(x', y'); & |y'| \leq h'_p; \\ T^{(v)}(x', y'); & h'_p \leq |y'| \leq h'_s; \\ T^{(s)}(x', y'); & h'_s \leq |y'| \leq 1; \end{cases} \quad \forall x' \in [0; 1],$$

где

$$T^{(p)}(x', y') = N_0^{(p)} + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cdot N_n^{(p)}(y') \exp(-\beta_n \cdot x'); \quad (4)$$

$$T^{(v)}(x', y') = N_0^{(v)}(y') + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cdot N_n^{(v)}(y') \exp(-\beta_n \cdot x'); \quad (5)$$

$$T^{(s)}(x', y') = N_0^{(s)}(y') + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cdot N_n^{(s)}(y') \exp(-\beta_n \cdot x'); \quad (6)$$

В формулах (4)–(6) использованы обозначения:

$$N_0^{(p)} = \phi^{(v)}(h'_p) - h'_p \left. \frac{\partial \phi^{(v)}}{\partial y'} \right|_{y'=h'_p} + C_2^{(v)}; \quad N_0^{(v)} = \phi^{(v)}(y') - \left. \frac{d\phi^{(v)}}{dy'} \right|_{y'=h'_p} \cdot y' + C_2^{(v)};$$

$$C_2^{(v)} = -\frac{Bi+1}{Bi} \left(\left. \frac{d\phi^{(v)}}{dy'} \right|_{y'=h'_s} - \left. \frac{d\phi^{(v)}}{dy'} \right|_{y'=h'_p} \right) - \phi^{(v)}(h'_s) + h'_s \left. \frac{d\phi^{(v)}}{dy'} \right|_{y'=h'_s};$$

$$N_0^{(s)}(y') = \left(y' - \frac{Bi+1}{Bi} \right) \cdot \left(\left. \frac{d\phi^{(v)}}{dy'} \right|_{y'=h'_s} - \left. \frac{d\phi^{(v)}}{dy'} \right|_{y'=h'_p} \right); \quad N_n^{(p)}(y') = \cos(\epsilon_n^{(p)} \cdot y');$$

$$N_n^{(v)}(y') = F_3^{(v)}(\epsilon_n^{(p)}, \epsilon_n^{(v)}) \cdot \sin(\epsilon_n^{(v)} \cdot y') + F_4^{(v)}(\epsilon_n^{(p)}, \epsilon_n^{(v)}) \cdot \cos(\epsilon_n^{(v)} \cdot y');$$

$$N_n^{(s)}(y') = F_3^{(s)}(\epsilon_n^{(v)}) \cdot \sin(\beta_n \cdot y') + F_4^{(s)}(\epsilon_n^{(v)}) \cdot \sin(\beta_n \cdot y'); \quad \beta_n = \frac{[\epsilon_n^{(v)}]^2 \cdot S_2}{S_1 \cdot u_m^{(v)}}; \quad \epsilon_n^{(p)} = \epsilon_n^{(v)} \sqrt{\frac{u_m^{(p)}}{u_m^{(v)}}};$$

$$\phi^{(v)}(y') = -\frac{1}{S_2} \iint W''(y') dy' dy' = -\frac{1}{S_2} \left\{ \frac{n^2 (h'_p)^2}{(\tau'_p)^2 (3n+1)(2n+1)} \left[1 - \frac{\tau'_p}{h'_p} (y' - h'_p) \right]^{\frac{3n+1}{n}} - \right. \\ \left. - \frac{n^2 \cdot (h'_p)^2 \cdot \tau'_s}{(\tau'_p)^2 (2n+1)(n+1)} \left[1 - \frac{\tau'_p}{h'_p} (y' - h'_p) \right]^{\frac{2n+1}{n}} + \frac{\tau'_p}{6h'_p} \cdot (y')^3 - (1 + \tau'_p - \tau'_s) \frac{(y')^2}{2} \right\}.$$

В последних соотношениях $\epsilon_n^{(v)}$, $n=1, 2, \dots$ являются корнями следующего характеристического уравнения:

$$\operatorname{tg} \beta(\epsilon^{(v)}) = -\frac{F_3^{(s)}(\epsilon^{(v)}) \cdot \beta(\epsilon^{(v)}) + Bi \cdot F_4^{(s)}(\epsilon^{(v)})}{F_3^{(s)}(\epsilon^{(v)}) \cdot Bi - F_4^{(s)}(\epsilon^{(v)}) \cdot \beta(\epsilon^{(v)})}. \quad (7)$$

В приведенных выше соотношениях использовались следующие функции:

$$F_3^{(s)}(\epsilon^{(v)}) = F_3^{(v)}(\epsilon^{(v)}) \left[\sin(\epsilon^{(v)} \cdot h'_s) \sin(\beta \cdot h'_s) + \frac{\epsilon^{(v)}}{\beta} \cos(\epsilon^{(v)} \cdot h'_s) \cdot \cos(\beta \cdot h'_s) \right] + \\ + F_4^{(v)}(\epsilon^{(v)}) \left[\cos(\epsilon^{(v)} \cdot h'_s) \cdot \sin(\beta \cdot h'_s) - \frac{\epsilon^{(v)}}{\beta} \sin(\epsilon^{(v)} \cdot h'_s) \cos(\beta \cdot h'_s) \right];$$

$$F_4^{(s)}(\epsilon^{(v)}) = F_3^{(v)}(\epsilon^{(v)}) \left[\sin(\epsilon^{(v)} \cdot h'_s) \cdot \cos(\beta \cdot h'_s) - \frac{\epsilon^{(v)}}{\beta} \cos(\epsilon^{(v)} \cdot h'_s) \cdot \sin(\beta \cdot h'_s) \right] + \\ + F_4^{(v)}(\epsilon^{(v)}) \left[\frac{\epsilon^{(v)}}{\beta} \sin(\epsilon^{(v)} \cdot h'_s) \sin(\beta \cdot h'_s) + \cos(\epsilon^{(v)} \cdot h'_s) \cdot \cos(\beta \cdot h'_s) \right];$$

$$F_3^{(v)}(\epsilon^{(v)}) = \cos(\epsilon^{(p)} h'_p) \cdot \sin(\epsilon^{(v)} h'_p) - \frac{\epsilon^{(p)}}{\epsilon^{(v)}} \sin(\epsilon^{(p)} h'_p) \cos(\epsilon^{(v)} h'_p);$$

$$F_4^{(v)}(\epsilon^{(v)}) = \cos(\epsilon^{(p)} h'_p) \cdot \cos(\epsilon^{(v)} h'_p) + \frac{\epsilon^{(p)}}{\epsilon^{(v)}} \sin(\epsilon^{(p)} h'_p) \sin(\epsilon^{(v)} h'_p).$$

Решение характеристического уравнения (7) проводили численно.

Ограничиваясь в (4)–(6) конечным числом N членов в представленных рядах, дальнейшее определение констант C_n ; $n=1, 2, \dots, N$ проводили по рассмотренной ранее методике [10], которая сводилась к отысканию минимума следующей функции невязки:

$$F(C_1, \dots, C_N) = \int_0^{h'_p} [T^{(p)}(0, y') - 1]^2 dy' + \int_{h'_p}^{h'_s} [T^{(v)}(0, y') - 1]^2 dy' + \int_{h'_p}^{1_s} [T^{(v)}(0, y') - 1]^2 dy'.$$

Результаты численного моделирования

Математическое моделирование конвективного теплопереноса вязкопластической жидкости, демонстрирующей проявление эффекта «отвердевания», было проведено для следующих значений исходных параметров $n=0,3$; $h'_p=0,285$; $h'_s=0,857$; $\Delta P'=35$; $\tau'_p=0,5$; $\tau'_s=1,5$; $G=0,1$; $Nu=0,204$; $Ec=2,222 \cdot 10^{-5}$; $Eu=833,3$; $Pr=9,184 \cdot 10^6$. В процессе исследования проведен анализ влияния параметров модели на выходные характеристики процесса конвективного теплопереноса.

Распределения температуры в различных поперечных сечениях плоского канала при течении вязкопластической жидкости, демонстрирующей проявление эффекта «отвердевания», изображены на рис. 2.

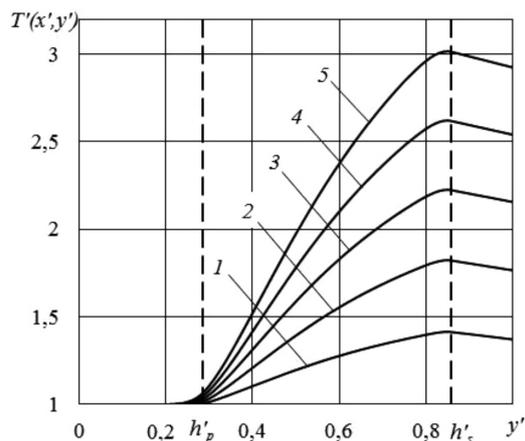


Рис. 2. Распределение безразмерной температуры по поперечной координате в различных поперечных сечениях канала для $x' = 0,2$ (1); $0,4$ (2); $0,6$ (3); $0,8$ (4); $1,0$ (5)

Из приведенных на рис. 2 зависимостей видно, что распределение температуры в поперечном сечении канала демонстрирует немонотонный характер и во второй зоне вязкого сдвигового течения формируется экстремум (максимум) температуры, обусловленный диссипацией механической энергии.

Из представленных на этом рисунке графиков следует, что значение температуры в точке ее экстремума возрастает по мере удаления от входного сечения, достигая своего наибольшего значения в выходном сечении канала.

Выводы

Разработана модель конвективного теплопереноса с учетом диссипации в плоском канале для случая, когда вязкопластическая жидкость демонстрирует проявление эффекта «отвердевания». Результаты моделирования могут быть использованы при проведе-

нии расчета характеристик диссипативного разогрева рабочих сред с реологической моделью рассматриваемого типа в каналах технологического оборудования.

Список литературы

1. Broun E., H. Jaeger. Shear thickening in concentrated suspension: phenomenology, mechanisms and relations to jamming. Reports on progress in physics. Physical Society. 2014. V. 77(4). P. 046602. DOI: 10.1088/0034-4885/77/4/046602.
2. Gürgen S., Weihua Li., Kuşhan M.C. The rheology of shear thickening fluids with various ceramic particle additives. Materials & Design. 2016. V. 104. P. 312–319. DOI: 10.1016/j.matdes.2016.05.055.
3. Young Sil Lee, Wagner N.J. Dynamic properties of shear thickening colloidal suspensions. Rheol. Acta. 2003. V. 42. Is. 3. P. 199–208. DOI: 10.1007/s00397-002-0290-7.
4. Wagner N.J., Brady J.F. Shear thickening in colloidal dispersions. Physics. Today. 2009. V. 62. Is. 10. P. 27–32. DOI: 10.1063/1.3248476.
5. Brown E., Jaeger H.M. The role of dilation and confining stress in shear thickening of dense suspensions. J. Rheol. 2012. V. 56. Is. 4. P. 875–923. DOI: 10.1122/1.4709423.
6. Hunter G.L., Weeks E.R. The physics of the colloidal glass transition. Reports on Progress in Physics. 2012. V. 75. 066501. DOI: 10.1088/0034-4885/75/6/066501.
7. Nakamura H., Makino S., Ishii M. Continuous shear thickening and discontinuous shear thickening of concentrated monodispersed silica slurry. Advanced Powder Technology. 2020. V. 31. Is. 4. P. 1659–1664. DOI: 10.1016/j.apt.2020.01.032.
8. Колодежнов В.Н. Математическая модель реологического поведения вязкопластической жидкости, которая демонстрирует проявление эффекта «отвердевания» // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 2 (60). С. 55–58. DOI: 10.20914/2310-1202-2014-2-55-58.
9. Колодежнов В.Н., Веретенников А.С. Особенности расходно-перепадной характеристики плоского канала для случая течения вязкопластической жидкости с эффектом «отвердевания» // Академические Жуковские чтения: IV всероссийская научно-практическая конференция: сб. науч. ст. по материалам Всероссийской НПК. Воронеж, 2017. Т. 2. Ч. 2. С. 116–120.
10. Колодежнов В.Н., Веретенников А.С. Моделирование диссипативного разогрева в плоском канале вязкопластической среды, реологическая модель которой учитывает проявление эффекта «отвердевания» // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2020. Т. 10. № 3. С. 32–44.

УДК 656.11:351.811.12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ОБЪЕЗДЕ МЕСТ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Наумова Н.А., Карачанская Т.А.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,
e-mail: Nataly_Naumova@mail.ru

Актуальной задачей является моделирование транспортных потоков с целью выбора оптимальной схемы движения транспортных средств по улично-дорожной сети. Одной из проблем, влияющих на удобство передвижения по улично-дорожной сети, являются дорожно-транспортные происшествия. Задачей исследования является разработка математической модели и определение характеристик движения потока автомобилей при объезде мест дорожно-транспортных происшествий или дорожно-ремонтных работ. Разработана математическая модель движения автотранспортных средств в плотном транспортном потоке в случае, когда в результате дорожно-транспортного происшествия или ремонтных работ перекрывается движение по одной из полос. Интервалы по времени между автомобилями на каждой полосе движения приняты подчиненными закону Эрланга. Место инцидента представлено как система массового обслуживания. С помощью метода псевдосостояний и цепей Маркова рассчитаны характеристики движения автомобилей вблизи места дорожно-транспортного происшествия или дорожно-ремонтных работ. Приведен алгоритм корректировки данных о транспортных потоках в матрице корреспонденций сети. Моделирование движения транспортных потоков вблизи мест аварий позволяет прогнозировать вызванные этим задержки транспортных средств и корректировать оптимальные схемы организации движения. Результаты работы дополняют модель движения транспортных потоков, разработанную ранее авторами настоящей статьи.

Ключевые слова: математическая модель, организация движения, транспортный поток, система массового обслуживания, дорожно-транспортное происшествие

DETERMINATION OF VEHICLE FLOW CHARACTERISTICS WHEN BYPASSING ROAD ACCIDENT SITES

Naumova N.A., Karachanskaya T.A.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: Nataly_Naumova@mail.ru

An urgent task is the modeling of traffic flows with the choice of the optimal scheme for the movement of vehicles along the road network. One of the problems affecting the convenience of movement on the road network is road accidents. The aim of the research is to develop a mathematical model and determine the characteristics of the traffic flow of cars when bypassing the places of road traffic accidents or road repair works. A mathematical model has been developed for the movement of vehicles in a dense traffic flow in the case when, as a result of a traffic accident or repair work, traffic on one of the lanes is blocked. The time intervals between cars on each lane are taken subordinate to Erlang's law. The scene of the incident is presented as a queuing system. Using the method of pseudo states and Markov chains, the characteristics of the movement of vehicles near the place of a traffic accident or road repair work are calculated. An algorithm for correcting data on traffic flows in the network correspondence matrix is presented. Modeling the traffic flow near the accident sites allows predicting the resulting vehicle delays and adjusting the optimal traffic management schemes. The results of the work complement the traffic flow model developed earlier by the authors of this article.

Keywords: mathematical model, traffic organization, traffic flow, queuing system, road traffic accident

Математическое моделирование движения автотранспортных средств в настоящее время имеет огромную область применения. Согласно требованиям Министерства транспорта РФ, математическое моделирование применяется при принятии управленческих решений на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях организации дорожного движения, так как это наиболее точный и удобный инструмент, позволяющий усовершенствовать существующую транспортную систему.

Сами математические модели транспортных потоков в настоящее время разделяют на макроскопические, мезоскопические и микроскопические. *Макроскопическое моделирование* устанавливает функциональные зависимости между отдельными показателями потока, например скоростью,

плотностью и интенсивностью движения. При *микроскопическом моделировании* детально имитируется движение транспортных средств с целью установления показателей эффективности функционирования локального участка сети. Обычно имитационная модель базируется на статистическом распределении интервалов между транспортными средствами. *Мезоскопическое моделирование* служит «мостом» между микро- и макромоделями. Мезоскопические модели рассматривают единичные транспортные средства, но описывают их движение и взаимодействие на основании статистических зависимостей.

При решении отдельных задач может отдаваться предпочтение тому или иному методу моделирования, либо можно использовать комбинацию методов.

Одной из проблем, влияющих на удобство передвижения по улично-дорожной сети, являются дорожно-транспортные происшествия (ДТП). Как правило, при ДТП перекрывается одна из полос для движения, образуется «узкое место», которое становится причиной заторов. Аналогичная ситуация может возникнуть при проведении дорожных работ.

Ввиду этого *актуальной* становится проблема моделирования движения автомобилей при объезде места дорожно-транспортного происшествия или дорожно-ремонтных работ.

Целью исследования является повышение качества организации движения транспортных потоков в случае дорожно-транспортного происшествия.

Задача исследования – разработка математической модели и определение характеристик движения потока автомобилей при объезде мест дорожно-транспортных происшествий или дорожно-ремонтных работ.

Материалы и методы исследования

При моделировании движения автомобилей в местах ДТП возможно применять различные типы моделирования.

Так, например, в работе [1] для моделирования ДТП использовались макроскопические переменные, такие как средняя плотность и средняя скорость. Данный подход достаточно упрощен, но позволяет прогнозировать влияние дорожно-транспортных происшествий на средние характеристики потоков. В работе [2] объединено стохастическое моделирование аварий с моделью Лайтхилла – Уизема – Ричардса (LWR). L. Jin и S. Amin в своей работе [3] представили модель динамики движения на автостраде при дорожно-транспортных происшествиях со стохастическим снижением пропускной способности. В их модели с помощью цепей Маркова моделируется сокращение пропускной способности дороги, определяются характеристики очереди, вызванной инцидентом на дороге. Использовать результаты работы [3] можно для анализа влияния стохастических колебаний пропускной способности на пропускную способность участка автострады.

Для описания модели движения автомобилей в местах ДТП можно также использовать подход авторов, описывающих транспортные потоки при пересечении блок-постов [4] или при движении через «бутылочное горло» [5].

В данной работе для моделирования движения автотранспортных средств вблизи места дорожно-транспортного происшествия

будем использовать метод, относящийся к мезоскопическому моделированию. Базовые гипотезы и положения, характеризующие транспортные потоки, были описаны, например, в статье автора [6]. Транспортная сеть представляется в виде ориентированного графа. Необходимые сведения об организации движения, параметрах транспортных потоков содержатся в матрицах $A_{STREETS}$ и $B_{INTERSECTION}$. Информация о числе транспортных средств, проходящих от «источника» к «стоку» в течение времени t , содержится в OD-матрице (матрице корреспонденций) [7].

Распределение интервалов по времени в каждом из транспортных потоков по каждой из полос движения принято подчиненным распределению Эрланга. Данное распределение позволяет аппроксимировать с нужной степенью точности при правильном подборе параметров любое статистическое распределение [8]. Кроме того, такая гипотеза о распределении интервалов в случайном потоке позволяет с помощью метода псевдосостояний использовать цепи Маркова и определять характеристики функционирования системы массового обслуживания [8, 9].

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим движение автотранспортных средств в плотном транспортном потоке в случае, когда в результате дорожно-транспортного происшествия или ремонтных работ перекрывается движение по одной из полос.

1. Представление места ДТП как системы массового обслуживания

Будем рассматривать отрезок улично-дорожной сети между двумя соседними перекрестками, на котором произошло ДТП или ведутся ремонтные работы, как открытую систему массового обслуживания. Движение транспортных средств в плотном потоке, прибывающих по двум полосам к точке А (рис. 1), в данном случае замедляется. Согласно натурным наблюдениям, образуется общая очередь перед точкой А, несмотря на то, что автомобили располагаются на двух полосах. Дисциплина очереди – обслуживание в порядке прибытия транспортных средств (в порядке поступления заявок) FIFO. Количество мест в очереди ограничено количеством автомобилей, которые могут заполнить обе полосы от точки А до предшествующего узла сети (перекрестка) – точки С. Под временем обслуживания T_0 будем понимать среднее время (в секундах) объезда первым в очереди автомобилем препятствия АВ. Интенсивность обслуживания $\mu = \frac{1}{T_0}$.

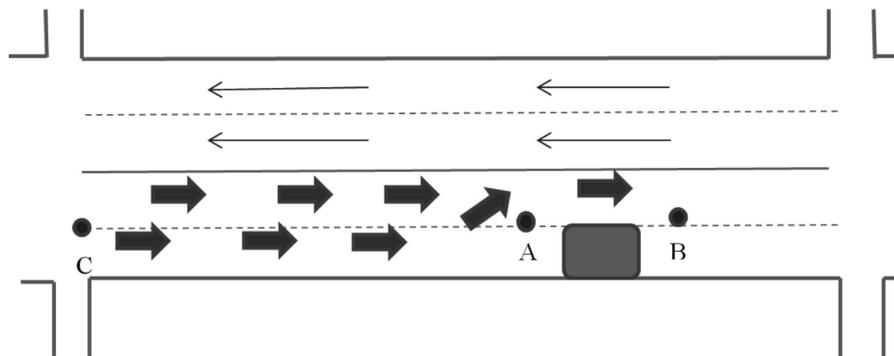


Рис. 1. Схема движения в месте ДТП

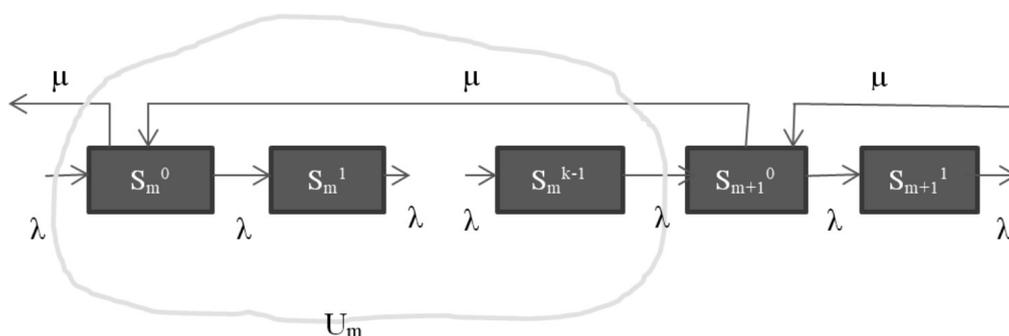


Рис. 2. Псевдосостояния модели системы массового обслуживания

2. Разработка математической модели движения автотранспортных средств в плотном потоке при ДТП

Согласно модели TИMeR_Mod интервалы по времени между транспортными средствами по каждой из полос распределены по закону Эрланга. Проведенные натурные обследования показали, что для плотного потока можно считать, что это специальный закон Эрланга порядка $k \geq 4$. Для расчетов параметров распределения Эрланга можно использовать результаты работы [10].

Пусть потоки Π_1 и Π_2 распределены по специальному закону Эрланга с параметрами λ_1 и λ_2 соответственно и с одинаковым значением параметра $k \geq 4$. Тогда «на обслуживание» прибывает поток Π_{1+2} Пальма, распределение интервалов по времени между событиями в котором – это специальное распределение Эрланга такого же порядка k с параметром $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$. Время обслуживания будем считать распределенным по показательному закону с параметром $\mu = \frac{1}{T_0}$.

В очереди могут находиться одновременно не более N автомобилей, а в системе

в целом – $(N + 1)$ автомобиль: N в очереди и один на обслуживании.

Для составления математической модели данной СМО воспользуемся методом псевдосостояний.

Опираясь на граф состояний (рис. 2), составим систему дифференциальных уравнений Колмогорова, описывающих пребывание СМО в псевдосостояниях $S_m^1, S_m^2, \dots, S_m^{k-1}$ состояния $U_m = \{S_m^0, S_m^1, S_m^2, \dots, S_m^{k-1}\}$, где $m \in \{1, 2, 3, \dots, N\}$. Вероятность нахождения СМО в каждом из псевдосостояний зависит в общем случае от времени t . Будем обозначать как $p_m^{(l)}(t)$ вероятность пребывания системы в состоянии S_m^l , где $l \in \{0, 1, 2, \dots, k\}$.

$$\begin{cases} \frac{dp_m^{(1)}(t)}{dt} = -\lambda p_m^{(1)}(t) + \lambda p_m^{(0)}(t) \\ \frac{dp_m^{(2)}(t)}{dt} = -\lambda p_m^{(2)}(t) + \lambda p_m^{(1)}(t) \\ \dots \\ \frac{dp_m^{(k-1)}(t)}{dt} = -\lambda p_m^{(k-1)}(t) + \lambda p_m^{(k-2)}(t) \end{cases} \quad (1)$$

Обыкновенное дифференциальное уравнение для пребывания СМО в псевдосостоянии S_m^0 при $m \in \{1, 2, 3, \dots, N\}$ имеет вид

$$\frac{dp_m^{(0)}(t)}{dt} = -(\lambda + \mu) p_m^{(0)}(t) + \lambda p_{m-1}^{(k-1)}(t) + \mu p_{m+1}^{(0)}(t). \quad (2)$$

Подмножество U_{N+1} состоит из одного псевдосостояния S_{N+1}^0 , поэтому соответствующее дифференциальное уравнение имеет вид

$$\frac{dp_{N+1}^{(0)}(t)}{dt} = -\mu p_{N+1}^{(0)}(t) + \lambda p_N^{(k-1)}(t). \quad (3)$$

Таким образом, система дифференциальных уравнений Колмогорова для составляемой модели массового обслуживания имеет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_m^{(1)}(t)}{dt} = -\lambda p_m^{(1)}(t) + \lambda p_m^{(0)}(t) \\ \frac{dp_m^{(2)}(t)}{dt} = -\lambda p_m^{(2)}(t) + \lambda p_m^{(1)}(t) \\ \dots \\ \frac{dp_m^{(k-1)}(t)}{dt} = -\lambda p_m^{(k-1)}(t) + \lambda p_m^{(k-2)}(t) \\ \frac{dp_m^{(0)}(t)}{dt} = -(\lambda + \mu) p_m^{(0)}(t) + \lambda p_{m-1}^{(k-1)}(t) + \mu p_{m+1}^{(0)}(t) \\ \dots \\ \frac{dp_{N+1}^{(0)}(t)}{dt} = -\lambda p_{N+1}^{(0)}(t) + \lambda p_N^{(k-1)}(t) \end{array} \right., \quad m \in \{1, 2, 3, \dots, N\}. \quad (4)$$

Кроме того справедливо равенство

$$\sum_{m=0}^N \left(\sum_{i=0}^{k-1} p_m^{(i)}(t) \right) + p_{N+1}^{(0)} = 1. \quad (5)$$

Начальные условия следующие:

$$p_0^{(0)}(0) = 1, \quad p_m^{(l)}(0) = 0 \quad \text{для } m \in \{1, 2, 3, \dots, N+1\}, \quad l \in \{0, 1, 2, \dots, k\}. \quad (6)$$

Вероятность того, что в момент времени t на участке улично-дорожной сети BC находится m автомобилей – это вероятность того, что система массового обслуживания пребывает в состоянии U_m . Эта вероятность P_m вычисляется следующим образом:

$$P_m(t) = \sum_{i=0}^{k-1} p_m^{(i)}(t), \quad m \in \{1, 2, 3, \dots, N\}; \quad P_{N+1}(t) = p_{N+1}^{(0)}(t). \quad (7)$$

Ситуация, сложившаяся на участке улично-дорожной сети, описывается следующими характеристиками СМО:

1) вероятность того, что в момент времени t данный участок загружен полностью, равна

$$P_{N+1}(t) = p_{N+1}^{(0)}(t); \quad (8)$$

2) среднее количество автомобилей на данном участке дороги в момент времени t равно математическому ожиданию числа автомобилей в очереди в данный момент:

$$M(l(t)) = \sum_{i=1}^{N+1} i \cdot P_i(t); \quad (9)$$

здесь $l(t)$ – случайная величина, число автомобилей в очереди в момент времени t ;

3) среднее время проезда (в секундах) по участку AC улично-дорожной сети равно

$$M(T_{del}(t)) = \frac{\sum_{i=1}^{N+1} i \cdot P_i(t)}{\lambda}, \quad (10)$$

здесь $T_{del}(t)$ – случайная величина, время проезда по участку AC улично-дорожной сети автомобиля, находящегося в i -й позиции в очереди в момент времени t .

3. *Характеристики движения автотранспортных средств в плотном потоке при дорожно-транспортном происшествии*

Время функционирования системы массового обслуживания может быть разделено на два временных участка:

$(0, \tau_{st})$ – вероятности пребывания заявки в конкретном состоянии зависят от времени;

$t \in (\tau_{st}, \infty)$ – вероятности пребывания заявки в конкретном состоянии не зависят от времени (стационарное состояние).

Если дорожно-транспортное происшествие только что произошло, то следует рассматривать функционирование системы на промежутке $(0, \tau_{st})$. В данном случае основная трудность состоит в решении системы дифференциальных уравнений (4). Найти точное аналитическое решение возможно лишь при отдельных конкретных значениях параметров λ и μ . Поэтому при решении поставленной практической задачи гораздо удобнее найти численное решение системы для заданного момента t_1 . Например, это можно сделать методом Рунге – Кутты. После определения численных значений вероятностей $p_m^{(i)}(t)$ в момент t_1 можно вычислить необходимые показатели функционирования системы по формулам (8)–(10).

Однако, как показывают практические исследования, через достаточно короткое время τ_{st} после дорожно-транспортного происшествия, система переходит в стационарное состояние. Поэтому на промежутке $(0, \tau_{st})$ можно считать вероятности $p_m^{(i)}(t)$ постоянными величинами, не зависящими от времени t . Следовательно, их производные по времени равны нулю.

Тогда система (1) принимает вид

$$\begin{cases} 0 = -\lambda p_m^{(1)} + \lambda p_m^{(0)} \\ 0 = -\lambda p_m^{(2)} + \lambda p_m^{(1)} \\ \dots \\ 0 = -\lambda p_m^{(k-1)} + \lambda p_m^{(k-2)} \end{cases} \quad (11)$$

Отсюда следует, что

$$p_m^{(0)} = p_m^{(1)} = \dots = p_m^{(k-1)},$$

$$m \in \{1, 2, 3, \dots, N\}. \quad (12)$$

Учитывая результат (12) и дифференциальные уравнения (2) и (3), получим систему алгебраических уравнений

$$\begin{cases} 0 = -\lambda p_0^{(0)} + \mu p_1^{(0)} \\ 0 = -(\lambda + \mu) p_m^{(0)} + \lambda p_{m-1}^{(0)} + \mu p_{m+1}^{(0)} \\ 0 = -\mu p_{N+1}^{(0)} + \lambda p_N^{(0)} \end{cases}$$

$$\text{для } m \in \{1, 2, 3, \dots, N\}. \quad (13)$$

Обозначим $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$. Решение системы:

$$p_m^{(0)} = \alpha^m p_0^{(0)}, \quad m \in \{0, 1, 2, \dots, N+1\}. \quad (14)$$

Значение $p_0^{(0)}$ выразим из условия (5):

$$\begin{aligned} 1 &= \sum_{m=0}^N \left(\sum_{i=0}^{k-1} p_m^{(i)} \right) + p_{N+1}^{(0)} = \\ &= \sum_{m=0}^N (k \alpha^m p_0^{(0)}) + \alpha^{N+1} p_0^{(0)}. \end{aligned}$$

Таким образом:

$$p_0^{(0)} = \frac{1}{\sum_{m=0}^N (k \alpha^m) + \alpha^{N+1}}. \quad (15)$$

Теперь выразим необходимые характеристики:

1) вероятность того, что данный участок загружен полностью, равна

$$P_{N+1} = \alpha^{N+1} p_0^{(0)} = \frac{\alpha^{N+1}}{\sum_{m=0}^N (k \alpha^m) + \alpha^{N+1}}; \quad (16)$$

2) среднее количество автомобилей на данном участке дороги AC:

$$M(l) = \sum_{m=1}^N \left(m \cdot \left(\sum_{i=0}^{k-1} p_m^{(i)} \right) \right) + (N+1) \cdot \alpha^{N+1} p_0^{(0)} = p_0^{(0)} \cdot \left(\sum_{m=1}^N m \cdot k \alpha^m \right) + (N+1) \alpha^{N+1} p_0^{(0)} =$$

$$= p_0^{(0)} \cdot \left(\left(\sum_{m=0}^N m k \alpha^m \right) + (N+1) \alpha^m \right).$$

Итак,

$$M(l) = \left(\left(\sum_{m=0}^N m k \alpha^m \right) + (N+1) \alpha^{N+1} \right) \frac{1}{\sum_{m=0}^N (k \alpha^m) + \alpha^{N+1}}; \quad (17)$$

3) среднее время проезда по участку AC улично-дорожной сети равно

$$M(T_{del}) = \frac{\left(\left(N \cdot \sum_{i=0}^{k-1} i \alpha^i \right) + (N+1) \right)}{\lambda \cdot \left(\sum_{m=0}^N (k \alpha^m) + \alpha^{N+1} \right)}. \quad (18)$$

В модели TIMeR_Mod, разработанной ранее Н.А. Наумовой, информация о распределении потоков по сети содержится в матрицах $A_{STREETS}$ и $B_{INTERSECTION}$ [6]. Характеристики (16)–(18) позволяют разработать алгоритм корректировки данных о транспортных потоках при ДТП:

а) если $P_N + P_{N+1} \geq 0,9$ или $M(l) \approx N$, то «исключаем» движение по рассматриваемому участку улично-дорожной сети в матрицах $A_{STREETS}$ и $B_{INTERSECTION}$ (вводим запрет на движение соответствующим образом, изложенным в работе [6]);

б) если $P_N + P_{N+1} < 0,9$ и $M(l) < N - 1$, то уменьшаем количество полос движения в месте инцидента в матрицах $A_{STREETS}$, $B_{INTERSECTION}$ и корректируем параметры Эрланга на полосах движения;

в) обновляем OD-матрицу согласно изменениям, внесенным $A_{STREETS}$ и $B_{INTERSECTION}$ [7].

Разработанная модель движения автомобилей в случае сужения проезжей части по причине ДТП или дорожно-ремонтных работ позволяет оперативно корректировать организацию движения.

Заключение

Моделирование движения транспортных потоков вблизи мест дорожно-транспортных происшествий или ремонтных работ позволяет прогнозировать вызванные этим задержки транспортных средств и корректировать оптимальные схемы организации движения в этих ситуациях. В данной работе применялись методы мезоскопического моделирования, отличительной осо-

бенностью которых является оперативность выполнения расчетов при соблюдении необходимой точности. Результаты данной работы дополняют модель движения транспортных потоков TIMeR_Mod, разработанную ранее автором настоящей статьи.

Список литературы

1. Moutari S., Herty M., Klein A., Oeser M., Steinauer B., Schleper V. Modelling road traffic accidents using macroscopic second-order models of traffic flow. IMA J. Appl. Math. 2013. Vol. 78. P. 1087–1108.
2. Göttlich S., Knapp S. Modeling random traffic accidents by conservation laws. Mathematical Biosciences and Engineering. 2020. Vol. 17 (2). P. 1677–1701. DOI: 10.3934/mbe.2020088.
3. Jin L., Amin S. Analysis of a stochastic switching model of freeway traffic incidents, IEEE Trans. Automat. Control. 2019. Vol. 64. P. 1093–1108.
4. Ockendon H., Mason D.P., Fanucchi D., la Foy T., Oliphant T., Khaliq M. A mathematical model of a road block, Mathematics-in-Industry Case Studies Journal. 2010. Vol. 2. P. 134–154.
5. Dymski N., Goatin P., Rosini M. Modeling moving bottlenecks on road networks. Hyperbolic Problems: Theory, Numerics, Applications. Proceedings of the XVII international conference in Penn State., PennState, United States. 2018. P. 419–426.
6. Naumova N.A., Danovich L.M. Modelling And Optimisation Of Flows Distribution In The Network, Applied Mathematics. 2012. Vol. 2(5). P. 171–175. DOI: 10.5923/j.am.20120205.04.
7. Naumova N.A. Method For Estimating An Origin-Destination Matrix For Dynamic Assignment, International Journal of Control Theory and Applications. 2016. Vol. 9 (30). P. 129–138.
8. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебное пособие, 5-е изд., стер. М.: КНОРУС, 2016. 448 с.
9. Cox D.R., Smith W.L. Queues. London: Methuen, P. 150, 1961.
10. Наумова Н.А., Данович Л.М., Данович Ю.И. Определение параметров распределения обобщенного закона Эрланга по экспериментальным данным при изучении транспортных потоков // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10045> (дата обращения: 01.09.2021).

УДК 004.942:004.91

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТИВНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ

Ниджрес Моатаз Талал, Нуриев Н.К.

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, e-mail: nijres@mail.ru

Результатом данной работы является разработка редактора курсов в виде веб-приложения для подготовки студентов, позволяющего оценить и визуализировать уровень проектно-конструктивных способностей (АВС) студента. Система предоставляет преподавателям удобный инструмент для создания курсов, позволяет следить за подготовкой студентов и автоматически оценивать знания и навыки студентов по всем критериям (познавательный-информационный, эмоционально-ценностный, конструктивно-алгоритмирующий, потребностно-мотивационный, моделирующий, самореализации, деятельностный), просматривать результаты оценки студентов в текстовом и графическом виде. Кроме того, результаты оценки знаний студента (POL, CHL) сравниваются с пирамидой Блума. Для выполнения поставленных задач система имеет удобный интерфейс. Компетентность студента в некоторой деятельности определяется как умение и навыки студента на базе своих знаний разрешать проблемы до определенной сложности. Мы кластеризуем множество студентов внутри одной области деятельности и разделяем их на компетентных и некомпетентных студентов, строим квалиметрические шкалы: пятимерную и трехмерную. Обе эти шкалы опираются: 1) на закономерность «решение проблем в три операции»; 2) параметры <A, B, C, POL, CHL, S>, определяющие вероятность успешности; 3) экспертную оценку сложности проблем, решаемых на практике; 4) результаты тестов на полноту и целостность владения знаниями.

Ключевые слова: проектно-конструктивные способности (АВС), уровень подготовки, визуализация, компетентность, точность результата тестирования, качество измерения, качество процедуры, продолжительность тестирования, сложность теста

WEB APP FOR ADAPTIVE LEARNING BASED ON DESIGN ABILITIES

Nidzhres M.T., Nuriev N.K.

Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: nijres@mail.ru

The result of this work is the development of a course editor in the form of a web application for preparing students to assess and visualize the level of student design and construction abilities (ABC). The system provides teachers with a convenient tool for creating courses, allows you to follow students' training and automatically evaluate students according to all criteria (cognitive-informational, emotional-value-based, constructive-algorithmizing, need-motivational, modeling, self-realization, activity-based), view student assessment results in textual and graphic form. In addition, the Results, student knowledge assessment (POL, CHL) are compared with the Bloom pyramid. To complete the tasks, the system has a convenient interface. The competence of a student, in a certain field of activity, is interpreted as his ability and skills to solve problems up to a certain complexity based on his knowledge, i.e. there is a certain invisible barrier of complexity, overcoming which it can be considered competent. For clustering people from one field of activity, i.e. dividing them into competent and incompetent students, it is necessary to build qualitative scales. In this case, you can build two scales: five-dimensional and three-dimensional. Both of these scales are based on the following information: 1. Based on the established fundamental pattern of «solving problems in three operations». 2. Based on the identified set of parameters <A, B, C, POL, CHL, S>, which determines the probability of success in solving problems. 3. Based on the methodology of expert assessment of the complexity of problems that a specialist can (able) solve in practice. 4. Based on the results of tests for the completeness and integrity of knowledge ownership.

Keywords: design and construction ability (ABC), the level of training, visualization, competence, test result accuracy, measurement quality, procedure quality, test duration, test complexity

Цель исследования: реализовать разработанный комплекс программных средств в дистанционном образовании на основе проектно-конструктивных способностей (АВС). Определить время тестирования на основании сложности вопросов, использовать пространственную модель достижения критериев для визуализации проектно-конструктивных способностей (АВС) из семи блоков и сравнения со шкалой Блума.

Материалы и методы исследования

Проблемы дидактики не могут быть разрешены в рамках только педагоги-

ки, так как сегодня студент занимается учебной деятельностью в реально-виртуальном образовательном пространстве (преимущественно в техногенной среде), поэтому многие процессы учебной деятельности и диагностики должны быть формализованы, а затем автоматизированы. Для решения таких задач приходится наряду с педагогическими методами привлекать инженерные методы. В связи с этим в дидактике возникла новая методология, т.е. новый раздел науки об организации учебной деятельности с использованием инженерных методов и средств. Эту методологию назвали дидактической

инженерией [1, 2]. Многие проблемы, рассматриваемые в рамках дидактической инженерии, решаются с привлечением методов математического моделирования и численных методов [2, 3].

Для оценки качества подготовки в данной работе мы применяем один из наиболее современных способов на основе ABC-способностей. В настоящем исследовании мы опираемся на определение мониторинга качества по проектно-конструктивным способностям (ABC), предложенное Н.К. Нуриевым и Л.Н. Журбенко, которые считали, что в любой сфере компетенцию инвариантно поддерживает триада проектно-конструктивных способностей (ABC) определенного уровня развития, иначе говоря, ABC-способности и знания выступают как вспомогательные средства [4, 5]. При этом А, В, С представляют собой формализационные, конструктивные и исполнительские способности.

В научных исследованиях по системному анализу инженерной деятельности было установлено, что вероятность успешности инженера в решении проблемы относительно той или иной компетенции обычно зависит от следующих условий: уровень развития проектно-конструктивных способностей, глубина познаний, сложность решаемых проблем. Эта закономерность формально описывается следующим образом: $P(\text{Успех}) = P(A, B, C, \text{POL}, \text{CHL}, S)$, здесь POL, CHL – параметры, характеризующие глубину знаний студента, А, В, С – уровни развития формализационных, конструктивных, исполнительских способностей [6], S – сложность решаемой задачи. Учитывая приведенную закономерность, рассмотрим шкалу качества владения компетенцией (КВК) [6] (рис. 1).

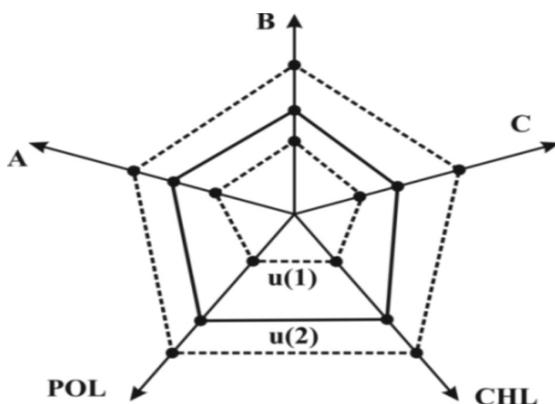


Рис. 1. Шкала качества владения компетенцией [6]

На этой шкале видно, что показатели качества владения компетенцией у инженеров $u(1)$ и $u(2)$ различаются. При этом, в отличие от инженера $u(1)$, инженер $u(2)$ с большей вероятностью решит проблему сложности S. Заметим, что статистика эти данные не опровергает.

Базируясь на этой статистически не опровергаемой закономерности, сформулируем цель обучения студентов в рамках дидактической системы с технологией подготовки в метрическом компетентностном формате [6] (рис. 2).

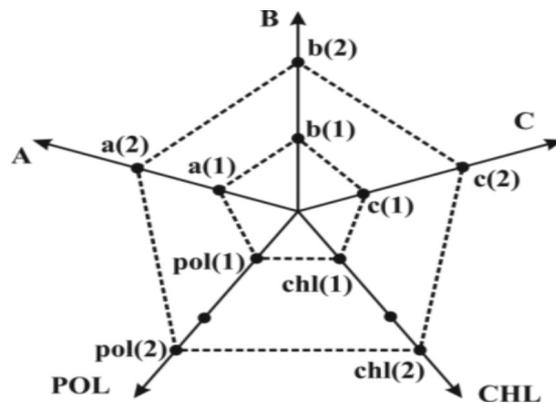


Рис. 2. Два профиля развития студента на шкале КВК [6]

Можно сформулировать цель следующим образом: требуется развить студента через обучение (в рамках компетенции) от профиля $A(1) - B(1) - C(1) - \text{CHL}(1) - \text{POL}(1)$ до профиля $A(2) - B(2) - C(2) - \text{CHL}(2) - \text{POL}(2)$ [3].

Пространственная модель для достижения критериев

Используя пространственную модель, определим значения следующих критериев (рис. 3).

При построении пространственной модели в качестве базовых были использованы А, В и С способности. А способности моделирует ось X, В способности моделирует ось Y, С способности моделирует ось Z. Тогда каждая точка первой четверти пространства будет отвечать достижению определенной способности. Например, точка A (x_1, y_1, z_1) показывает достижение в данный момент величины x_1 по А-способностям, y_1 по В способностям, z_1 по С-способностям. Тогда по этой модели имеем: достижение критерия.

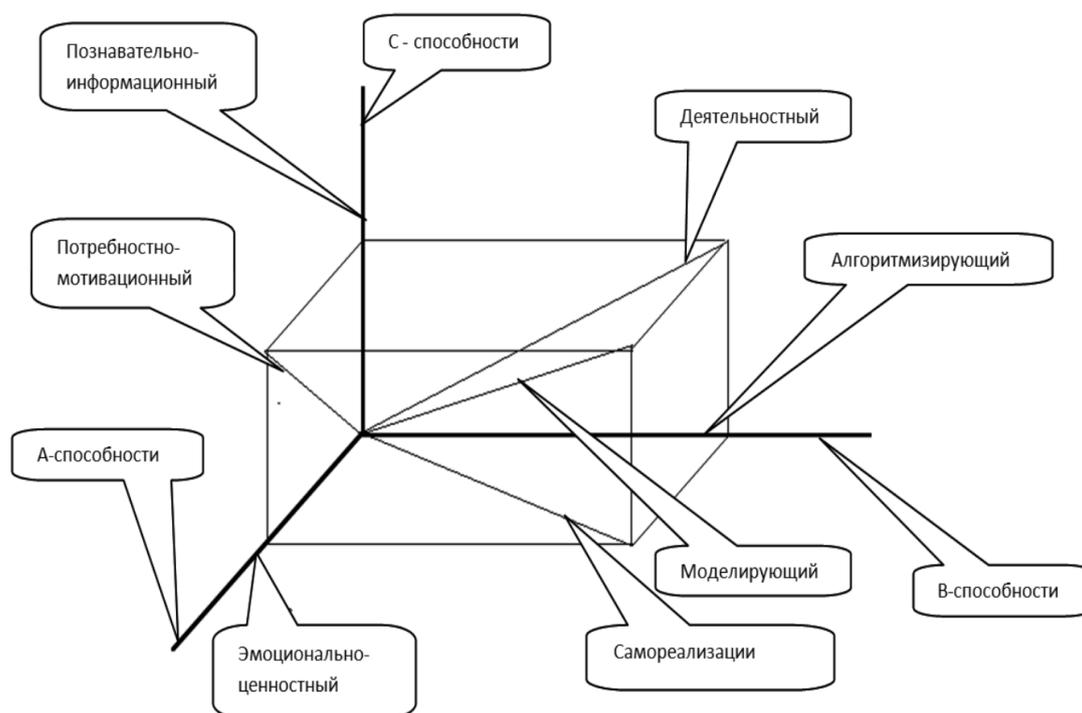


Рис. 3. Пространственная модель [3]

Также рассчитываются следующие критерии:

$$A \text{ (Эмоционально-ценностный) критерий: } A_{\text{студ}} = \sum_{i=1}^n s_{\text{студ},i,1}.$$

$$B \text{ (Конструктивный) критерий: } B_{\text{студ}} = \sum_{i=1}^n s_{\text{студ},i,2}.$$

$$C \text{ (Познавательно-информационный) критерий: } C_{\text{студ}} = \sum_{i=1}^n s_{\text{студ},i,3}.$$

$$A\text{--}B \text{ (Самореализации) критерий: } \sqrt{A_{\text{студ}}^2 + B_{\text{студ}}^2}.$$

$$A\text{--}C \text{ (Потребностно-мотивационный) критерий: } \sqrt{A_{\text{студ}}^2 + C_{\text{студ}}^2}.$$

$$B\text{--}C \text{ (Деятельностный) критерий: } \sqrt{B_{\text{студ}}^2 + C_{\text{студ}}^2}.$$

$$A\text{--}B\text{--}C \text{ (Моделирующий) критерий: } \sqrt{A_{\text{студ}}^2 + B_{\text{студ}}^2 + C_{\text{студ}}^2}.$$

Алгоритм вычисления оценки ABC-способностей

Создавая курс, позволяющий преподавателю рассчитывать ABC-способности студентов, следует в первую очередь оценить его сложность по А, В, и С критериям [6, 7]. Для этого преподавателю сначала следует оценить по каждому из этих критериев задачи и тесты, созданные им. Далее студент проходит поэтапно все разделы, отвечая на вопросы предложенного теста и решая все представленные задачи. Все это оценивается преподавателем по А, В и С критериям, что позволяет рассчитать непосредственно уровни владения ABC-способностями студентов после прохождения ими курса [6].

Заметим, что любой курс можно разбить на произвольное количество разделов, для каждого из которых возможно определение сложности по А, В, С критериям. Если представим, что n – это общее количество разделов в курсе, то его сложность будет описана матрицей размерностью $n \times 3$, в которой номер раздела определяется номером строки, критерий – номером столбца, сложность раздела по критерию – значениями элементов. При этом столбцы соответствуют непосредственно критериям А, В, С, то есть первый столбец соответствует критерию А и т.д. Опираясь на содержание раздела и учитывая степень сложности

вопросов и задач, преподаватель рассчитывает каждый из критериев. Допустим, значение элемента $s_{2,3}$ описывает сложность по критерию C из второго раздела курса.

$$S = \begin{pmatrix} s_{1,1} & s_{1,2} & s_{1,3} \\ s_{2,1} & s_{2,2} & s_{2,3} \\ \dots & & \\ s_{n,1} & s_{n,2} & s_{n,3} \end{pmatrix}.$$

Следовательно,

$$A = \sum_{i=1}^n s_{i,1}, B = \sum_{i=1}^n s_{i,2}, C = \sum_{i=1}^n s_{i,3}.$$

Рассмотрим ситуацию, когда каждый раздел с номером k имеет два теста POL и CHL , в которых m_k вопросов, а также блок задач, содержащий w_k задач. Тогда каждый раздел мы можем описать с помощью векторов P_k, H_k длины m_k , и матрицей T_k размерностью $w_k \times 3$. Каждый компонент вектора P_k содержит сложность вопроса теста POL , а H_k – сложность вопроса теста CHL . Номер строки элемента матрицы T_k соответствует номеру задачи в разделе, а номер столбца соответствует сложностям по критериям A, B, C соответственно.

$$P_k = (p_{k_1}, p_{k_2}, \dots, p_{k_{m_k}}), H_k = (h_{k_1}, h_{k_2}, \dots, h_{k_{m_k}}),$$

$$T_k = \begin{pmatrix} t_{k1,1} & t_{k1,2} & t_{k1,3} \\ t_{k2,1} & t_{k2,2} & t_{k2,3} \\ \dots & & \\ t_{kp_k,1} & t_{kp_k,2} & t_{kp_k,3} \end{pmatrix}.$$

Значения данных T_k определяются преподавателем при оценке им задач при заполнении раздела [8]. Вектора P_k, H_k определяются экспертами. Пусть вопросы теста POL раздела k оценены n_k экспертами. И каждый эксперт оценил i вопрос теста POL в n -м разделе. Тогда $R_{k_i} = (r_1, \dots, r_{n_k})$ вектор с оценками данного вопроса. Тогда значение сложности данного вопроса $p_{k_i} = (R_{k_i}) = (r_j)$.

Сложность раздела по критериям A, B, C является суммой сложностей задач данного раздела по соответствующему критерию и впоследствии рассчитывается следующим образом:

$$s_{i,j} = \sum_{c=1}^{w_i} t_{ic,j}.$$

Студент должен пройти все разделы для прохождения курса. После прохождения каждого раздела студент оценивается по каждому из критериев.

$$S_{\text{студ}} = \begin{pmatrix} s_{\text{студ}1,1} & s_{\text{студ}1,2} & s_{\text{студ}1,3} \\ s_{\text{студ}2,1} & s_{\text{студ}2,2} & s_{\text{студ}2,3} \\ \dots & & \\ s_{\text{студ}n,1} & s_{\text{студ}n,2} & s_{\text{студ}n,3} \end{pmatrix}.$$

В каждом разделе студент дает ответы на вопросы теста и решает задачи, проверяемые впоследствии преподавателем. После прохождения раздела курса получают m_k -элементные векторы оценок a_k, b_k из m_k элементов, и c_k из w_k элементов. a_k, b_k – соответствуют оценкам на ответы вопросов тестов, c_k – оценкам ответов на задачи соответственно. Компоненты a_{k_i} и b_{k_i} принимают дискретные значения 0 или 1, при этом 0 соответствует неверному ответу на вопрос с номером i , а 1 – верному. Компоненты c_{k_i} принимают значения из отрезка $[0, 1]$, при этом 0 соответствует неверному решению на задачу с номером i , а 1 – полностью верному. По каждому из критериев результаты раздела вычисляются по следующей формуле:

$$s_{\text{студ}k,i} = \sum_{j=1}^{w_i} c_{kj} \cdot t_{kj}.$$

Таким образом, после прохождения всех разделов курса имеем матрицу оценок студентов по критериям А,В,С размерности $n \times 3$

$$S_{\text{студ}} = \begin{pmatrix} S_{\text{студ}1,1} & S_{\text{студ}1,2} & S_{\text{студ}1,3} \\ S_{\text{студ}2,1} & S_{\text{студ}2,2} & S_{\text{студ}2,3} \\ \dots & \dots & \dots \\ S_{\text{студ}n,1} & S_{\text{студ}n,2} & S_{\text{студ}n,3} \end{pmatrix}.$$

Общая оценка за n -й раздел $S_{\text{студ}k}$ вычисляется следующим образом:

$$POL_k = \frac{\sum_{i=1}^{m_k} a_{k_i} \cdot p_{k_i}}{\sum_{i=1}^{m_k} p_{k_i}}, \quad CHL_k = \frac{\sum_{i=1}^{m_k} b_{k_i} \cdot h_{k_i}}{\sum_{i=1}^{m_k} h_{k_i}},$$

$$S_{\text{студ}k} = 0.6 \cdot POL_k \cdot CHL_k + 0.4 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{w_k} c_{k_i}}{w_k}.$$

Для раздела вычисляется оценка $Q = \sqrt{POL_k \cdot CHL_k}$ и по ней строится пирамида Блума. Соответствия значений Q и уровня по пирамиде Блума представлены в табл. 1.

Таблица 1

Соответствия значений и уровня по пирамиде Блума

Уровень	Значение Q
Знание	0,6
Понимание	0,67
Использование	0,74
Анализ	0,81
Синтез	0,88
Оценка	0,94

Если по каждому из критериев A, B, C результат студента превышает пороговое значение, общая оценка за раздел не менее 60%, т.е.

$$\frac{S_{\text{студ},j}}{S_{i,j}} \geq 0.6,$$

то раздел считается пройденным. В зависимости от результата для каждого из критериев определяется уровень студента (табл. 2).

Таблица 2

Уровень студента

Уровень	Минимальный процент
Посредственный	60%
Удовлетворительный	70%
Хороший	80%
Высокий	90%

Если же студент получит менее 60% хотя бы по одному критерию, то раздел не считается пройденным и студент проходит данный раздел заново.

После прохождения раздела для студента рассчитываются уровни владения $A_{\text{студ}}$, $[B]_{\text{студ}}$, $C_{\text{студ}}$ способностями для данного курса на основании семи блоков. После прохождения всех разделов вычисляются уровни умения и знания студента владения ABC POL CHL способностями для данного курса, После этого представляются результаты студента для POL и CHL по пирамиде Блума (рис. 4).

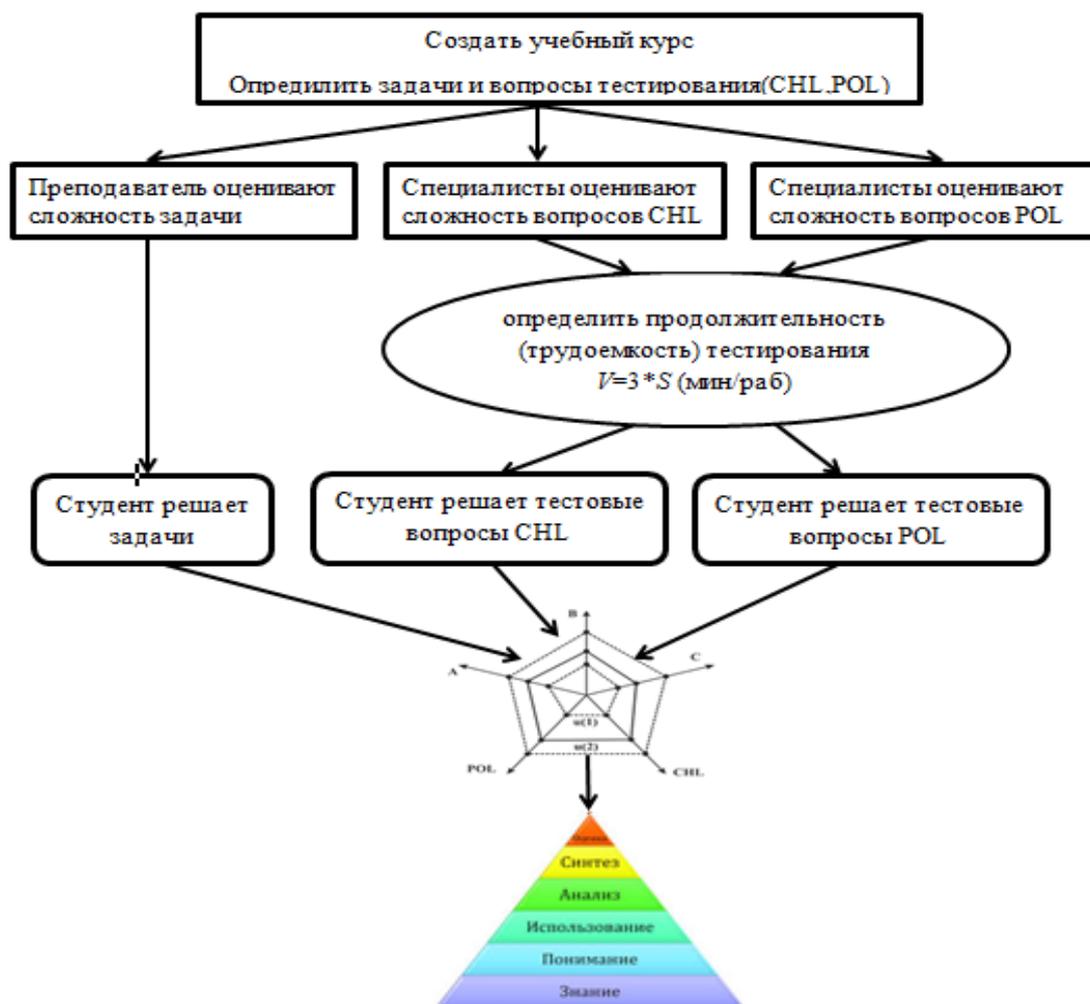


Рис. 4. Схема организации учебных курсов

Реализация и обзор (практическая часть)

Для разработки данного веб-приложения использовался язык программирования Java и веб-фреймворк Play. Для хранения данных была выбрана база данных SQLite. Для оформления данного веб-приложения использовался HTML и CSS фреймворк bootstrap, также использовалась библиотека jQuery. Также использовался визуальный редактор текста skeditor. Для визуализации результатов использовалась библиотека chart.js. При реализации данного веб-приложения использовалась среда разработки IntelliJ Idea.

В данном веб-приложении есть четыре типа пользователей: администратор, преподаватель, студент и эксперты. Среди них максимальными возможностями системного контроля обладает администратор. Этот тип пользователя имеет возможность присвоить учительский статус учетным за-

писям. Он создается, когда система развернута со стандартным логином и паролем, которые должны быть изменены в целях безопасности. (рис. 5).

Администратор назначает преподавателя, задача которого – создание и редактирование курсов, открытие доступа студентам к своим курсам. Также преподаватель проверяет выполненные студентами задания и контролирует их результаты. Он не имеет доступа к курсам других преподавателей [9]. Каждый курс необходимо разделить на темы, которые включают в себя: Теоретический материал, Тест POL, CHL, Набор задач. Для заполнения лекций, теста или задач имеется визуальный текстовый редактор с возможностью добавления мультимедиа-материалов. Также для каждой темы необходимо указать количество вопросов в тесте, количество задач. Для каждой задачи в тесте указывается сложность для каждого из параметров А, В, С (рис. 6).

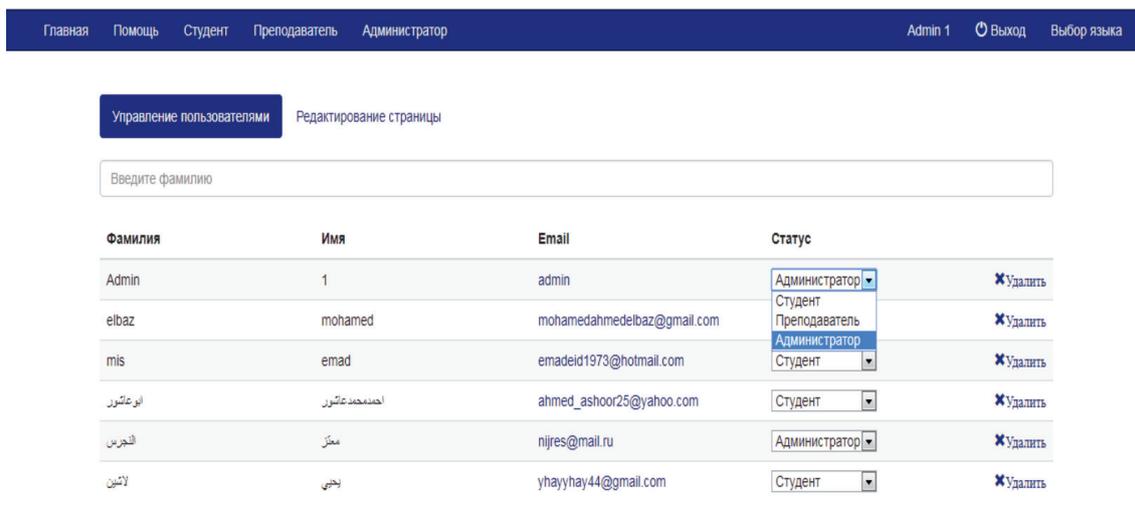


Рис. 5. Окно определения пользователя

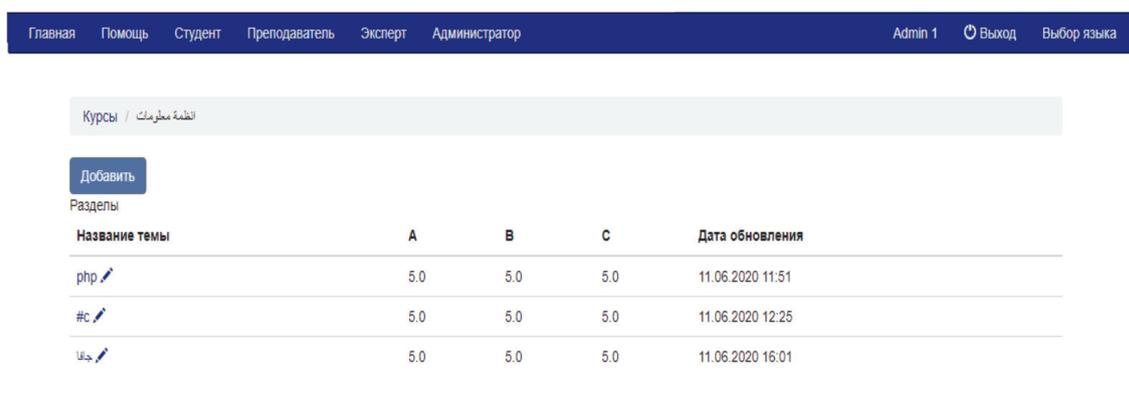


Рис. 6. Окно редактирования темы

Сложность тестов POI и CHL определяется экспертом, вопросы и ответы направляются эксперту, и эксперт оценивает сложность S (трудоемкость в мин/раб) теста [8]. Чтобы получить реальную сложность тестирования и определения подходящего времени, учитель отправляет вопросы и ответы как минимум пяти экспертам, а затем система выбирает наименьшее время и задает для студентов продолжительность (трудоемкость) тестирования $V = 3 * S$ (мин/раб) (табл. 3) [8].

Таблица 3

Наблюдаемые частоты, полученные в ходе тестирования [6]

№	Вопросы	Ответы	Сложность (мин/раб.)
1	Вопрос	Ответ	1
2	Вопрос	Ответ	3
3	Вопрос	Ответ	2
4	Вопрос	Ответ	4
...	
10	Вопрос	Ответ	4
Сложность (трудоемкость) теста $S = 30$			

Далее необходимо выбрать студентов для прохождения данного курса и открыть им доступ. Студенты затем проходят тесты и решают задачи. Далее преподаватель проверяет правильность решения задач и подсчитывает результаты для данной темы. Если оценка студента меньше пороговой, то для того, чтобы попытаться повторно пройти тест, ему необходимо вернуться к предыдущим темам, связанным с данной по соответствующему критерию. Студент и преподаватель могут просмотреть визуализацию и описание этих результатов (рис. 7, табл. 4).

A: 80.0%
B: 80.0%
C: 80.0%

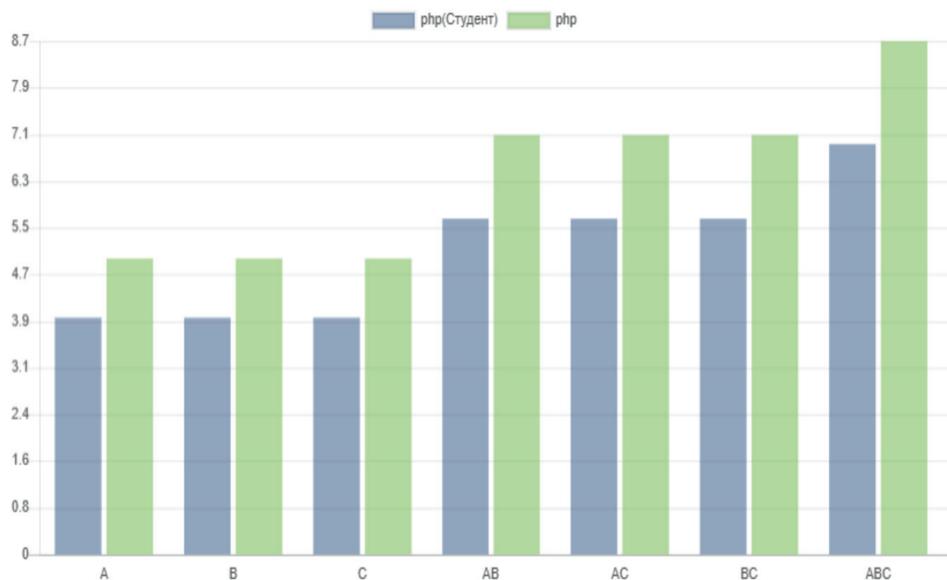


Рис. 7. Промежуточное окно визуализации результатов

После завершения курса вы можете просмотреть визуализированные общие результаты, а также ответы ученика на тест и задания (рис. 8).

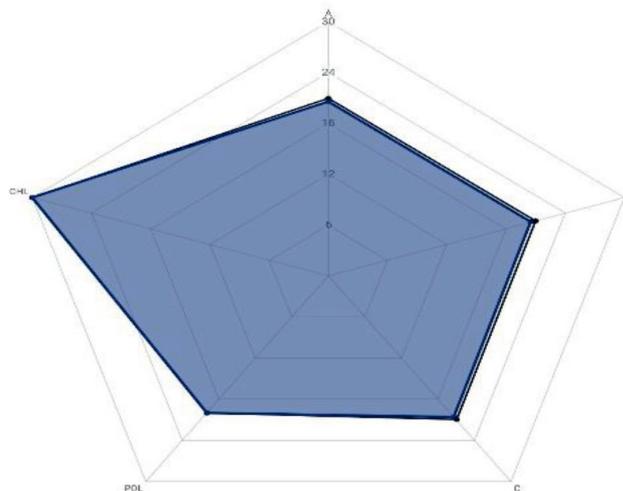


Рис. 8. Оценка по шкале качества владения компетенцией

Таблица 4

Промежуточное окно визуализации результатов

Уровень хорошо						
А (Эмоционально-ценностный критерий)	В (Конструктивный критерий)	С (Познавательный-информационный критерий)	АВ (Самореализации) критерий	АС (Потребностно-мотивационный) критерий	ВС (Деятельностный) критерий	АВС (Моделирующий) критерий
Студент имеет возможность в некоторых случаях оценить красоту научных теорий и идей, роли научной символики и значения, возможности формализации научного стиля для решения практических задач. Имеет достаточную самостоятельность. Своевременно выполняет задачи, адекватно оценивает собственные достижения в области решения научных задач	Студент имеет следующие качество: умение алгоритмизировать для решения большинства проблем, практических задач	Студент имеет следующие качество: хорошее знание научных теорий, и символов, и аксиоматики, знает историю науки	Студент имеет следующие качества: хорошо развитые умения определять личные достоинства и недостатки в сфере научно-информационной культуры, определять резервы дальнейшего развития [4] научно-информационной культуры, целенаправленно регулировать развитие научно-информационной культуры	Студент имеет следующие качества: потребность в саморазвитии, необходимость применения научных методов и моделей для прикладных задач, профессиональное осознание важности научной культуры	Студент имеет следующие качества: хорошую способность применять теоретические и практические знания на практике: умение перевести прикладную задачу на научном языке большинство прикладных задач, умение самостоятельно и правильно поставить задачу и выбрать научные методы [4] исследований, умение построить научно-информационную модель для изучения его.	Студент имеет достаточные развитые умения анализа, прогнозирования



Рис. 9. Оценка по шкале пирамиды Блума уровня знаний студента в POL и CHL

После этого общий результат теста POL и CHL представляется в соответствии с пирамидой Блума (рис. 9).

Заключение

Разработан редактор курсов в виде веб-приложения для адаптивной подготовки студентов, позволяющий оценить и визуализировать уровень ABC-способностей студента. Система предоставляет преподавателям удобный инструмент для создания курсов, позволяет оценивать студентов автоматически по всем критериям, просматривать результаты оценки студентов в текстовом и графическом виде, определить время тестирования на основании сложности вопросов, оценка знания студента (POL, CHL) сравнивается с пирамидой Блума. Для выполнения поставленных задач система имеет удобный интерфейс.

Список литературы

1. Чошанов М.А. Дидактика и инженерия. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 248 с.
2. Галимянов А.Ф., Исмагилова К.К., Старыгина С.Д. Метрики начальной культуры программирования студен-

тов // Международный электронный журнал «Образовательные технологии и общество (Education Technology & Society)». 2014. № 17:4. С. 645–654.

3. Аль-Хашеми А.А., Обади А.А., Муршед Ф.А. Проектирование программного обеспечения умной образовательной системы на примере обучения решения систем линейных уравнений // Вестник Казанского технологического университета. 2017. № 20.1. С. 102–105.

4. Исмагилова К.К. Формирование математической культуры в современной профессиональной школе гуманитарного профиля. 2010. 27 с.

5. Обади А.А., Аль-Хашеми А.А., Муршед Ф.А. Проектирование программного обеспечения смартобразовательной системы на примере решения алгебраических и трансцендентных уравнений // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 10.

6. Нуриев Н.К., Старыгина С.Д., Гибадуллина Э.А. Дидактическая инженерия: проектирование систем обучения нового поколения // Интеграция образования. 2016. 20.3 (84).

7. Печеный Е.А., Старыгина С.Д. Дидактическая инженерия: модель построения оптимального расписания для поточного тестирования // Образовательные технологии и общество. 2017. № 20.4. С. 430–442.

8. Ниджрес Моатаз Талал. Модель организации процесса тестирования // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2020. № 3. С. 153–163.

9. Гарифьянов Н.Ф., Нуриев Н.К. Дидактическая инженерия: практика реализации // Образовательные технологии и общество. 2016. № 19.4. С. 385–396.

УДК 004:666.3.019:666.3.03

УМЕНЬШЕНИЕ РАЗНОТОЛЩИННОСТИ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ПОЛОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-ИЗМЕРЕНИЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЫХОДА БРАКА ПО ТРЕЩИНАМ И СКОЛАМ

¹Охлупин Ю.С., ¹Маслова Е.В., ^{1,2}Харитонов Д.В., ^{1,2}Анашкина А.А.

¹АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина», Обнинск, e-mail: info@technology.ru;

²ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Москва, e-mail: rector@muctr.ru

Статистический анализ производственных данных по формированию конусообразных полых керамических заготовок из водного шликера показал, что на выход брака по трещинам и сколам керамики может влиять разнотолщинность формообразующей полости. Отклонения по толщине формообразующей полости конусообразной формы разделены на две группы: регулярную и неравномерную разнотолщинность. В регулярную разнотолщинность таких формообразующих полостей включены равномерная разнотолщинность вдоль образующих и несоосность наружной и внутренней поверхностей полости. В неравномерную разнотолщинность вошли «волнистость» вдоль образующих полости и некруглость. В работе проанализированы разнотолщинности трех формообразующих полостей. Данные по толщине формообразующих полостей в разных точках получены путем оцифровки геометрии деталей формообразующей оснастки с использованием лазерного трекера. Анализ разнотолщинности формообразующих полостей проведен на основе оценки отдельных вкладов в коэффициент вариации значений толщины полостей и с помощью расчета положений осей вращения наружной и внутренней поверхностей полости. На примере рассматриваемых в работе керамических заготовок показано, что уменьшение несоосности формообразующей полости и, в частности, несоосности основания полости путем замены деталей формообразующей оснастки способствует снижению выхода брака по трещинам и сколам керамики. Полученные результаты показывают, что уменьшение и регулирование разнотолщинности формообразующих полостей для полых керамических заготовок являются эффективными инструментами снижения и контроля брака по трещинам и сколам керамики.

Ключевые слова: керамика, 3D-измерение, оснастка для формования, неравномерная разнотолщинность формообразующей полости, несоосность, брак по трещинам и сколам

REDUCTION OF THICKNESS VARIATION OF FORMING CAVITY WITH USE OF 3D-MEASUREMENTS OF TOOLS FOR THE FORMING OF CERAMICS TO REDUCE THE YIELD OF CRACK AND CHIP REJECTS

¹Okhlupin Yu.S., ¹Maslova E.V., ^{1,2}Kharitonov D.V., ^{1,2}Anashkina A.A.

¹A.G. Romashin ONPP Tekhnologiya JSC, Obninsk, e-mail: info@technology.ru;

²D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, e-mail: rector@muctr.ru

Statistical analysis of production data on the formation of the cone-shaped hollow ceramic billets from water slip showed that the yield of crack and chip rejects can be influenced by thickness variation of the forming cavity. Deviations in thickness of the cone-shaped forming cavity were divided into two groups: regular and uneven thickness variation. The regular thickness variation of such forming cavities includes equable thickness variation along the generatrix and misalignment of outer and inner surfaces of the cavity. The uneven thickness variation includes undulation along the generatrix and nonroundness. The work analyzed thickness variation of three forming cavities. Data on the thickness of the forming cavities at different points are obtained by laser tracker digitizing of geometry of the forming tool parts. Analysis of thickness variation of the forming cavities was carried out on the basis of estimation of separate contributions to variation coefficients of cavity thickness values and calculation of positions of rotation axes of the cavity outer and inner surfaces. On the example of the ceramic billets considered in work it is shown that a decrease in misalignment of a forming cavity and, in particular, in misalignment of a cavity base by replacing parts of forming tool, helps to reduce the yield of crack and chip rejects. The obtained results show that reduction and regulation of thickness variation of forming cavities for hollow ceramic billets are effective tools for reduction and control the yield of crack and chip rejects.

Keywords: ceramics, 3D-measurement, molding tool, uneven thickness variation of forming cavity, misalignment, crack and chip rejects

Для изготовления сложных и крупнобаритных керамических изделий при серийном производстве чаще всего применяют шликерное литье с использованием водных шликеров. В рамках данного способа формования заготовок водный шликер заливают в полость влагопоглощающей формы и выдерживают в ней до потери текучести формирующегося материала заготовки [1]. Для управления качеством и снижения

выхода брака керамических заготовок, изготовленных данным способом, требуется регулярный контроль состояния оснастки и периодический анализ результатов ее использования по частоте возникновения трещин и сколов заготовок. В качестве оснастки для формования рассматриваемых в работе конусообразных полых керамических заготовок используются формовочные комплекты, состоящие из влагопогло-

щающей формы, непористого сердечника, перфорированного металлического каркаса и вспомогательных частей (рис. 1) [2, 3]. Материал заготовок в рамках данной работы не описывается, поскольку эта информация не используется для интерпретации полученных результатов. Здесь и далее рассматриваемые заготовки упоминаются просто как керамические заготовки. Для формования рассмотренных керамических заготовок в производстве используется больше десяти формовочных комплектов. Влагопоглощающие формы, необходимые для формирования наружной поверхности заготовок, рассмотренных в данной работе, изготавливаются из гипса [4]. Для этого используется гипсовое вяжущее [5], которое заливают в полость между перфорированным металлическим каркасом формы и закрепленной в нем деталью, называемой «моделью». «Модель» формирует геометрию формообразующей поверхности гипсовой формы и посредством нее задает геометрию наружной поверхности керамических заготовок.

В нашем производстве керамических заготовок используются две «модели» (№ 1 и № 2), при этом каждая из имеющихся «моделей» используется в связке с определенным формовочным комплектом. Непористый сердечник, устанавливаемый в форму при сборке формовочного комплекта перед заливкой шликера, напрямую формирует геометрию внутренней поверхности керамических заготовок. Таким образом, геометрия заготовок определяется геометрией и взаимным расположением формообразующих поверхностей «модели» и сердечника. Соответственно, допустимые отклонения в геометрических размерах и взаимном расположении формообразующих поверхностей в собранном формовочном комплекте отражаются на измененных или асимметричных значениях припусков для механической обработки заготовок, в неоднородности свойств керамики и повышении выхода брака, в том числе по трещинам и сколам, на всем производственном цикле их изготовления. Отклонения в геометрии гипсовых форм могут, кроме того, изменяться из-за зачистки их поверхностей после каждого цикла формования. Регулярный контроль состояния и периодическая проверка результатов использования гипсовых форм позволяют выбраковывать гипсовые формы прежде, чем изменение их сорбционной емкости, дефектности и геометрии начинает критично влиять на выход брака формируемых заготовок. Несмотря на существующий на производстве контроль гипсовых форм, более детальный анализ влияния геометрии формообразующих полостей

и взаимного расположения формообразующих деталей оснастки на выход брака по трещинам и сколам керамики, исключая влияние параметров гипсовых форм, до начала данной работы не проводился. Цель данной работы состояла в сравнении формовочных комплектов с точки зрения выхода брака по трещинам и сколам керамических изделий и в выявлении геометрических параметров формообразующих полостей, ответственных за влияние на выход брака по трещинам и сколам.

Материалы и методы исследования

В данной работе проведено сравнение восьми формовочных комплектов из тех, что используются для изготовления керамических заготовок, путем анализа выхода брака по трещинам и сколам керамики на всем производственном цикле изготовления заготовок за многолетний период. Для интерпретации результатов сравнения формовочных комплектов проведен анализ геометрических параметров формообразующих полостей, влияющих на разнотолщинность заготовок, и выявлены устойчивые параметры, ответственные за различие формовочных комплектов в выходе брака по трещинам и сколам.

Фактическая геометрия формообразующих полостей в формовочных комплектах была воспроизведена в оцифрованном виде путем совмещения 3D-отображений сердечников и соответствующих «моделей». 3D-отображения формообразующих деталей, в свою очередь, были получены с помощью лазерного трекера, работающего по принципу слежения за отражателем с помощью лазерного луча. Совмещение 3D-отображений сердечников и соответствующих «моделей» проводилось по фланцам у оснований формообразующих поверхностей этих деталей и включало в себя совмещение отверстий во фланцах. Такой метод совмещения соответствует требованиям к соединению «модели» и каркаса формы на этапе изготовления гипсовых форм, а также требованиям к сборке деталей формовочных комплектов перед заливкой шликера.

В работе предположено, что геометрические особенности формообразующих полостей могут влиять на результаты формования и обжига заготовок, в частности на выход брака по трещинам и сколам керамики. Неравномерность толщины сырых заготовок, к примеру, может повышать вероятность возникновения механических повреждений и формирования трещин и сколов заготовок при выемке сердечника и извлечении заготовок из форм из-за недостаточно равномерного распределения ме-

ханических напряжений. Кроме того, неравномерность толщины заготовок может приводить к дополнительным термомеханическим напряжениям при их обжиге и, соответственно, к увеличению выхода брака по трещинам заготовок. Для анализа обнаруженной разнотолщинности формообразующих полостей в данной работе использована классификация видов разнотолщинности, приведенная на рис. 2.

Для получения статистических данных по геометрии формообразующих полостей был проведен сбор данных по толщине поперечных сечений оцифрованных полостей на разных расстояниях от фланца сердечника (от основания) с одинаковым шагом равномерно по 32 точкам на каждой окружности сечения. Далее данные по толщине поперечных сечений были переведены в значения толщины формообразующих полостей с использованием значений тангенсов углов наклона наружной поверхности к оси вращения полости согласно чертежам формообразующих деталей.

В качестве показателя, характеризующего общую разнотолщинность формообразующих полостей, был выбран относительный статистический параметр — коэффициент вариации значений толщины формообразующих полостей. Коэффициент вариации — это отношение среднего квадратического отклонения к среднему арифметическому значению, выраженное в процентах. Применительно к решаемой задаче в этом параметре были выделены две компоненты: коэффициент, связанный с равномерным (линейным) изменением значений толщины полости от основания к вершине (п. 1 в табл. 1) и коэффициент,

связанный с другими видами разнотолщинности. Второй компонент разделен на вклад, связанный с неравномерным изменением толщины полости («волнистостью») вдоль образующих (п. 2 в табл. 1), и вклад, связанный с разнотолщинностью полости по окружностям поперечных сечений полости, включающий в себя несоосность и некруглость (п. 3 в табл. 1). Для дальнейшего анализа несоосности полостей были определены абсолютные значения несоосности полости на разных расстояниях от ее основания. При этом несоосность основания и несоосность вершины определены как независимые параметры.

Результаты исследования и их обсуждение

Диаграмма с результатами анализа влияния выбора формовочного комплекта на выход брака по трещинам и сколам керамики, построенная по производственным данным для рассматриваемых заготовок за трехлетний период, приведена на рис. 3. Два левых и два правых крайних столбика диаграммы соответствуют формовочным комплектам № 2, 4, 6, 8, для которых выход брака по трещинам и сколам керамики больше или меньше значений для соответствующих им выборок сравнения с достоверностью более 90% согласно статистическому критерию хи-квадрат. При этом в качестве выборок сравнения для сопоставления с каждым анализируемым формовочным комплектом выбирались данные для тех из заготовок, которые были отформованы с использованием других формовочных комплектов в дни, ближайшие к дням использования анализируемого формовочного комплекта.

Таблица 1

Методика расчета статистических параметров, характеризующих различные виды разнотолщинности формообразующих полостей

Параметр	Способ расчета
Общая разнотолщинность (%)	Коэффициент вариации для выборки известных значений толщины формообразующей полости
1. Равномерная разнотолщинность (%)	Разность между «общей разнотолщинностью» и «другими видами разнотолщинности»
Другие виды разнотолщинности (%):	Коэффициент вариации для выборки отклонений значений толщины формообразующей полости от значений линейной зависимости толщины от расстояния до основания полости
2. «Волнистость» вдоль образующих (%)	Разность между «другими видами разнотолщинности» и значением параметра «несоосность и некруглость»
3. Несоосность и некруглость (%)	Коэффициент вариации для выборки отклонений значений толщины формообразующей полости от средних значений толщины полости на выбранном расстоянии до основания полости
Несоосность основания (мм)	Отклонение положения оси вращения сердечника относительно оси вращения модели на условном расстоянии 0 мм от до основания полости, определяемое исходя из геометрических данных

В течение трехлетнего периода формовочные комплекты претерпевали многократные замены гипсовых форм, поэтому выявленные различия в выходе брака по трещинам и сколам керамики при использовании разных формовочных комплектов можно связывать с параметрами самой оснастки, а именно с геометрическими параметрами формообразующих полостей. Для выяснения, какие именно геометрические параметры формообразующих полостей ответственны за обнаруженные различия в выходе брака по трещинам и сколам керамики при использовании разных формовочных комплектов (ФК), были рассмотрены ФК № 6 и 8. Эти формовочные комплекты интересны тем, что в течение проанализированного периода времени гипсовые формы для ФК № 6 изготавливались только с использованием «модели» № 1, а гипсовые формы для ФК № 8 – только «модели» № 2. Важным результатом данной работы стал ответ на вопрос, может ли замена «модели» № 2 на «модель» № 1 при изготовлении гипсовых форм в ФК № 8 снизить выход брака по трещинам и сколам керамики. Положительный ответ на этот вопрос возможен в том случае, если «модели» № 1 и № 2 существенно отличаются друг от друга геометрическими параметрами, влияющими на параметры формообразующих полостей. Для ответа на поставленный вопрос потребовалось сравнить геометрию формообразующих полостей, составленных тремя сочетаниями формообразующих деталей:

1. Сердечник № 6 и «модель» № 1.
2. Сердечник № 8 и «модель» № 2.
3. Сердечник № 8 и «модель» № 1.

Предварительная оценка геометрии рассмотренных формообразующих полостей программными средствами лазерного трекера выявила в них наличие разнотолщинности. На рис. 4 показаны демонстрирующие это наблюдение цветные диаграммы отклонений толщины ана-

лизируемых формообразующих полостей, в которых вершина полости находится в центре цветного круга – тела полости. На этих диаграммах показано изменение толщины от меньших значений, расцветоченных «теплыми» желто-оранжево-красными цветами, к большим значениям, которым соответствуют «холодные» цвета. Само по себе обнаружение разнотолщинности формообразующих полостей не дало новой информации, поскольку наличие разнотолщинности заложено в конструкторской документации на формообразующие детали формовочного комплекта. Тем не менее особое внимание обратило на себя изменение толщины полостей по окружностям в плоскостях поперечных сечений и немонотонное изменение толщины полостей от основания к вершине полостей в плоскостях продольных сечений – вдоль образующих.

В табл. 2 приведены результаты расчета коэффициентов вариации толщины формообразующих полостей, отдельных вкладов в этот параметр и абсолютных значений несоосности взаимного расположения сердечника и модели согласно методике, описанной в табл. 1.

Значения коэффициентов вариации, связанные с равномерным изменением толщины полостей, рассчитанные для разных сочетаний сердечников и «моделей», не сравнивались друг с другом, поскольку при монотонном, в том числе линейном, изменении толщины формообразующих полостей от основания к вершине механическое напряжение на керамическую заготовку при разборке формовочного комплекта должно распределяться более равномерно и, следовательно, меньше повреждать заготовку. Поэтому наибольший интерес с точки зрения потенциального влияния на выход брака по трещинам и сколам керамики представляет анализ таких видов разнотолщинности формообразующих полостей, как несоосность, «волнистость» вдоль образующих и некруглость.

Таблица 2

Коэффициенты вариации значений толщины полостей в формовочных комплектах для трех сочетаний сердечников и моделей

Параметр	Сердечник № 6 с моделью № 1	Сердечник № 8 с моделью № 2	Сердечник № 8 с моделью № 1
Кол-во точек измерения толщины:	383 шт.	381 шт.	379 шт.
Общая разнотолщинность	4,04%	3,33%	3,58%
1. Равномерная разнотолщинность	1,95%	1,42%	1,65%
2. «Волнистость» вдоль образующих	0,88%	0,86%	0,91%
3. Несоосность и некруглость	1,22%	1,06%	1,02%

Сравнение рассмотренных сочетаний сердечников и моделей показывает, что разные формообразующие полости в большей степени различаются значениями вклада «несоосность и некруглость», разница между минимальным и максимальным значениями которого составляет 20% (табл. 2). В то же время максимальная разница между значениями вклада «волнистости» вдоль образующих составляет 3% (табл. 2). Тем не менее приведенные наблюдения не объясняют, почему ФК № 8 в сочетании с моделью № 2 дает повышенный выход брака по трещинам и сколам керамики, а ФК № 6 в сочетании с моделью № 1 – пониженный. Поэтому для дальнейшего сравнения геометрии анализируемых формообразующих полостей были рассчитаны и проанализированы абсолютные значения несоосности их внутренних и наружных поверхностей.

С использованием данных по толщине формообразующих полостей в двух взаимно перпендикулярных плоскостях были определены значения несоосности на разных расстояниях от основания. Из геометрических соображений следует, что абсолютная несоосность формообразующей полости может быть полностью описана двумя значениями: несоосностью основания и несоосностью вершины.

Несоосность основания формообразующей полости связана преимущественно с геометрией и особенностями соединения формообразующих деталей, а несоосность вершины — с качеством ручной центровки вершины при сборке формовочных комплектов. Несоосность вершины, таким образом, в большей степени зависит от человеческого фактора и поэтому варьируется от заготовки к заготовке. Из такого предварительного анализа причин несоосности основания и вершины полости

следует, что при сравнении несоосности 3D-отображений разных формообразующих полостей необходимо рассматривать значения наиболее стабильного параметра – несоосности основания, а значения несоосности вершины не принимать во внимание. В табл. 3 приведены значения несоосности основания для трех анализируемых сочетаний сердечников и моделей. Видно, что несоосность основания для ФК № 6 (0,14 мм) в три раза ниже, чем для сочетания сердечника № 8 и модели № 2 (0,46 мм).

На диаграмме, приведенной на рис. 3, видно, что выход брака по трещинам и сколам в случае с ФК № 6 (в анализируемый период использовался только с моделью № 1) примерно в полтора раза ниже, чем в случае с ФК № 8 (в анализируемый период использовался только с моделью № 2). Таким образом, большая несоосность основания формообразующей полости соотносится с высоким выходом брака по трещинам и сколам соответствующих заготовок (табл. 4).

Поскольку формообразующая полость в ФК № 8 в сочетании с моделью № 1 характеризуется меньшей несоосностью основания, нежели в сочетании с моделью № 2, в последующем для изготовления гипсовых форм в ФК № 8 было принято решение использовать исключительно модель № 1. На рис. 5 приведена диаграмма со значениями выхода брака по трещинам и сколам керамики заготовок при использовании ФК № 8 в сравнении с остальными формовочными комплектами после принятия данного решения. Видно, что после замены «модели» № 2 на № 1 ФК № 8 перестал демонстрировать худшие результаты, как в предыдущие периоды (рис. 3), и выход брака по трещинам и сколам заготовок при использовании этого формовочного комплекта снизился до среднестатистического значения.

Таблица 3

Абсолютные значения несоосности основания формообразующих полостей

Формообразующая полость	Сердечник № 6 с моделью № 1	Сердечник № 8 с моделью № 2	Сердечник № 8 с моделью № 1
Несоосность основания	0,14 мм	0,46 мм	0,15 мм

Таблица 4

Сопоставление выхода брака по трещинам и сколам керамики, отформованных в ФК № 6 и 8, и абсолютных значений несоосности оснований соответствующих формообразующих полостей

Формообразующая полость	Выход брака по трещинам и сколам, %	↑ или ↓ брака относительно фона, ±%	Несоосность основания полости, мм
Сердечник № 6 с моделью № 1	17,3	-25	0,14
Сердечник № 8 с моделью № 2	25,6	+21	0,46

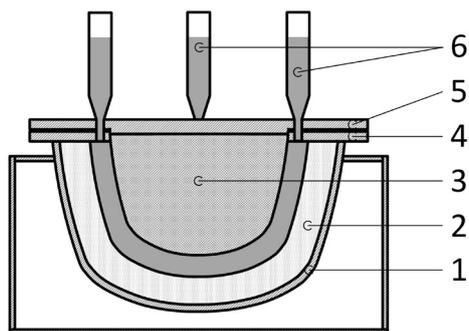


Рис. 1. Детали одной из возможных конфигураций формовочного комплекта для литья керамических заготовок из водных шликеров: перфорированный металлический каркас (1), влагопоглощающая форма (2), непористый сердечник (3), опорный металлический фланец каркаса (4), металлический фланец сердечника (5), подпиточные емкости для шликера (6)



Рис. 2. Принятая в работе классификация видов разнотолщинности формообразующих полостей



Рис. 3. Диаграмма оценки влияния выбора формовочного комплекта на выход брака по трещинам и сколам керамики по данным сплошной выборки заготовок, изготовленных в течение трехлетнего периода (номера формовочных комплектов указаны под столбиками диаграммы)

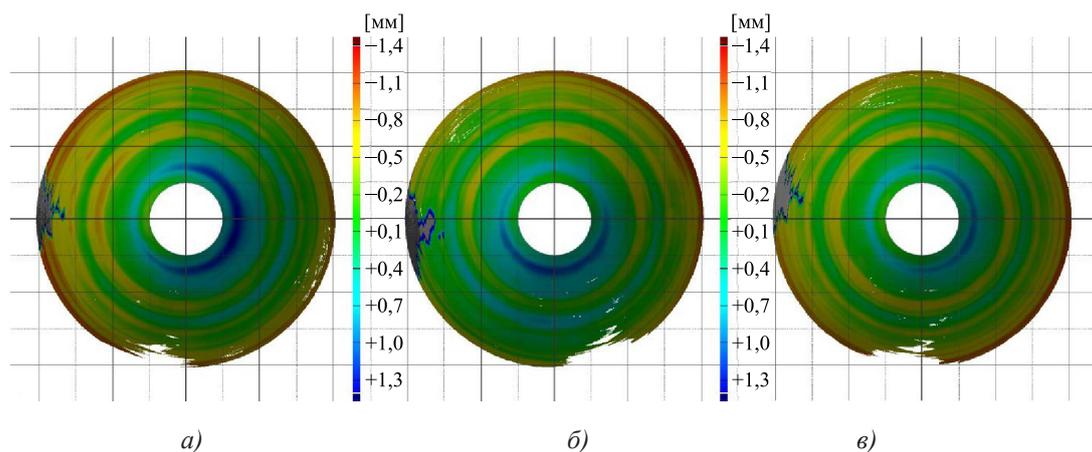


Рис. 4. Цветовые диаграммы отклонений по толщине формообразующих полостей в ФК № 6 в сочетании с моделью № 1 (а), в ФК № 8 с моделью № 2 (б) и в ФК № 8 с моделью № 1 (в), полученные с использованием программного обеспечения лазерного трекера



Рис. 5. Выход брака по трещинам и сколам керамики заготовок, отформованных с использованием ФК № 8 после перехода на использование модели № 1 при изготовлении гипсовых форм, в сравнении с результатами для других ФК в выборке 372 заготовок

Заключение

Таким образом, в работе проведен сравнительный анализ восьми формовочных комплектов по результатам их использования для изготовления сплошной выборки керамических заготовок в течение трехлетнего периода. При этом для каждого формовочного комплекта определялись статистические параметры, связанные с выходом брака по трещинам и сколам керамики на всем производственном цикле изготовления заготовок за многолетний период: среднестатистический выход брака по трещинам и сколам керамики, фоновый выход брака, доверительная вероятность отличий от фоновой выборки сравнения. По результатам сравнительного анализа были выяв-

лены два формовочных комплекта, которые показали достоверное снижение выхода брака по трещинам и сколам керамики, еще два – напротив, повышение. Для интерпретации результатов такого сравнения в работе рассмотрена геометрия двух вариантов формовочной оснастки, использовавшихся в производстве, и один вариант, который являлся потенциальной заменой для варианта, характеризующегося повышенным выходом брака по трещинам и сколам керамики. С помощью лазерного трекера были получены 3D-отображения соответствующих деталей оснастки и составлены три оцифрованные формообразующие полости. Анализ трех вкладов в коэффициент вариации значений толщины полостей на разных расстояниях от основания показал, что помимо

равномерного изменения значений толщины от основания к вершине для рассмотренных формообразующих полостей характерно неравномерное изменение толщины полости («волнистость») вдоль образующих и разнотолщинность по окружностям поперечных сечений полости, включающая в себя несоосность и некруглость. Результаты расчетов показали, что относительные параметры, характеризующие «волнистость» вдоль образующих, незначительно различаются для трех полостей, в то время как абсолютное значение несоосности основания для одной из формообразующих полостей в три раза превышает значение для других полостей. По результатам анализа производственных данных за трехлетний период формовочный комплект, соответствующий именно этой формообразующей полости, с доверительной вероятностью 94% продемонстрировал превышение выхода брака по трещинам и сколам керамики относительно фонового уровня на 25%. Для проверки существования связи между двумя характеристиками – повышенным выходом брака по трещинам и сколам керамики и высоким значением несоосности основания формообразующей полости – было принято решение в связке с проблемным формовочным комплектом использовать другую де-

таль («модель») для изготовления гипсовых форм. Принятое решение обеспечило снижение несоосности основания формообразующей полости в три раза, при этом брак по трещинам и сколам керамики заготовок снизился до фонового уровня. Результаты работы показали, что при формовании заготовок с использованием водных шликеров уменьшение разнотолщинности и, в частности, несоосности формообразующей полости может способствовать снижению выхода брака по трещинам и сколам керамики.

Список литературы

1. Добровольский А.Г. Шликерное литье. 2-е изд. М.: Металлургия, 1977, 240 с.
2. Харитонов Д.В., Русин М.Ю., Анашкина А.А., Нефедов М.Н. Формовой комплект для формования сложнопрофильных керамических заготовок // Патент РФ № 2635151. Патентообладатель АО «ОНИИП «Технология» им. А.Г. Ромашина». 2017. Бюл. № 31.
3. Клишин А.Н., Толстых А.В., Плахотниченко А.А., Дрейер П.А. Способ изготовления оболочки антенного обтекателя из кварцевой керамики и установка для его осуществления // Патент РФ № 2714162. Патентообладатель ООО «Пром композит». 2020. Бюл. № 5.
4. Красный Б.Л., Маринина Т.С., Галганова А.Л. Некоторые особенности формования пористой проницаемой керамики методом шликерного литья // Новые огнеупоры. 2015 № 6. С. 43–46.
5. Амелина Д.В., Федорова В.В., Сычева Л.И. Влияние фазового состава на свойства гипсовых вяжущих // Успехи в химии и химической технологии. 2014. № 8. С. 8–10.

УДК 62-799

РОЛЬ ПЕРВИЧНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Редников С.Н.

*ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет)», Челябинск, e-mail: srednikov@mail.ru*

В статье представлен анализ подходов к диагностике металлургического оборудования. Выявлены достоинства и недостатки существующего подхода к оценке состояния оборудования. Оценены зоны применимости методики комбинированной первичной диагностики металлургического оборудования. Подробно рассмотрены вопросы оценки остаточного ресурса новой техники при отсутствии данных по функциональным отказам на основе анализа изменения параметров состояния, выявляемых в рамках комплексного подхода, с построением регрессионных зависимостей, прогнозирующих изменения контролируемых параметров. Приведён алгоритм первичного метода оценки состояния оборудования с учётом минимизации стоимости и временных затрат на основе оценки реакции системы на воздействие и анализа термограмм изменения состояния объекта. Приводятся основы нахождения объёмного распределения температур путём математического моделирования, с использованием в качестве граничных условий снимаемых термограмм поверхности. Приведены результаты обследования, выявившего особенности отказов металлургических систем при использовании методик диагностирования с использованием комбинированного подхода к анализу состояния агрегатов различного назначения и принципа действия. Рассмотрены результаты использования методов предварительной диагностики. Дана сравнительная оценка эффективности процесса диагностирования оборудования с учётом комбинированного подхода к анализу состояния оборудования. Даны рекомендации по организации первичного диагностирования агрегатов персоналом на уровне участка – цех.

Ключевые слова: диагностика, виброакустика, тепловизионный метод

THE ROLE OF PRIMARY DIAGNOSTICS OF METALLURGICAL UNITS IN ENSURING EFFICIENT OPERATION IN PRODUCTION

Rednikov S.N.

South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: srednikov@mail.ru

The article presents an analysis of approaches to the diagnosis of metallurgical equipment. The advantages and disadvantages of the existing approach to assessing the condition of the equipment are revealed. The zones of applicability of the method of combined primary diagnostics of metallurgical equipment are evaluated. The issues of estimating the residual resource of new equipment in the absence of data on functional failures are considered in detail based on the analysis of changes in the state parameters detected within the framework of an integrated approach with the construction of regression dependencies predicting changes in controlled parameters. The algorithm of the primary method of assessing the condition of the equipment is given, taking into account the minimization of cost and time costs based on the assessment of the system's response to the impact and the analysis of thermograms of changes in the state of the object. The basics of finding the volumetric temperature distribution by mathematical modeling, using the surface thermograms taken as boundary conditions, are given. The results of the survey that revealed the features of failures of metallurgical systems when using diagnostic techniques using a combined approach to the analysis of the state of aggregates for various purposes and the principle of operation are presented. The results of using the methods of preliminary diagnostics are considered. A comparative assessment of the effectiveness of the equipment diagnostics process is given, taking into account the combined approach to the analysis of the equipment condition. Recommendations are given on the organization of primary diagnostics of aggregates by personnel at the site workshop level.

Keywords: vibrio diagnostic, thermal equipment, diagnostic measures

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что внедрение средств диагностирования, позволяющих выбирать приёмы и методы обслуживания исходя из реального состояния агрегатов, является одним из важнейших факторов повышения экономической эффективности использования оборудования в промышленности. Назначение диагностики – выявление и предупреждение отказов и неисправностей, поддержание эксплуатационных показателей в установленных пределах, прогнозирование состояния в целях полного исполь-

зования до ремонтного и межремонтного ресурса.

Важность контроля состояния оборудования методами неразрушающего контроля и диагностики давно признана на подавляющем большинстве металлургических предприятий. Но сложившееся традиционное разделение сфер ответственности между различными службами предприятия, осуществляющими ремонт и техническое обслуживание того или иного технологического оборудования или элементов этого оборудования, часто усложняет процесс

оценки реального состояния объекта в целом. Как правило, на большинстве крупных предприятий сформированы собственные службы диагностики и оценки вероятности отказов. На ряде предприятий такие службы оснащены дорогостоящим комплексом оборудования, позволяющим осуществлять оценку состояния как механического, так и электрического, так и теплоэнергетического оборудования и другого оборудования заводов. Заводское оборудование разделено на категории. Ключевое оборудование контролируется централизованной службой, неключевое диагностируется по заявкам цехов или не диагностируется вовсе, работая на отказ. Диагностирование неключевого оборудования возлагается на цеховые службы, имеющие оснащённость диагностическим оборудованием на уровне 30-х гг. или работающих только органолептическими методами. В то же время диагностирование на уровне «участок, цех» при грамотном подходе способно выявлять и предотвращать значительную долю отказов. Не всегда целесообразно оснащать каждую такую службу собственным диагностическим набором дорогостоящего оборудования. Одним из способов повышения эффективности технического обслуживания оборудования в этих условиях является оснащение структурных подразделений в рамках крупных предприятий недорогим оборудованием, доверив им анализ качества работы оборудования, решение диагностических задач и выявление причин потери ресурса оборудования путем комплексной диагностики с первоначальным акцентом на упреждающее техническое обслуживание.

Не менее важной задачей является оптимизация поставок запасных частей на уровне «цех, участок». Традиционный подход с анализом статистики уже произошедших функциональных отказов неэффективен на новом, впервые применяемом оборудовании при отсутствии отказов. Метод экспертных оценок при наличии принципиально нового оборудования, впервые используемого в производстве, также не информативен. Одним из наиболее эффективных методов в этом отношении является метод оценки остаточного ресурса путем отслеживания диагностируемых параметров системы. Упреждающее техническое обслуживание оборудования с оценкой остаточного ресурса на основе анализа изменений функциональных параметров, позволяет выполнять только необходимых ремонтных действий, направленных на снижение темпов развития или устранение неисправностей, которые выявляются на основе ин-

формации о фактическом техническом состоянии оборудования.

Совершенствование металлургического оборудования требует снижения затрат на эксплуатацию и ремонт комплексов. Эта задача может быть достигнута при наличии информации о текущем состоянии оборудования и достоверном определении остаточного ресурса. Важно проводить диагностические мероприятия без остановки оборудования и перевода его в тестовый режим. Достигаемые цели: оптимизация затрат на техническое обслуживание и ремонт основного технологического оборудования; увеличение срока службы основного технологического оборудования; снижение вероятности сбоев; выполнение только необходимых ремонтных работ; сокращение общего объема необходимых технических услуг; энергосбережение.

Подход к решению

На большинстве предприятий металлургической отрасли организовали собственные службы диагностики или пользуются услугами сторонних организаций [1–3]. Как правило, диагносты специализируются на определенных методах оценки состояния оборудования или на диагностике определенных видов оборудования.

Наиболее часто применяются: вибродиагностика (VD); ультразвуковой неразрушающий контроль; визуальный контроль измерений (VIC); капиллярный метод неразрушающего контроля; магнитно-порошковый метод; рентгеновский контроль; контроль термограмм поверхности оборудования (ТС); контроль пульсаций давления (в случае гидравлического оборудования); мониторинг состояния рабочих жидкостей и смазочных материалов [4–6].

Эти методы зарекомендовали себя как надежные источники информации о текущем техническом состоянии оборудования, агрегатов, зданий и сооружений. Каждый из методов рекомендуется для использования на определенных типах оборудования. Но комбинированные методы контроля оборудования и методы оценки остаточного ресурса на основе результатов комплексной диагностики недостаточно развиты, и создание как оборудования для комбинированной диагностики, так и методов оценки ресурса элементов металлургического комплекса очень важно.

Комбинированный комплекс диагностики, как правило, включает в себя оборудование, позволяющее контролировать (путем взятия проб или мониторинга) состояние рабочей жидкости, ее расход, системы контроля давления и вибрации, системы опре-

деления толщины и состояния оболочек конструкций, системы контроля температурного режима, токовой нагрузки [7–9].

Опыт использования средств технической диагностики на металлургических предприятиях Российской Федерации показал высокую экономическую эффективность от их использования. Однако вопросы оптимизации организации и структурирования диагностической службы остаются весьма актуальными. На уровне «цех, участок» наиболее эффективным представляется комбинированный метод анализа состояния оборудования путём автоматизированного отслеживания времени задержки реакции систем на контрольное управляющее воздействие и периодического контроля всего технологического оборудования методами тепловизионной диагностики без разделения зон ответственности цеховых служб. При выявлении аномалий, проведение дополнительной диагностической процедуры с использованием токовой, вибрационной диагностики и методик не разрушающего контроля. Алгоритм предлагаемых процедур представлен на рис. 1. При необходимости углублённой диагностики предлагается применить упрощённые методики математического моделирования распределения температур оцениваемого объекта с использованием термограмм в качестве граничных условий.

$$\begin{cases} (1-s)\rho_k c_k \frac{\partial t_k}{\partial \tau} = \alpha(T-t) + \lambda_s \left(\frac{\partial^2 t}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial t}{\partial R} \right), \\ (-s)uc_s \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha_v(T-t) \end{cases},$$

где R – текущая координата; R_n – координата границы; H – высота; ρ_k – плотность; c_k – теплоемкость; α_v – приведенный коэффициент теплоотдачи; s – параметр направления теплового потока; λ_s – теплопроводность; τ – время; c_s – теплоемкость газа на границе; k – коэффициент теплоотдачи; t – температура; u – скорость газа; t_s – температура среды; T – температура; T_s – граничная температура.

Поскольку интегрированный в систему управления алгоритм оценки изменения функциональных параметров позволяет оценивать состояние объекта практически непрерывно с анализом величины остаточного ресурса, контролируемого с учётом результатов диагностических мероприятий с использованием регрессионных зависимостей вида $x(t) = vt^\alpha + \Delta x_{ст} + \Delta x_n$, где x – диагностируемый параметр; v , α – расчётные коэффициенты; t – время; $\Delta x_{ст}$ – допустимая ошибка диагностируемого параметра;

Δx_n – начальное значение диагностируемого параметра. Такой подход позволяет с достаточной эффективностью выявлять до 70% функциональных отказов на этапе первичной диагностики. Проверка эффективности подхода потребовала проведения статистического исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

При проведении исследования анализировались следующие факторы, влияющие на интенсивность отказов оборудования: режимы функционирования, частота обслуживания, виды оборудования, квалификация эксплуатирующего и ремонтного персонала, доля выявляемых при первичной диагностике дефектов и их подтверждение при контрольном осмотре оборудования. Полученные данные статистически обрабатывались для выявления корреляций.

Распределение отказов по категориям оборудования представлено на рис. 2. Доля отказов гидравлических систем составляла 20–60% от общего числа отказов агрегатов. Значительный разбег объясняется различными поколениями обследованной техники. Значительная доля отказов гидравлического оборудования объясняется как увеличением доли гидрофицированного оборудования отрасли, так и массовым внедрением пропорциональной быстродействующей аппаратуры, требующей более требовательного обслуживания. Более чем в половине случаев отказов ресурс агрегатов не был выработан. Было зафиксировано значительное число отказов 18–35%, вызванное перегрузкой оборудования вследствие низкой квалификации персонала, а также невысоким качеством выполняемых ремонтов. Необходимо отметить, что на большинстве предприятий вводится входной контроль качества расходных материалов и запасных частей, что приводит к некоторому снижению количества внезапных отказов механического и теплотехнического оборудования после проведения ремонтов. На ряде предприятий от 20 до 30% от общих затрат приходилось на расходы, связанные с износом и отказами техники. Ежегодные затраты на запасные части составляют до 18% от стоимости основного оборудования и имеют тенденцию к возрастанию. По отдельным видам техники результаты в целом коррелировали с данными ряда исследований [10, 11].

Крайне значительна доля отказов именно приводной техники, что, безусловно, требует совершенствования методик первичной диагностики и улучшения уровня подготовки обслуживающего персонала, прежде всего ремонтников-универсалов.



Рис. 1. Предлагаемый алгоритм первичной оценки состояния оборудования

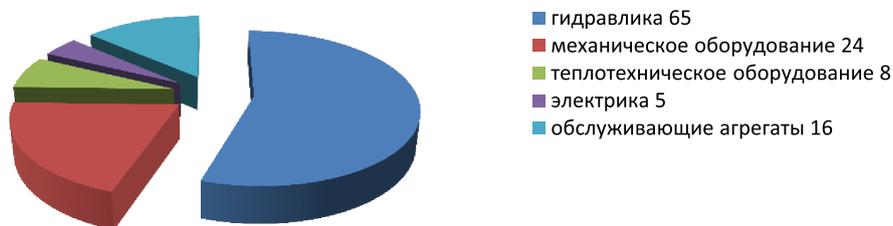


Рис. 2. Распределение отказов основного оборудования предприятий

В ходе статистических исследований проводилась сравнительная оценка различных подходов к инструментальной оценке состояния оборудования. Оценка коэффициента эффективности производилась с учётом стоимости проведения диагностических мероприятий. Объем оцениваемых работ, выполняемых в ходе диагностирования, включал анализ документации, визуально-измерительный контроль состояния агрегатов, непосредственное проведение мероприятий по оценке состояния оборудования, анализ результатов диагностирования и оценка остаточного ресурса объекта статистическими методами, подготовку тех-

нического отчёта. Анализ результатов сравнения методик диагностирования показывает двукратное сокращение необходимых временных затрат на диагностику с использованием тепловых полей по сравнению с другими видами диагностических мероприятий при более низкой стоимости диагностических мероприятий. Полученный коэффициент эффективности сравнивается с наиболее эффективным из сертифицированных методов – методом вибродиагностики (значение коэффициента эффективности 1). Результаты расчета коэффициента эффективности диагностических мероприятий показаны на рис. 3.

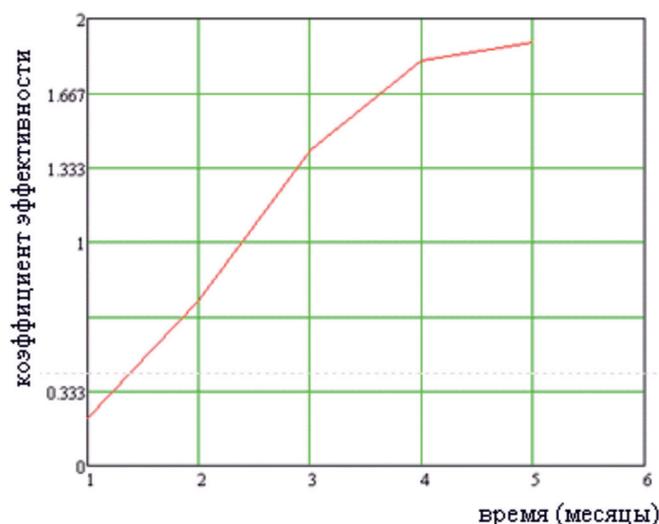


Рис. 3. Результаты расчета коэффициента эффективности диагностических мероприятий путем анализа внешних тепловых полей

Заключение

Имея специалистов, прошедших универсальную подготовку, и комплект диагностического оборудования, позволяющего производить комплексную оценку состояния с учётом внешних тепловых полей, вибрации, токовой нагрузки, можно за короткий промежуток времени выполнить очень широкий спектр диагностических работ. В нынешней экономической ситуации предприятиям выгодно использовать этот подход, при котором одна группа людей проводит комплексное исследование тепловых и энергетических систем, что позволяет определить текущее состояние оборудования и оценить остаточный ресурс при минимальных финансовых затратах.

Список литературы

1. Редников С.Н. Использование комбинированных методов диагностики гидравлических систем металлургических агрегатов // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2017. № 4. С. 94–98.
2. Rednikov S.N. Viscosity characteristics of hydrocarbons at high pressures Procedia Engineering. 2015. Т. 129. P. 839–844.
3. Rednikov S.N. Akhmedyanova E.N., Zakirov D.M. Comprehensive Diagnostics of the State of Metallurgical Equipment. Lecture Notes in Mechanical Engineering this link is disabled. 2021. P. 1205–1211.
4. Нахапетян Е.Г. Диагностирование машин. М.: «Машиностроение», 1983. 55 с.
5. Макаров Р.А. Средства технической диагностики машин. М.: «Машиностроение», 1981. 223 с.
6. Алексеева Т.В., Бабанская В.Д., Башта Т.М. Техническая диагностика гидравлических приводов. М.: «Машиностроение», 1989. 264 с.
7. Гилёв А.В., Шигин А.О., Чесноков В.Т., Белозеров И.Р. Повышение эффективности эксплуатации буровой техники на горных предприятиях: монография. Красноярск: Изд-во Сиб. федер. ун-та, 2013. 372 с.
8. Michael M. Khonsari, Mehdi Amiri «Introduction to Thermodynamics of Mechanical Fatigue» M. Michael CRC Press, 2012. P. 166.
9. Akhmedyanova E.N. Ptashkina-Girina O.S. Unsteady modes of moisture removal The Authors. Published by Elsevier Ltd-2015. P. 712.
10. Гольдюшов А.И., Яблоков А.Е. Анализ эффективности интеллектуальной системы диагностики СТМ-12Т // Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 5–1 (61). С. 82–88.
11. Сорокин В.А., Вершинин О.Ю. Диагностика металлоконструкций технических устройств с применением неразрушающего контроля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 6 (19). С. 128–131.

УДК 519.237.5

ДИНАМИЧЕСКОЕ РЕГРЕССИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА ПО УЗЛОВЫМ ПРЯМЫМ

^{1,2}Тырсин А.Н., ¹Голованов О.А.

¹ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: at2001@yandex.ru;

²ФГБУН Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, Екатеринбург, e-mail: at2001@yandex.ru

Использование регрессионного анализа в задачах непрерывного мониторинга состояния систем требует высокого быстродействия алгоритма оценивания параметров модели. При этом метод оценивания должен обладать устойчивостью к стохастической неоднородности данных. Такому условию соответствует метод наименьших модулей. В работе рассмотрен один из наиболее быстрых вариантов его реализации, основанный на спуске по узловым прямым. Целью статьи является повышение вычислительной эффективности известного метода на основе спуска по узловым прямым. В статье описан алгоритм линейного регрессионного моделирования многомерных динамических процессов на основе метода наименьших модулей. Алгоритм реализует градиентный спуск по узловым прямым. Вычислительная сложность оценивания коэффициентов регрессии в динамике снижена за счет использования в качестве начальной точки решения задачи на предыдущем шаге. Выигрыш достигается за счет снижения количества переходов с одной узловой прямой на другую. Это количество не зависит от объема выборки. Выполнена оценка вычислительной сложности разработанного алгоритма. Проведен сравнительный анализ вычислительной эффективности предложенного и известного алгоритмов. Также показано, что наилучшей стратегией спуска из узловой точки является рассмотрение всех узловых прямых, проходящих через эту точку. Разработанный алгоритм также позволит повысить быстродействие реализации обобщенного метода наименьших модулей.

Ключевые слова: метод наименьших модулей, линейная регрессия, динамика, алгоритм, вычислительная эффективность, узловая прямая

DYNAMIC REGRESSION MODELING BASED ON GRADIENT DESCENT ALONG NODAL STRAIGHT LINES

^{1,2}Tyrsin A.N., ¹Golovanov O.A.

¹Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: at2001@yandex.ru;

²Federal State Budgetary Institution of Science Scientific-Engineering Center Reliability and Life of Large Systems and Machines, Ural Branch, Russian Academy of Science, Yekaterinburg, e-mail: at2001@yandex.ru

The use of regression analysis in the tasks of continuous monitoring of the state of systems requires a high speed of the algorithm for estimating the parameters of the model. At the same time, the estimation method must be resistant to stochastic heterogeneity of the data. This condition corresponds to the method of least modules. The paper considers one of the fastest variants of its implementation, based on the descent along the nodal straight lines. The purpose of the article is to increase the computational efficiency of the known method based on descent along nodal straight lines. The article describes an algorithm for linear regression modeling of multidimensional dynamic processes based on the least absolute deviations method. The algorithm implements gradient descent along nodal straight lines. The computational complexity of estimating regression coefficients in dynamics is reduced by using the problem solution as the starting point at the previous step. The gain is achieved by reducing the number of transitions from one node line to another. This number does not depend on the sample size. The computational complexity of the developed algorithm is estimated. A comparative analysis of the computational efficiency of the proposed and known algorithms is carried out. It is also shown that the best strategy for descending from a nodal point is to consider all nodal lines passing through this point. The developed algorithm will also improve the performance of the implementation of the generalized least absolute deviations method.

Keywords: least absolute deviations method, linear regression, dynamics, algorithm, computational efficiency, nodal straight line

Линейная многомерная регрессия – систем [1–3]. Для ее использования по наблюдаемым данным (\mathbf{X} , \mathbf{y}) оценивают вектор \mathbf{a} коэффициентов в модели

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{a} + \boldsymbol{\varepsilon}, \quad (1)$$

где $\mathbf{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}$, $\mathbf{X} = \{x_{ij}\}_{n \times m} = \begin{pmatrix} 1 & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ 1 & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \\ \dots \\ \mathbf{x}_n \end{pmatrix}$, $\mathbf{a} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_m \end{pmatrix}$, $\boldsymbol{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}$ – вектор нена-

блюдаемых случайных погрешностей (ошибок, невязок).

Наиболее распространенным методом оценивания параметров регрессионных моделей по экспериментальным данным является метод наименьших квадратов (МНК). Однако данный метод требует выполнения ряда предпосылок, называемых условиями Гаусса – Маркова [4, 5], и при их нарушении может приводить к значительному снижению достоверности моделирования. В этой ситуации применяют устойчивые методы, в первую очередь основанные на минимизации суммы модулей (или функций от модулей) невязок. В первом случае используется метод наименьших модулей (МНМ) [6, 7]. МНМ для нахождения коэффициентов регрессии в (1) представляет собой задачу минимизации

$$Q(\mathbf{a}) = \sum_{i=1}^n |y_i - \langle \mathbf{a}, \mathbf{x}_i \rangle| \rightarrow \min_{\mathbf{a} \in \mathbf{R}^m}. \quad (2)$$

Для обеспечения большей устойчивости можно применять обобщенный метод наименьших модулей (ОМНМ) [8]. ОМНМ-оценки для (1) находят как решение задачи

$$W(\mathbf{a}) = \sum_{i=1}^n \rho_i(|y_i - \langle \mathbf{a}, \mathbf{x}_i \rangle|) \rightarrow \min_{\mathbf{a} \in \mathbf{R}^m}, \quad (3)$$

где $\rho(\cdot)$ – некоторая монотонно возрастающая, дважды непрерывно-дифференцируемая на положительной полуоси функция, причем $\rho(0) = 0$, $\forall t > 0$ $0 < \rho'(t) < \infty$, $-\infty < \rho''(t) < 0$.

МНМ и ОМНМ объединяет общее свойство – в обоих случаях решение находится в узловых точках. В [9, 10] был предложен новый подход к решению задач (2) и (3) на основе спуска по узловым прямым. Так средняя вычислительная сложность алгоритма градиентного спуска по узловым прямым для реализации МНМ составила $O(m^2 n^{1.4})$ [10], а вычислительная сложность нахождения ОМНМ-оценки – $O(m^3 n^2 \ln n + C_{\alpha, \beta}^m \cdot (mn + m^3))$, где α – доля гиперплоскостей, ближайших к текущей узловой точке, рассматриваемых на каждой итерации [9]. Несмотря на достаточно высокое быстродействие, вычислительная эффективность данных алгоритмов может оказаться недостаточной для решения задач мониторинга состояния систем, в которых

оценивание параметров модели происходит в режиме реального времени в темпе поступления новых входных данных.

Цель исследования – повышение вычислительной эффективности алгоритмов спуска по узловым прямым для решения динамических задач мониторинга состояния систем. Рассмотрим обе задачи – (2) и (3).

Материалы и методы исследования

Введем гиперплоскости $\Omega_i = \Omega(\mathbf{a}, \mathbf{x}_i, y_i)$ в виде уравнений

$$y_i - \langle \mathbf{a}, \mathbf{x}_i \rangle = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (4)$$

Зададим также узловые точки пересечения гиперплоскостей (4)

$$\mathbf{u}_{(k_1, \dots, k_m)} = \bigcap_{i=k_1}^{k_m} \Omega_i,$$

$$1 \leq k_1 < k_2 < \dots < k_m \leq n, \quad k_s \in N. \quad (5)$$

Будем называть узловой прямой, являющуюся пересечением $(m - 1)$ непараллельных гиперплоскостей Ω_i :

$$l_{(k_1, \dots, k_{m-1})} = \bigcap \Omega_i, \quad i \in \{k_1, k_2, \dots, k_{m-1}\}. \quad (6)$$

Обозначим: $\Omega = \{\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_n\}$ – множество всех гиперплоскостей, U – множество всех узловых точек (5). Минимум целевых функций $Q(\mathbf{a})$ и $W(\mathbf{a})$ всегда принадлежит множеству U .

Алгоритм решения задачи (2) основан на спуске к точному решению, двигаясь вдоль узловых прямых (6). В [9] показано, что минимум функции $Q(\mathbf{a})$ принадлежит множеству U и достигается за конечное число шагов.

За начальное приближение берем узловую точку $\mathbf{u}^{(0)} = \mathbf{u}_{(k_1, \dots, k_m)}$, являющуюся пересечением m произвольных гиперплоскостей $\Omega_{k_1}, \Omega_{k_2}, \dots, \Omega_{k_m}$, путем решения системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ): $y_i - \langle \mathbf{u}^{(0)}, \mathbf{x}_i \rangle = 0$, $i = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$. Например, можно взять $i = 1, 2, \dots, m$. Исключив одну из гиперплоскостей, например Ω_{k_m} , получим узловую прямую $l_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$. Расширенная матрица СЛАУ прямой $l_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$ имеет вид

$$\mathbf{A}_{(k_1, \dots, k_{m-1})} = \begin{pmatrix} 1 & x_{k_1,2} & x_{k_1,3} & \dots & x_{k_1,m-1} & x_{k_1,m} & y_{k_1} \\ 1 & x_{k_2,2} & x_{k_2,3} & \dots & x_{k_2,m-1} & x_{k_2,m} & y_{k_2} \\ 1 & x_{k_3,2} & x_{k_3,3} & \dots & x_{k_3,m-1} & x_{k_3,m} & y_{k_3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{k_{m-1},2} & x_{k_{m-1},3} & \dots & x_{k_{m-1},m-1} & x_{k_{m-1},m} & y_{k_{m-1}} \end{pmatrix}.$$

Применив алгоритм прямого хода метода Гаусса, преобразуем матрицу $\mathbf{A}_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$ к ступенчатому виду

$$\mathbf{A}'_{(k_1, \dots, k_{m-1})} = \begin{pmatrix} 1 & x_{k_1,2} & x_{k_1,3} & \dots & x_{k_1,m-1} & x_{k_1,m} & y_{k_1} \\ 0 & 1 & x'_{k_2,3} & \dots & x'_{k_2,m-1} & x'_{k_2,m} & y'_{k_2} \\ 0 & 0 & 1 & \dots & x'_{k_3,m-1} & x'_{k_3,m} & y'_{k_3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & x'_{k_{m-1},m} & y'_{k_{m-1}} \end{pmatrix}.$$

Используя ступенчатую матрицу $\mathbf{A}'_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$, можно значительно сократить вычислительные затраты на нахождение всех узловых точек, лежащих на прямой $l_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$. Действительно, для любой i -й узловой точки имеем расширенную матрицу

$$\mathbf{A}_{(k_1, \dots, k_{m-1}, i)} = \begin{pmatrix} 1 & x_{k_1,2} & x_{k_1,3} & \dots & x_{k_1,m-1} & x_{k_1,m} & y_{k_1} \\ 0 & 1 & x'_{k_2,3} & \dots & x'_{k_2,m-1} & x'_{k_2,m} & y'_{k_2} \\ 0 & 0 & 1 & \dots & x'_{k_3,m-1} & x'_{k_3,m} & y'_{k_3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & x'_{k_{m-1},m} & y'_{k_{m-1}} \\ 1 & x_{i,2} & x_{i,3} & \dots & x_{i,m-1} & x_{i,m} & y_i \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где $1 \leq k_1 < k_2 < \dots < k_{m-1} \leq n$, $i \in \{1, 2, \dots, n\}$, $i \notin \{k_1, k_2, \dots, k_{m-1}\}$.

Находим все узловые точки, лежащие на $l_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$. Варьируя номер i в (7), найдем все $(n - 1)$ узловых точек на прямой и упорядочиваем их по направлению этой прямой. Далее в алгоритмах спуска по узловым прямым в одной из узловых точек $\mathbf{u}_{(k_1, \dots, k_{m-1}, j)}$ с помощью направленного (градиентного) спуска минимум функции $Q(\mathbf{a})$ на прямой $l_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$.

Линейный вид выражений под знаком модуля в (2) приводит к простому виду производной функции $Q(\mathbf{a})$ по направлению узловой прямой. Покажем это.

В узловой точке $\mathbf{u}^{(0)} = \mathbf{u}_{(k_1, \dots, k_m)}$ вычисляем значение производной функции $Q(\mathbf{a})$ по направлению узловой прямой $l_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$. Двигаемся из узловой точки $\mathbf{u}^{(0)}$ по направлению убывания производной по направлению. Эта производная не существует только в узловых точках. Поэтому в очередной узловой точке $\mathbf{u}^{(1)} = (u_1^{(1)}, u_2^{(1)}, \dots, u_m^{(1)})^T$ находим производную с двух сторон. Каждая из производных равна сумме n слагаемых по числу наблюдений [10]

$$\frac{\partial Q(\mathbf{u}^{(1)})}{\partial \mathbf{l}_{(k_1, \dots, k_{m-1})}} = \sum_{i=1}^n (c_1 + x_{i2}c_2 + \dots + x_{im}c_m) \cdot \text{sign}\left(\sum_{j=1}^m u_j^{(1)} x_{ij} - y_i\right). \quad (8)$$

где $\mathbf{l}_{(k_1, \dots, k_{m-1})} = (c_1, c_2, \dots, c_m)^T$ – направляющий вектор узловой прямой $l_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$. При переходе через узловую точку изменяется только одно из слагаемых в (8). Его номер соответствует номеру гиперплоскости, пересекающей в этой узловой точке $\mathbf{u}^{(1)}$ прямую $l_{(k_1, \dots, k_{m-1})}$. Если

знак производной по направлению перед $\mathbf{u}^{(1)} \left. \frac{\partial Q}{\partial \mathbf{l}_{(k_1, \dots, k_{m-1})}} \right|_{\mathbf{u}^{(1)}}$ и после $\mathbf{u}^{(1)} \left. \frac{\partial Q}{\partial \mathbf{l}_{(k_1, \dots, k_{m-1})}} \right|_{\mathbf{u}^{(1)}}$ меня-

ется с отрицательного на положительной (или производная станет равной нулю), то в этой точке целевая функция принимает наименьшее значение по узловой прямой. Тогда вместо $\mathbf{u}^{(0)}$ фиксируем $\mathbf{u}^{(1)}$. Если на данной прямо целевая функция в исходной узловой точке $\mathbf{u}^{(0)}$ принимает наименьшее значение (производная по направлению при переходе через $\mathbf{u}^{(0)}$ в ту и другую сторону становится больше или равной нулю), то переходим к следующей узловой прямой, проходящей через эту узловую точку.

В случае, когда вместо $\mathbf{u}^{(0)}$ фиксируем $\mathbf{u}^{(1)}$, тогда из точки $\mathbf{u}^{(1)}$ переходим на другую узловую прямую и продолжаем спуск по ней по тому же принципу. В результате будет найдена узловая точка $\mathbf{u}^{(*)}$, спуск из которой невозможен. Эта узловая точка будет являться точным решением задачи (2). В [10] рассмотрены два варианта продолжения спуска после нахождения очередной узловой точки:

1) продолжить спуск из точки $\mathbf{u}_{(k_1, \dots, k_{m-1}, j)}$ по другой узловой прямой и т.д. до тех пор, пока спуск будет невозможен;

2) выполнить спуск из точки $\mathbf{u}_{(k_1, \dots, k_{m-1}, j)}$ по всем остальным $(m - 1)$ узловым прямым, найти в каждой из них минимум $Q(\mathbf{a})$ и перейти в узловую точку с наименьшим значением целевой функции и снова продолжить спуск из этой точки.

Однако остался открытым вопрос совмещения этих вариантов проверки узловых прямых: проведение какой-то «части» итераций с использованием одного из способов проверки узловых прямых, остальные же итерации будут производиться другим способом. Итерацией же, относительно поставленной задачи, будет считаться переход от одной узловой точки к другой.

Результаты исследования и их обсуждение

Проверим гипотезу о совмещении двух описанных ранее способов проверки узловых прямых. Данная гипотеза заключается в проведении какой-то «части» итераций с использованием одного из способов проверки узловых прямых, остальные же итерации будут производиться другим способом. Итерацией же, относительно поставленной задачи, будет считаться переход от одной узловой точки к другой.

Количество итераций, для последующего деления на «части», будет вычисляться алгоритмом при анализе выборки с использованием способа проверки узловых прямых без совмещения. К примеру, в первую очередь выборка будет проанализирована способом с полной проверкой всех прилегающих узловых прямых. Тогда в последующем, взяв количество итераций с предыдущего шага, первая «часть» итераций (в нашем случае 10%, ..., 90%) будет осу-

ществлена способом с полной проверкой прямых, а все остальные – способом с переходом на первую узловую прямую с меньшим значением целевой функции.

С помощью метода статистических испытаний Монте-Карло [11, 12] было проведено исследование, в котором для $m = 2, 3, \dots, 10$ оценивалось время решения задачи (2). Объемы выборок $n = 50, 100, \dots, 500$. Результаты приведены в табл. 1.

В итоге наилучшие результаты показал способ *Full*. Отметим, что подобная тенденция в скорости вычисления сохраняется как при нормальном распределении выборки, так и при наличии выбросов. Поэтому наибольшим быстродействием обладает спуск из узловой точки $\mathbf{u}_{(k_1, \dots, k_{m-1}, j)}$ по всем m узловым прямым.

Анализ данных показал, что в этом случае среднее число рассмотренных узловых точек имеет линейную зависимость с объемом выборки n и степенную с количеством коэффициентов в наблюдении m . Среднее число рассмотренных узловых точек достаточно точно аппроксимируется зависимостью $L(m, n) = O(m^2n)$. Вычислительная сложность решения задачи (3) может быть снижена за счет более быстрого нахождения начальной точки, являющейся решением задачи (2).

Рассмотрим теперь динамическую задачу. Пусть мы нашли решение $\mathbf{a}^{(*)}$ задачи (2) по начальной выборке данных $(\mathbf{X}_i, y_i) = (x_{i1}, \dots, x_{im}, y_i)$, $i = 1, \dots, n$. Теперь в динамике добавляем новое наблюдение $(\mathbf{X}_{n+1}, y_{n+1})$, удаляем самое «старое» первое наблюдение (\mathbf{X}_1, y_1) и снова оцениваем МНМ-параметры уравнения регрессии.

Таблица 1

Доля наиболее быстрых решений задачи (2) различными способами проверки узловых прямых

Способ проверки прямой	% от общего числа опытов	Способ проверки прямой	% от общего числа опытов
First	15,00	Full	39,72
10%	4,44	10%	1,94
20%	3,89	20%	1,39
30%	4,72	30%	1,67
40%	3,33	40%	1,94
50%	3,06	50%	1,11
60%	3,61	60%	1,39
70%	4,17	70%	0,83
80%	2,78	80%	0,56
90%	3,61	90%	0,83

Примечание. *Full* – способ с проверкой всех прилегающих узловых прямых; *First* – способ с переходом на первую узловую прямую с меньшим значением целевой функции относительно исходной точки.

Решение $\mathbf{a}^{(*)}$ представляет собой пересечение m гиперплоскостей (обозначим их как множество G_1), образованных некоторыми m наблюдениями (обозначим их как множество Z_1). Возможны два случая. Во-первых, наблюдение (\mathbf{X}_1, y_1) не принадлежит к множеству Z_1 . Тогда считаем точку $\mathbf{a}^{(*)}$ начальной точкой (присваиваем $\mathbf{a}^{(0)} = \mathbf{a}^{(*)}$) и начинаем искать решение по алгоритму градиентного спуска по узловым прямым.

Во-вторых, наблюдение (\mathbf{X}_1, y_1) принадлежит множеству Z_1 . Добавляем к множеству $Z_1 \setminus (\mathbf{X}_1, y_1)$ любое из не принадлежащих ему наблюдений, например $(\mathbf{X}_{n+1}, y_{n+1})$, находим пересечение оставшихся $(m - 1)$ гиперплоскостей из множества G_1 (их пересечение образует узловую прямую $l_{(k_1^0, \dots, k_{m-1}^0)}$) с гиперплоскостью Ω_{n+1} , образованной наблюдением $(\mathbf{X}_{n+1}, y_{n+1})$. Отметим, что гиперплоскость Ω_{n+1} и узловая прямая $l_{(k_1^0, \dots, k_{m-1}^0)}$ должны пересекаться (не должны быть параллельными). Тогда точку $\mathbf{a}^{(0)} = l_{(k_1^0, \dots, k_{m-1}^0)} \cap \Omega_{n+1}$ считаем начальной точкой и начинаем искать решение по алгоритму градиентного спуска по узловым прямым.

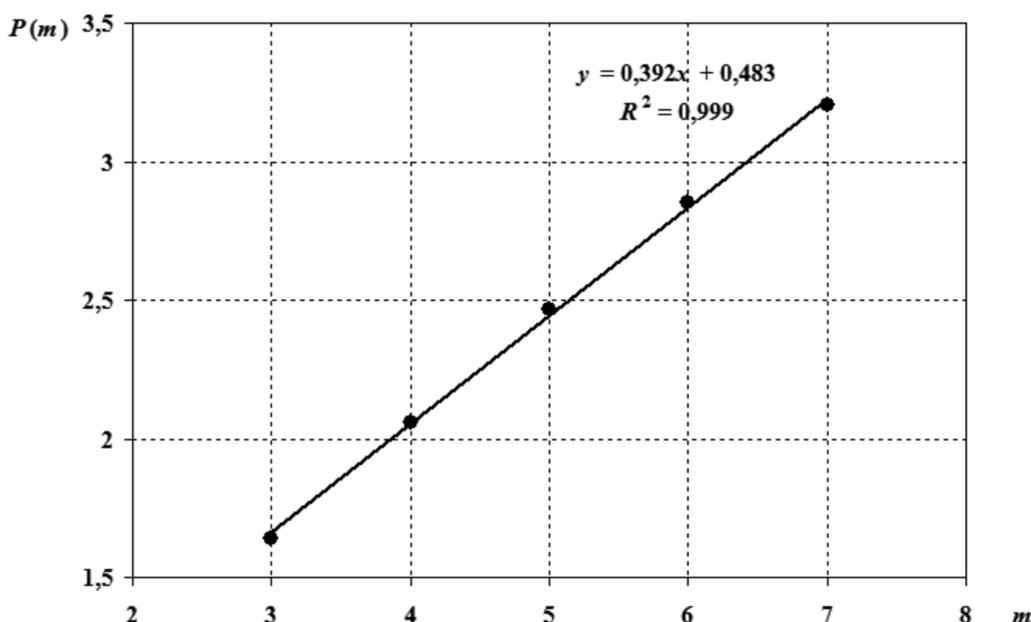
Выигрыш в быстродействии в динамике должен достигаться за счет более близкого расположения узловой точки $\mathbf{a}^{(0)}$ к решению задачи (2). В [13] получено, что среднее число переходов от одной узловой прямой на другую составляет $O(m \ln n)$. Учет полученного на предыдущем шаге решения в динамической задаче должен уменьшить

это число. Снова воспользуемся методом Монте-Карло. В табл. 2 для 2000 испытаний приведены средние значения $p(m, n)$ общего количества переходов с одной узловой прямой на другую, для тех же значений m и n , что и в [13].

Таблица 2
Средние значения количества переходов с одной узловой прямой на другую

n	$p(m, n)$				
	$m = 3$	$m = 4$	$m = 5$	$m = 6$	$m = 7$
30	1,64	2,09	2,49	2,81	3,02
50	1,66	2,01	2,44	2,79	3,11
100	1,70	2,05	2,44	2,82	3,18
150	1,63	2,06	2,44	2,82	3,26
300	1,65	2,07	2,40	2,89	3,19
500	1,62	2,07	2,53	2,94	3,28
700	1,65	2,10	2,51	2,86	3,33
900	1,58	2,05	2,46	2,84	3,23
1000	1,66	2,05	2,50	2,87	3,18
1200	1,65	2,09	2,50	2,82	3,24
1500	1,63	1,97	2,43	2,89	3,23
1700	1,67	2,07	2,46	2,84	3,25
1850	1,61	2,03	2,43	2,92	3,20
2000	1,63	2,08	2,49	2,81	3,18
Среднее $P(m)$	1,64	2,06	2,47	2,85	3,21

Видим, что $p(m, n)$ практически не зависят от объема выборки n , а средние значения $P(m)$ линейно зависят только от числа параметров m регрессионной зависимости (рисунок). На рисунке показана линейная регрессионная зависимость $P(m)$ от m .



Линейная регрессионная зависимость $P(m)$ от числа параметров m

Для сравнения в табл. 3 приведем отношения средних значений общего количества переходов с одной узловой прямой на другую в статическом случае $p_0(m, n)$ (значения взяты из [13]) и в динамическом $p(m, n)$ (табл. 2).

Таблица 3

Отношения $p_0(m, n)/p(m, n)$ средних значений общего количества переходов с одной узловой прямой на другую в статическом и в динамическом случаях

n	$p_0(m, n)/p(m, n)$				
	m = 3	m = 4	m = 5	m = 6	m = 7
30	3,20	3,18	3,11	3,14	3,19
50	3,69	3,97	4,01	4,03	4,07
100	4,33	4,82	5,05	5,05	5,29
150	4,83	5,22	5,62	5,79	5,85
300	5,55	6,11	6,71	6,80	7,16
500	6,06	6,71	7,11	7,40	7,93
700	6,34	7,15	7,61	8,21	8,45
900	6,88	7,55	8,10	8,59	9,07
1000	6,63	7,68	8,14	8,70	9,46
1200	6,84	7,76	8,41	9,23	9,63
1500	7,23	8,51	8,93	9,31	10,04
1700	7,15	8,28	8,97	9,74	10,20
1850	7,48	8,54	9,26	9,59	10,47
2000	7,47	8,48	9,17	10,05	10,62

Таким образом, получили, что среднее число переходов от одной узловой прямой на другую в предложенном динамическом варианте спуска по узловым прямым составляет $O(m)$. С учетом [10] средняя вычислительная сложность динамического варианта градиентного спуска по узловым прямым составит $L = O(m^2 n \cdot \max(m^2, \ln n))$. Если $n \gg m$, то $L = O(m^2 n \cdot \max(m^2, \ln n)) \leq O(m^2 n \ln n)$, т.е. выигрыш составил примерно в $O(\ln n)$ раз.

Заключение

1. Предложенный алгоритм реализации спуска по узловым прямым позволяет повысить быстродействие при решении задач регрессионного моделирования в динамике примерно в $O(\ln n)$ раз.

2. Поскольку после удаления на каждом шаге одного наблюдения узловые прямые почти не меняются, следует в дальнейшем также учесть эту особенность рассматриваемой задачи для повышения быстродействия алгоритма.

3. Разработанный алгоритм также позволит повысить быстродействие реализации обобщенного метода наименьших модулей.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 20-41-660008 p_a.

Список литературы

1. Darlington R.B., Hayes A.F. Regression Analysis and Linear Models. Concepts, Applications, and Implementation. The Guilford Press, 2017. 688 p.
2. Gunst R.F., Mason R.L. Regression Analysis and Its Application. A Data-Oriented Approach. CRC Press, 2017. 422 p.
3. Тюрин Ю.Н. Многомерная статистика: гауссовские линейные модели. М.: Издательство Московского университета, 2011. 136 с.
4. Демиденко Е.З. Линейная и нелинейная регрессия. М.: Финансы и статистика, 1981. 302 с.
5. Дронов С.В. Методы и задачи многомерной статистики. Барнаул: Изд-во Алтайского государственного университета, 2015. 276 с.
6. Мудров В.И., Кушко В.Л. Методы обработки измерений. Квазиравнодоподобные оценки. М.: Радио и связь, 1983. 304 с.
7. Тырсин А.Н., Максимов К.Е. Оценивание линейных регрессионных уравнений с помощью метода наименьших модулей // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2012. Т. 78. № 7. С. 65–71.
8. Тырсин А.Н., Соколов Л.А. Оценивание линейной регрессии на основе обобщенного метода наименьших модулей // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Физ.-мат. науки. 2010. № 5 (21). С. 134–142.
9. Тырсин А.Н., Азарян А.А. Методы устойчивого построения линейных моделей на основе спуска по узловым прямым // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2018. № 1 (25). С. 188–202.
10. Тырсин А.Н. Алгоритмы спуска по узловым прямым в задаче оценивания регрессионных уравнений методом наименьших модулей // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2021. Т. 87. № 5. С. 68–75.
11. Михайлов Г.А., Войтишек А.В. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. Издательский центр «Академия», 2006. 368 с.
12. Kroese D.R., Taimre Th., Botev Z.I. Handbook of Monte Carlo Methods. Wiley, 2011. 774 p.
13. Азарян А.А. Быстрые алгоритмы моделирования многомерных регрессионных зависимостей на основе метода наименьших модулей: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург, 2019. 148 с.

УДК 628.477

МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ РАКЕТ**Шартдинов А.Ш., Елизарьев А.Н., Аксенов С.Г., Эпимахов Н.Л.***ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
Уфа, e-mail: shartdinov71@gmail.com*

В статье анализируются технологические и экологические проблемы утилизации снятых с вооружения твердотопливных ракет. Рассмотрены преимущества и недостатки таких методов утилизации твердого ракетного топлива, как: сжигание или взрыв топлива, извлечение твердого ракетного топлива из ракетных двигателей твердого топлива путем механической обработки, путем криогенного разрушения наполнителя и методом гидродинамического вымывания и последующей его переработки или хранения. Предлагается инновационный безопасный и экономически обоснованный метод утилизации твердых топлив ракет с помощью применения комплекса оборудования с использованием автотермического процесса газификации для производства синтез-газа НПП «Синтез». Возможность повторного использования материалов, используемых для изготовления ракет, делает утилизацию межконтинентальных баллистических ракет (МБР) более перспективной с экономической точки зрения. В статье проведен поиск потенциального метода решения проблемы экологически безопасного метода и технологии утилизации снятых с вооружения межконтинентальных баллистических ракет с двигателями твердого топлива (РДТТ) с помощью их превращения в полезные продукты при минимизации наносимого от утилизации и длительного хранения вреда окружающей среде. Рассмотрены выбор метода ликвидации РДТТ и их основные достоинства. Благодаря разработке целостных решений, способных сделать процесс утилизации РДТТ наиболее эффективным, экономически выгодным и экологически безопасным, создаются необходимые условия перехода страны к чистому будущему.

Ключевые слова: утилизация твердотопливных ракет, утилизация ракетного топлива, термическая утилизация, экологически безопасная утилизация, переработка компонентов ракет, экономически целесообразная утилизация, утилизация ТТР способом газификации, НПП «Синтез»

METHODS FOR UTILIZING SOLID FUEL ROCKETS**Shartdinov A.S., Elizarev A.N., Aksenov S.G., Epimakhov N.L.***Ufa state aviation technical University, Ufa, e-mail: shartdinov71@gmail.com*

The article analyzes the technological and environmental problems of disposal of removal of solid fuel missiles. The advantages and disadvantages of such methods of utilization of solid rocket fuel are considered as: combustion or explosion of fuel, extraction of solid rocket fuel from solid fuel rocket engines by machining, by cryogenic filler destruction and hydrodynamic flushing method and subsequent processing or storage. An innovative safe and economically substantiated method of utilization of solid fuels of rockets is proposed by using the equipment complex using the autothermal gasification process for the production of synthesis gas NPP «Synthesis». The possibility of re-using materials used to make missiles makes the disposal of ICBMs more promising from an economic point of view. The article searches for a potential method for solving the problem of an environmentally friendly method and technology of disposal of decommissioned intercontinental ballistic missiles with solid fuel engines by converting them into useful products, minimizing the environmental damage caused by disposal and long-term storage. The choice of the method for elimination of solid propellants and their main advantages are considered. Thanks to the development of holistic solutions that can make the process of disposal of solid propellants the most effective, economically profitable and environmentally friendly, the necessary conditions are created for the transition of the country's existence to a clean future.

Keywords: utilization of solid-propellant rockets, utilization of rocket fuel, thermal utilization, environmentally friendly utilization, reprocessing of rocket components, economically feasible utilization, utilization of solid fuel rocketry by gasification, NPP Sintez

Ракетные двигатели, использующие твердое топливо, широко применяются в индустрии коммерческих космических полетов для питания ракет-носителей орбитального класса и небольших исследовательских ракет [1]. Тяга и удельный импульс, развиваемые ракетным двигателем, являются важными характеристиками ракетной двигательной установки и определяют общие характеристики ракеты. На эти свойства сильно влияет скорость горения твердого топлива. Одним из многих методов повышения скорости горения твердого топлива является добавление металлических

порошков в матрицу окислителя топлива. Однако эти добавки приводят к выбросу оксидов металлов в атмосферу и вызывают значительное загрязнение окружающей среды [2].

Современное мировое сообщество тратит значительные средства на хранение, обслуживание и утилизацию непригодных для дальнейшего использования или снятых с вооружения взрывопожароопасных изделий и материалов, начиная от обычных снарядов и заканчивая такими сложными изделиями, как трехступенчатые твердотопливные межконтинентальные баллистиче-

ские ракеты (МБР) РС-22. МБР с ракетными двигателями твердого топлива (РДТТ) сняты с вооружения, демонтированы и в соответствии с международными соглашениями должны быть уничтожены или утилизированы. Своевременное и полное выполнение указанных соглашений сейчас чрезвычайно актуально для многих стран мира [3].

Утилизация МБР является более перспективной с экономической точки зрения. Она дает возможность повторно использовать отдельные узлы и агрегаты, а также дорогое сырье и материалы, израсходованные на изготовление ракет. Основные трудности, возникающие при утилизации МБР, связаны, в первую очередь, с утилизацией их двигателей, которые оснащены взрывопожароопасными веществами с ограниченными сроками годности последних.

Цель исследования – проведение анализа потенциального метода решения проблемы экологически безопасного метода и технологии утилизации снятых с вооружения межконтинентальных баллистических ракет с двигателями твердого топлива с помощью их превращения в полезные продукты при минимизации наносимого от утилизации и длительного хранения вреда окружающей среде.

Металлические компоненты отделенного ракетного двигателя могут быть восстановлены для переработки после того, как они были повреждены, в целях даль-

нейшего использования в ракетном двигателе. Кроме того, металлолом должен быть сертифицирован как безопасный для публичного выпуска и переработки [4]. Отделение топлива, воспламенителя и других энергетических компонентов ракетного двигателя от корпуса и электроники упростило бы извлечение металлолома из этих компонентов. Тем не менее, регенерированный металл, возможно, придется подвергнуть термической или химической обработке, чтобы гарантировать, что энергетические остатки будут уничтожены до того, как материалы могут быть отправлены на переработку [5]. Классификация способов ликвидации зарядов СРТТ представлена на рис. 1.

Было предложено множество технологий для утилизации обычных твердотопливных ракетных двигателей. Технологию можно разделить на термические и химические. В настоящее время апробированы и в разной степени используются четыре метода извлечения или уничтожения наполнителей РДТТ: сжигание или взрыв топлива, извлечение твердого ракетного топлива (ТРТ) из РДТТ путем механической обработки, путем криогенного разрушения наполнителя и методом гидродинамического вымывания и последующая его переработка или хранение, разрушение РДТТ (сегментация, криогенное, химическое разрушение) [7].



Рис. 1. Классификация способов ликвидации зарядов СРТТ [6]

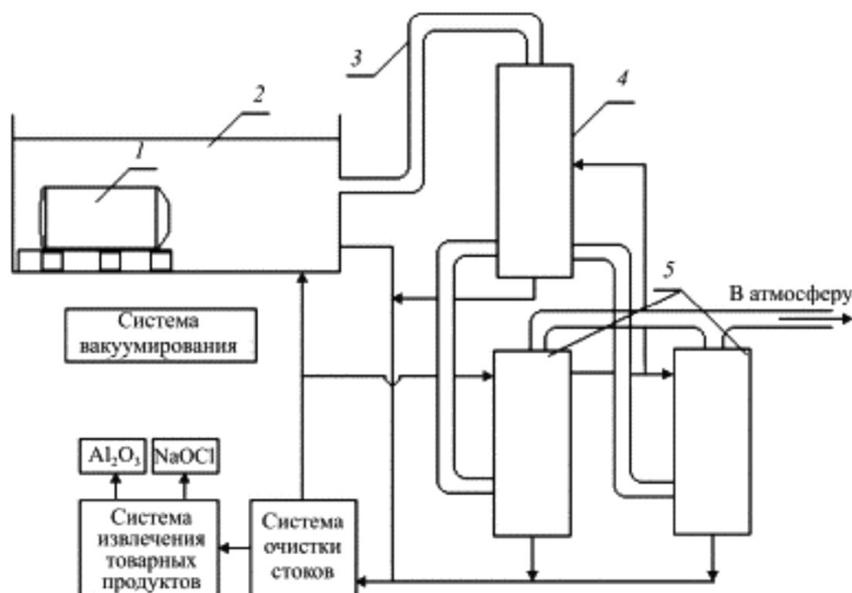


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема сжигания зарядов по технологии фирмы Lockheed Martin [6]

Выбор метода ликвидации РДТТ зависит, прежде всего, от свойств ТРТ, его химической и термической стойкости, детонационной способности, чувствительности к удару, трению и других энергетических импульсов, инициирующих взрывные преобразования. Так, например, химические технологии обычно требуют предварительной обработки, при которой пропеллент превращается в удобную форму (например, раствор, порошок или суспензию). Этот процесс увеличивает обращение с энергетическими материалами и несет сопутствующие риски. Кроме того, при использовании любого из перечисленных методов для ликвидации МБР РС-22 необходимо решить ряд вопросов, связанных, в первую очередь, с техническими, экологическими и экономическими аспектами [8].

Экологические аспекты при ликвидации РДТТ обусловлены необходимостью обязательного соблюдения законодательных требований в области охраны окружающей среды и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Существенные изменения взрывных характеристик ТРТ, в частности чувствительности к ударам, трению и электростатическим разрядам, в основном, связаны с длительными сверхнормативными сроками и нерегламентированными по температуре и влажности условиями хранения РДТТ в период между их снятием с вооружения и началом тестирования ТРТ. В дальнейшем, при хранении РДТТ в регламентированных по температу-

ре и влажности условиях, взрывные характеристики ТРТ остаются практически неизменными, однако физико-механические свойства топлива снижаются ниже уровней, предусмотренных требованиями технических условий. Продолжительное хранение РДТТ ведет к существенному повышению уровня экологической опасности, обусловленной накоплением взрывоопасных изделий и материалов [7].

В то же время процесс утилизации РДТТ, содержащих большое количество токсичного и взрывопожароопасного топлива, является потенциально опасным и может привести к загрязнению значительных территорий как в месте размещения объекта утилизации, так и в месте последующего хранения или использования продуктов утилизации. Наиболее интенсивно исследование утилизации РДТТ ведут ученые и ведущие специалисты научных учреждений и промышленных предприятий США и РФ: компании Thiokol (США), Lockheed Martin (США), General Atomics (США), ЦНИИХМ (Москва), ИХФ РАН (Москва) и др. (рис. 2).

Среди известных методов утилизации РДТТ наиболее простыми и, на первый взгляд, малозатратными являются методы открытого сжигания и взрывания топлива. При утилизации РДТТ первым методом выброс токсичных продуктов сгорания, которые создаются при недостатке кислорода, происходит за короткий период времени – от 60 до 310 с. При этом температура продуктов сгорания, вытекающих из снаряжен-

ных корпусов двигателей (СКД), колеблется от 1500 °С до 2200 °С с постепенным уменьшением до 300–400 °С. При таких условиях в продуктах сгорания происходят сложные химические превращения с образованием активных радикалов и веществ сложного строения (таких как хлорид водорода, полициклические и гетероциклические вещества, нитрозили, окислы азота и др.).

Ликвидация РДТТ путем прямого сжигания или взрывания топлива имеет ряд существенных недостатков, связанных с высокой вероятностью аварий в процессе ликвидации дефектных зарядов и зарядов со сверхнормативным сроком хранения, которые могут привести к существенному загрязнению окружающей среды газообразными, жидкими и твердыми отходами. Ликвидация снаряженных корпусов двигателей МБР РС-22 методами открытого сжигания или взрывания приводит к существенному сверхнормативному загрязнению атмосферного воздуха над территорией, удаленной от объекта ликвидации топлива на расстояние 50–100 км, с учетом преимущественного направления и силы ветров и загрязнения почвы продуктами сгорания и для современных экологических условий является неприемлемой [6].

Согласно требованиям природоохранного законодательства, категорически запрещается сжигание химических веществ и отходов открытым способом, без использования специальных установок с очисткой выбросов от продуктов сгорания. Поэтому ликвидация ТРТ методом сжигания может осуществляться только при обязательном использовании специальных установок, обеспечивающих очистку выбросов от продуктов сгорания до нормативов экологической безопасности. Наличие таких установок снижает воздействие опасных летучих примесей, полученных при сжигании, на окружающую среду, но технологии сжигания по-прежнему недостаточно отработаны. Кроме того, процесс сжигания экономически неэффективен, отмечены большие затраты из-за необходимости дефектоскопии РДТТ, применения отдельных технологий для ликвидации дефектных двигателей, строительства и полигонов по очистке и захоронению отходов [9].

Открытый взрыв имеет несколько преимуществ. Работа с энергоемкими предметами сведена к минимуму, и это снижает риск неожиданного инициирования и причинения вреда персоналу или объектам. Ликвидация СКД методом взрывания происходит в течение 0,001–0,005 с в случае, если заряд ТРТ способен детонировать без дефлорации. Топливо, которое ис-

пользуется в двигателях ракет, может быть трудно полностью взорвать, а неполная детонация иногда приводит к распределению непрореагировавшей энергии. Для зарядов ТРТ, детонирующих неустойчиво, необходимо привлечение больших дополнительных масс взрывоопасного вещества. Также при взрывании ТРТ в СКД возможен разброс фрагментов заряда ТРТ и корпуса по прилегающей территории. Это может произойти по причине неустойчивой детонации в заряде ТРТ [10]. Потоки вторичных отходов ограничиваются непрореагировавшими материалами, в основном металлическими компонентами взорвавшихся твердотопливных ракетных двигателей. При этом эти фрагменты будут догорать на большой территории с образованием вторичных источников загрязнения. После догорания остатки таких фрагментов необходимо собрать и отправить на дополнительную утилизацию или захоронение [6].

В целом выполненная оценка методов открытого сжигания и подрыва показала, что их использование для утилизации РДТТ МБР РС-22 приводит к существенному сверхнормативному загрязнению атмосферного воздуха и почвы.

Извлечение ТРТ из РДТТ путем механической обработки имеет ряд недостатков, которые заключаются в повышенной пожарной и взрывоопасности процесса, необходимости проведения дополнительной операции – разрезания корпусов на сегменты и освоения дополнительного технологического процесса по окончательной доочистке корпусов. В то же время эта технология обеспечивает наибольшую экономичность процесса удаления, экологически чище, отсутствуют выбросы в окружающую среду [11].

Технология извлечения ТРТ из двигателей путем криогенной вымывки недостаточно отработана. К недостаткам этого процесса следует отнести необходимость проведения дополнительной операции разрезания корпусов на сегменты перед началом процесса извлечения, а также освоения дополнительного технологического процесса по окончательной очистке корпусов от остатков ТРТ [12, 13].

При базовом гидролизе энергетические отходы добавляются в воду при умеренной температуре (90–150 °С) и высоком давлении с сильным основанием (рН > 12). Органические компоненты энергетических отходов превращаются в водорастворимые неэнергетические материалы. Скорость подачи необходимо контролировать, чтобы предотвратить бурную экзотермическую реакцию, т.е. возгорание или детонацию пороха. Чтобы контролировать скорость подачи

и гарантировать эффективную и тщательную реакцию, обычно необходимо добавлять пропеллент в щелочной раствор в виде суспензии. Ключевым преимуществом этой технологии является то, что энергетические отходы превращаются в водорастворимые неэнергетические продукты, но полученный раствор по-прежнему опасен и требует дальнейшей обработки [1, 7].

Чаще всего при утилизации РДТТ применяется метод гидродинамического вымывания ТРТ с последующей утилизацией изъятых ТРТ в коммерческие взрывоопасные вещества (рис. 3).

Метод гидродинамического вымывания успешно применяется для утилизации МБР, имеющих физико-механические характеристики, близкие к характеристикам топлива, использованного в МБР РС-22. Таким методом перерабатывались двигатели с превышенными гарантийными сроками хранения, имеющие аномалии в заряде ТРТ, а также двигатели, которые не подлежали транспортировке и не могли быть утилизированы другими методами. Такая технология апробирована и длительное время применяется в США. Недостатками этой технологии являются: высокая энергоемкость метода, наличие значительных объемов загрязнен-

ной жидкости, которая требует очистки, сложность процесса последующего извлечения топлива. В то же время этот метод является более безопасным по сравнению с предыдущими, однако наличие в ТРТ МБР РС-22 значительного количества водорастворимых окислителей, в состав которых входит хлор, обуславливает необходимость существенной доработки этого метода и решения вопроса очистки больших объемов воды или извлечения из нее водорастворимых компонентов топлива [14]. Кроме того, опыт США, накопленный в результате ведения работ по утилизации твердотопливных ракет, может быть использован в РФ не в полной мере из-за существенных различий свойств топлива, используемых в РДТТ производства США и РФ [15].

Эффективность гидрокавитационного разрушения зарядов может быть оценена по величине удельной энергии разрушения $E_{уд}$, которая зависит как от прочностных свойств материала, так и от совершенства способа превращения энергии кавитирующей струи в работу по разрушению материала на фрагменты, причем, чем меньше величина фрагментов (т.е. больше удельные поверхности фрагментов), тем выше степень реализации энергии натекающей струи.

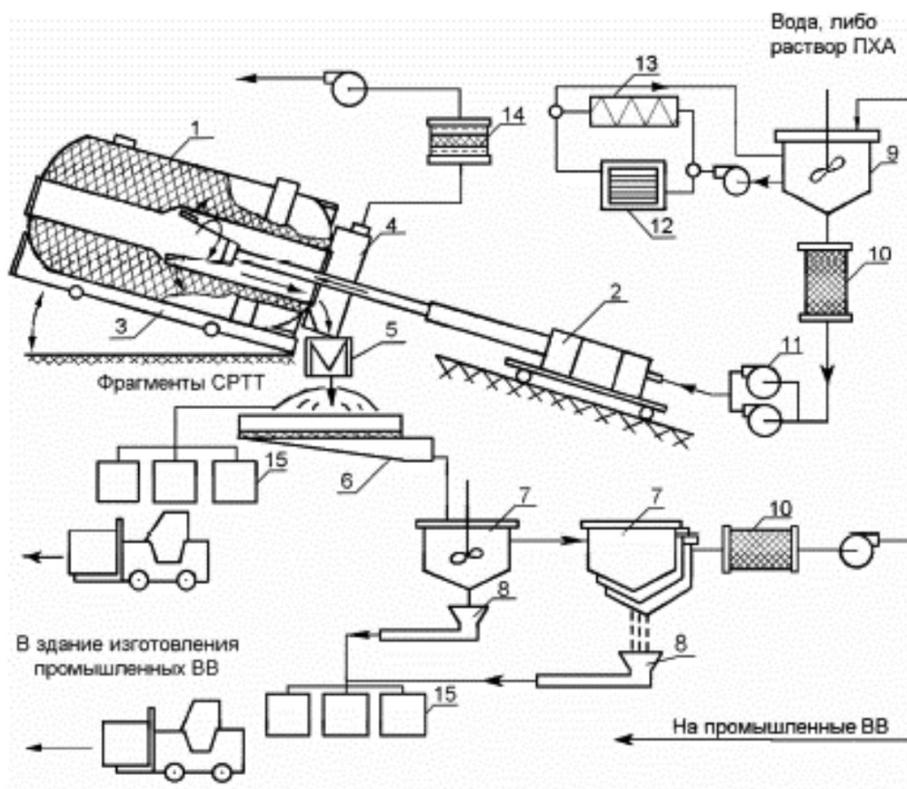


Рис. 3. Технологическая схема гидроразмыва заряда СРТТ, предлагаемая фирмой Thiokol Chemical [6]

Полученные результаты сравнения показали, что эффективность гидрокавитационного разрушения выше эффективности при большинстве известных способов по разрушению зарядов СРТТ [6] (таблица).

Изъятые с РДТТ наполнители являются высокоэнергетическими веществами, склонными к взрывному превращению, и независимо от способа извлечения практически повсеместно используются для получения продуктов, необходимых при производстве ТРТ для новых образцов вооружения, перерабатываются в коммерческие взрывоопасные вещества или используются как высокоэнергетические компоненты таких веществ [5, 17]. В мире, в том числе и в России, накоплен определенный опыт утилизации боеприпасов и других изделий из взрывоопасных веществ. Однако, учитывая особенности РДТТ МБР РС-22 (габариты, вес, форма), а также свойства ТРТ, наличие в его составе перхлората аммония, существующие методы и технологические линии не могут быть использованы при утилизации РДТТ МБР РС-22. Все схемы имеют свои преимущества и недостатки как в конструктивно-технологическом, так и в эксплуатационном отношении. Все это

обуславливает актуальность научной проблемы, заключающейся в разработке и обосновании экологически безопасного метода и технологии утилизации снятых с вооружения межконтинентальных баллистических ракет с двигателями твердого топлива. Требуется новые методы утилизации, преобразующие энергетические материалы в безвредные биопродукты без загрязнения окружающей среды [7, 18].

В некоторых случаях возможно получение материалов для переработки и установок в новое оружие или для альтернативного гражданского использования [19]. Утилизация РДТТ, удовлетворяющая гражданские нужды, является наиболее предпочтительной, так как работает на благо общества и часто выполняет задачи, которые должны быть решены тем или иным способом. Одним из примеров такого применения может выступать печь-крематор для сжигания биологических отходов. На рис. 4 представлена схема крематора с использованием твердого топлива для воспламенения биологических отходов. Это альтернативный способ применения ТТ – в качестве воспламенения биологических отходов [20].

Удельные энергии удаления СРТТ [16]

Разработчик	Способ удаления СРТТ	Удельная энергия удаления, $E_{уд}$, ГДж/м ³
Thiokol Chemical (США)	Гидрорезка СРТТ крупными фрагментами	6,0–21,6
VVSSC (Индия)		2,7–3,0
НИИ ПМ (Россия)		3,0–3,2
Tracor Hydronautics (США)	Вымывание ВВ в виде пульпы	2,4–2,5
Tracor Hydronautics (США)	Вымывание ВВ кавитирующими струями	1,9–2,1
UTC (США)	Комбинированная резка СРТТ	2,8–4,0
Гидрокавитационный способ	Вымывание СРТТ кавитирующими струями	1,5–2,7

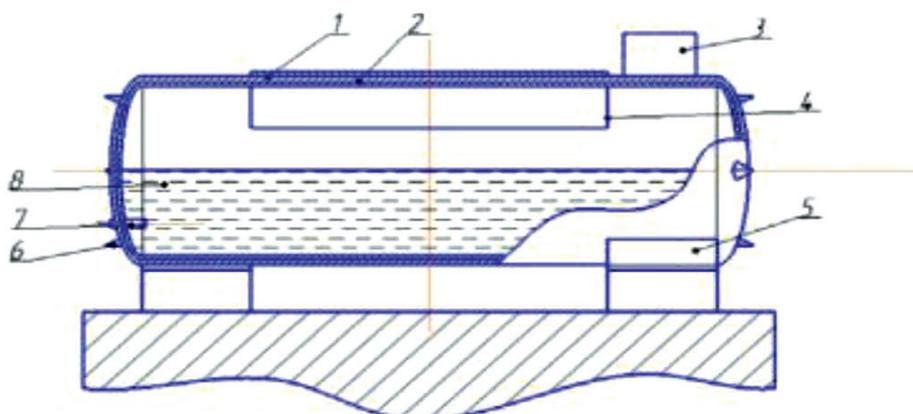


Рис. 4. Схема крематора: 1 – корпус крематора, 2 – ТЗП, 3 – труба, 4 – крышка, 5 – крепление крематора, 6 – ножки, 7 – воспламенитель, 8 – биологические отходы

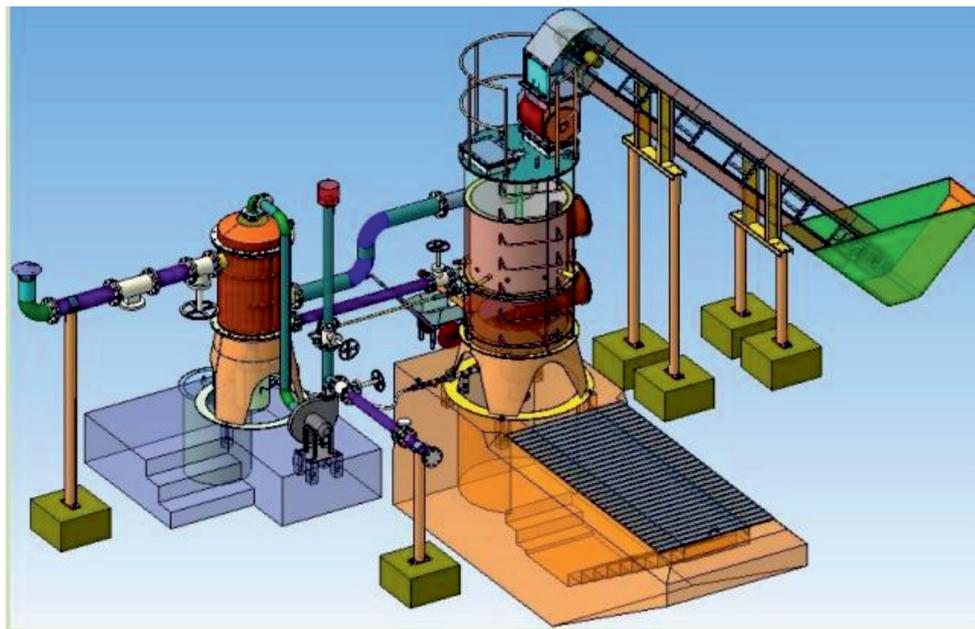


Рис. 5. 3D графика КЭЭГ – 500-02

Приемлемый способ ликвидации и утилизации РДТТ МБР ракет РС-22 может основываться на прорывной технологии. Судя по последним достижениям и открытиям в химической, физико-химической и микробиологической областях исследования, а также по технологическим достижениям, такой способ возможен [21, 22].

Если исходить из приоритета экологической и технологической безопасности, новый способ может представлять собой развитие химического метода с переходом на микробиологический уровень или сочетание микробиологической технологии с новейшими химическими и физико-химическими технологиями. В связи с этим перспективным является принцип утилизации ТРТ с помощью комплекса газификации производства ООО «НПП «Синтез»». Предприятием ООО «НПП «Синтез»» был разработан, изготовлен, испытан, запатентован и сертифицирован комплекс оборудования с использованием автотермического процесса газификации – переработки органически содержащих продуктов при окислении их недостатком кислорода воздуха, имеющий в соответствии с ТУ 3116-001-74150904-2007 различные мощности и модификации (рис. 5) [23]. Синтезированный газ подвергается оригинальной очистке от нежелательных механических примесей, смоляного и водяного конденсата без применения сменных фильтров, происходит выработка теплоносителя в виде горячей воды.

Следует отметить тот факт, что в конструкцию комплекса заложен способ обратной газификации, при котором происходит разложение токсинов, таких как пестициды, диоксины, фенолы, формальдегиды, которые вновь не восстанавливаются, как это происходит в мусоросжигательных заводах, реакторах прямой, горизонтальной и вихревой газификации, пиролизных печах, а переходят в газовую составляющую, так как по технологии газ подвергается закалке (резкому охлаждению), проскакивая температурный рубеж восстановления токсинов [24]. Перспективным, с нашей точки зрения, является способ переработки РДТТ с получением синтез-газа для производства тепловой и электрической энергии, жидких углеводородов, что снизит вред окружающей среде, путем переработки РДТТ более усовершенствованным способом. Стоимость вырабатываемого синтез-газа в этой модификации комплекса равна от 0 до 0,2 руб. за 1 м³ в зависимости от вида топлива, степени его подготовки и мощности комплекса. Эффективность перевода твердого топлива в синтетический газ, а затем использование его в горелках пароводяных котлов от 3,35 до 6 раз выше, чем простое сжигание твердого топлива в твердотопливных пароводяных котлах [3].

Заключение

Таким образом, всем рассмотренным возможным методам утилизации РДТТ свойственны как определенные преиму-

щества, так и недостатки. Основным условием применения этих методов является обеспечение технической и экологической безопасности при утилизации РДТТ на территории РФ. Текущие усилия в этой области побуждают ученых, промышленность и правительства прилагать значительные усилия при разработке целостных решений, способных сделать процесс утилизации РДТТ наиболее эффективным, экономически выгодным и экологически безопасным с целью перехода условий существования страны к чистому будущему. В связи с этим перспективным является принцип утилизации ТРТ с помощью комплекса газификации производства ООО «НПП «Синтез»».

Список литературы

1. Конорев М.М., Нестеренко Г.Ф. Исследования по разработке экологически безопасных технологических решений по утилизации ракетных двигателей (РДТТ) в горных выработках // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. С. 199–204.
2. Unni A., Kulkarni Rajat, Singh Chanchal, Singh Vishal, Varshini Vasireddi, Shanmugaraj Gopinath. Effects of adding powdered metals with the solid propellants – A review. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. V. 1473. 012048. DOI: 10.1088/1742-6596/1473/1/012048.
3. Тухватуллин З.А. Экологические проблемы утилизации ракетной техники. Экологическая безопасность: сб. ст. / Под ред. В.М. Колодкина. Ижевск: Удмуртский университет, 2004. С. 109–118.
4. Убей-Волк Е.Ю., Шевченко Н.В., Наумов С.П., Харитонов Н.Н., Маликов Р.С. Возможные способы утилизации ТРТ // Актуальные проблемы промышленной утилизации ракет и боеприпасов. Безопасность, ресурсосбережение, экология: сборник докладов. 2015. С. 87–93.
5. Best Available Techniques (BAT) for Preventing and Controlling Industrial Pollution, Activity 2: Approaches to Establishing Best Available Techniques Around the World, Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD. 2018. 151 p.
6. Технические и экологические аспекты ликвидации твердотопливных межконтинентальных баллистических ракет: монография / Под общ. ред. член-корр. РАН, д.т.н., проф. М.И. Соколовского и д.м.н., проф. Я.И. Вайсмана. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. 635 с.
7. Терзезман А.В., Терзезман М.Ю., Епифанов В.Б. Проблемы утилизации порохов и твердых топлив с истекшим сроком гарантированного хранения // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXV Международной научно-практической конференции (Тула, 13 мая 2019 года) / Под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Издательство «Инновационные технологии», 2019. С. 37–40.
8. National Research Council. Disposal Options for the Rocket Motors From Nerve Agent Rockets Stored at Blue Grass Army Depot. Washington, DC: The National Academies Press. 2012. DOI: 10.17226/13439.
9. Терзезман А.В., Терзезман М.Ю., Епифанов В.Б., Ногачева Э.Р. Заряды гражданского назначения из утилизируемых энергонасыщенных материалов // Химическая промышленность сегодня. 2019. № 5. С. 56–61.
10. Духинов В.В., Епифанов В.Б. Заряды из утилизируемых баллистических твердых ракетных топлив для геофизических работ, а также для взрывных работ на открытых карьерах // Научные труды «Практические решения в технологии переработки полимерных и композиционных материалов», 2017. С. 178–186.
11. Игнатов В.И. Отраслевая системы утилизации отходов как эффективный инструмент механизма решения проблемы утилизации отходов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 128. С. 122–134. DOI: 10.21515/1990-4665-128-006.
12. Карманова С.В. Повышение эффективности процессов утилизации корпусов ракетных двигателей на твердом топливе. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2003. 92 с.
13. Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Технология пиролиза органических материалов: монография. Тверь: ТГТУ, 2010. 124 с.
14. Мелешко В.Ю., Кирий Г.В. Ликвидация и утилизация ракетных топлив и зарядов. М.: Изд-во ВА РВСН им. Петра Великого, 1998. 115 с.
15. Лобковский С., Шайдурова Г., Зубарев С. Исследование технологии утилизации отходов, образующихся при производстве корпусов ракетных двигателей из полимерных композиционных материалов // Экология и промышленность России. 2016. V. 20(11). P. 10–15. DOI: 10.18412/1816-0395-2016-11-10-15.
16. Утилизация твердотопливных ракетных двигателей (РДТТ) / под общ. ред. Н.П. Кузнецова; Ин-т компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика». Москва-Ижевск, 2008. 512 с.
17. Наумов П.Н., Мелешко В.Ю., Прокуровский А.В. Проблемы обеспечения экологической безопасности при ликвидации крупногабаритных зарядов СРТТ // Внутрикамерные процессы, горение и газовая динамика дисперсных систем: матер. 4-й Международ. школы-семинара. Т. 2. СПб., 2004. С. 196–199.
18. Мелешко В.Ю., Забелин Л.В., Гафиятуллин Р.В., Поник А.Н. Основы промышленной технологии утилизации крупногабаритных твердотопливных зарядов. М.: Недра-Бизнесцентр, 2004. 226 с.
19. Минаев В.И. Применение безотходных технологий в решении экологических, продовольственных и социальных проблем // Новые технологии газовой, нефтяной промышленности, энергетики и связи. 2015. Т. 22. С. 266–272.
20. Андропова М.А. Утилизация твердого ракетного топлива в качестве сырья для крематора биологических отходов // Человек в природном, социальном и социокультурном окружении: материалы III межрегиональной студенческой научно-практической конференции. (Ижевск, 05 апреля 2019 года). Ижевск: Частное образовательное учреждение высшего образования «Восточно-Европейский институт», 2019. С. 101–105.
21. Павловец Г.Я., Чуйко С.В., Мелешко В.Ю., Кочелавская В.С., Сизова А.А. Утилизация продуктов сгорания, образующихся при сжигании зарядов твердых ракетных топлив // Химическая безопасность. 2018. Т. 2. № 1. С. 170–179. DOI: 10.25514/CHS.2018.1.12891.
22. Disposal Options for the Rocket Motors From Nerve Agent Rockets Stored at Blue Grass Army Depot. Washington, DC: The National Academies Press. DOI: 10.17226/13439.
23. Шартдинов А.Ш., Квятковская А.С., Эпимахов Н.Л., Силантьева Л.Я. Применение синтез-газа для производства альтернативных источников энергии // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 3. С. 106–111.
24. Лукьянов С.О., Кужаева А.А. Особенности получения синтез-газа // Современное общество: глобальные и региональные процессы: материалы IV международной научной конференции. Научно-издательский центр «Открытие». 2019. С. 20–24.

УДК 519.677

КОМПОЗИЦИЯ МАМДАНИ В МОДЕЛЯХ НЕЧЕТКОГО АНАЛИЗА КАК НЕЧЕТКИЙ АНАЛОГ ПОДСТАНОВОК ЗАВИСИМОСТЕЙ

Шилова С.В., Бурмистрова О.Н.

ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет»,
Ухта, e-mail: sshilova@bk.ru

Проблематика при прогнозировании фильтрационно-емкостных параметров, включающих в себя характеристики нефтегазонасности, на сегодняшний день является важной и научно значимой, так как основана на эффективности и достоверности подсчетных параметров углеводородного сырья месторождений на разных стадиях их исследования. Между тем зачастую исследуемые параметры неоднозначно определены в модели среды. Связь фильтрационно-емкостных параметров можно выразить через их нечеткое отношение, оценив их значимость в результате эксперимента. Если задано несколько (например, два) универсумов, или переменных, на которых определены нечеткие величины, то между ними может быть установлена связь, которая определена функцией принадлежности. Вся математическая модель строится на нечеткой свертке (композиции), где выполняемый процесс математического моделирования сводится к построению правила нечеткого логического вывода Мамдани. Данный подход основан на технологическом приеме нечеткого моделирования, смысловым атрибутом которого являются экспериментальные данные, используемые для обучения, и рассматриваются как отношения нечетких величин с последующим исследованием в качестве прогнозного правила нечеткого логического вывода Мамдани. В статье описан процесс прогнозирования фильтрационно-емкостных параметров по петрофизическим параметрам на основе метода нечеткого логического вывода. Метод, основанный на нечетком моделировании, сохраняет структуру и неопределенность данных. В статье также описан процесс прогнозирования емкостного параметра при заданном распределении двух параметров.

Ключевые слова: нечеткие отношения, неопределенность данных, математическое моделирование, прогнозирование фильтрационно-емкостных параметров, функция принадлежности

MAMDANI'S COMPOSITION IN FUZZY ANALYSIS MODELS AS A FUZZY ANALOGUE OF DEPENDENCE SUBSTANCES

Shilova S.V., Burmistrova O.N.

Ukhta State Technical University, Ukhta, e-mail: sshilova@bk.ru

Problems in predicting filtration-capacity parameters, including oil and gas characteristics, is currently important and scientifically significant, since it is based on the efficiency and reliability of the calculated parameters of hydrocarbon raw materials from fields at different stages of their study. Meanwhile, the investigated parameters are often ambiguously defined in the model of the environment. The relationship between the filtration-capacitive parameters can be expressed through their fuzzy ratio, evaluating their significance as a result of the experiment. If several (for example, two) universes are given, or variables on which fuzzy quantities are determined, then a connection can be established between them, which is determined by the membership function. The entire mathematical model is built on a fuzzy convolution (composition), where the performed process of mathematical modeling is reduced to building the Mamdani fuzzy inference rule. This approach is based on the technological method of fuzzy modeling. The semantic attribute of which is the experimental data used for training and is considered as a ratio of fuzzy values with subsequent research as a predictive rule of fuzzy inference Mamdani. The article describes the process of forecasting the reservoir parameters by petrophysical parameters based on the method of fuzzy inference. The method based on fuzzy modeling preserves the structure and uncertainty of the data. The article also describes the process of predicting the capacitive parameter for a given distribution of two parameters.

Keywords: fuzzy relations, data uncertainty, mathematical modeling, forecasting of filtration-capacitive parameters, membership function

Проблематика при прогнозировании фильтрационно-емкостных параметров, включающих в себя характеристики нефтегазонасности, на сегодняшний день является важной и научно значимой, так как основана на эффективности и достоверности подсчетных параметров углеводородного сырья месторождений на разных стадиях их исследования. Однако зачастую исследуемые параметры неоднозначно определены в модели среды. На практике геолого-геофизические данные представлены нерегулярностью наблюдений исследований, для них характерны негустая сеть, разброс по вер-

тикали и горизонталь, что в свою очередь влияет на уменьшение плотности данных. Принятие для разных интервалов одного правила, например регрессионной модели, приводит к появлению неконтролируемых ошибок. Альтернативным методом моделирования является композиция Мамдани в моделях нечеткого анализа [1].

Если задано несколько (например, два) универсумов, или переменных $\{X^1, X^2, \dots, X^N\}$, на которых определены нечеткие величины $\mu_{X^i}(x^i)$, то между ними может быть установлена связь, которая определена новой функцией принадлежности,

содержащей все либо часть нечетких переменных $x^i : \mu_{\{X^1, X^2, \dots, X^N\}}(x^i, i = 1 \div N)$. Эта функция принадлежности определяет отношение между нечеткими величинами $\{X^1, X^2, \dots, X^N\}$. В качестве примера такого нечеткого отношения может служить отношение, устанавливаемое результатами наблюдений [2], например, между параметрами пористости и проницаемости горных пород в пределах однородно слагающих пластов-коллекторов. Методом построения нечетких отношений могут служить введенные выше операции объединения, пересечения, дополнения нечетких множеств, выраженные через функции принадлежности:

$$\begin{aligned} \mu_{\mathfrak{R}}(x) &= \max \{ \mu_A(x), \mu_{\mathfrak{R}}(x) \} = \\ &= \mu_A(x) \vee \mu_{\mathfrak{R}}(x), \\ \mu_{\mathfrak{R}}(x) &= \max \{ \mu_A(x), \mu_{\mathfrak{R}}(x) \} = \\ &= \mu_A(x) \wedge \mu_{\mathfrak{R}}(x). \end{aligned} \quad (1)$$

Введенные алгебраические операции также служат примером отношений между двумя нечеткими величинами (бинарные отношения). Это нечеткие отношения между двумя нечеткими величинами, формирующими третью нечеткую величину. Понятие отношения между нечеткими величинами реализует понятие связи между переменными на нечеткий случай.

Нечеткие отношения между нечеткими величинами, определенными функциями принадлежности $m_A(x^i)$ и $m_M(x^j)$, определяют нечеткую величину $\mathfrak{R} = A * M$, образованную переменными $z = \{x^i, x^j\}$ с функцией принадлежности $\mu_{\mathfrak{R}}(x^i, x^j)$. При нечетком моделировании допустимы введенные выше операции:

пересечения:

$$m_B(x^i, x^j) = \min \{ m_A(x^i); m_M(x^j) \}, \quad (2)$$

объединения:

$$m_B(x^i, x^j) = \max \{ m_A(x^i); m_M(x^j) \}, \quad (3)$$

разности:

$$m_B(x^i, x^j) = \max \{ m_A(x^i) - m_M(x^j) \}. \quad (4)$$

Помимо логических операций, над отношениями, определенными на одном и том же универсуме, могут быть введены операции композиции между двумя бинарными (содержащими два параметра) отношениями $\mu_A(x, y)$ и $\mu_M(y, z)$, а также операция между бинарным отношением $\mu_A(x, y)$ и функцией принадлежности нечеткой величины $\mu_M(x)$. Эти композиции играют особо значимую роль в последующих построениях.

Материалы и методы исследования

Важной задачей в развиваемых далее методах прогноза фильтрационно-емкостных параметров, основанных на нечеткой математике, является расчёт функции принадлежности для нечетких отношений. Иными словами, по известному и достоверному отношению двух нечетких величин с использованием функции принадлежности выполняется анализ достоверности, позволяющий в дальнейшем построить дефазификацию имеющейся связи и поискового параметра. Рассмотрим математическую модель со следующими переменными: имеются нечеткие отношения $\mu_A(x, y)$ для переменных (x, y) и определена функция принадлежности $\mu_M(x)$. Следует дать оценку для функции принадлежности $\mu_{A*M}(y)$. Здесь, символом А обозначена нечеткая переменная двух аргументов (x, y) , образующих нечеткое отношение $\mu_A(x, y)$; символом М – нечеткая переменная x ; $A * M$ – символ композиции нечетких переменных А и М, определяющий независимую переменную y , полученный по итогам расчета. Процедура такого вычисления $\mu_{A*M}(y)$ называется композицией нечеткого отношения и нечеткой величины. В литературе подобный подход встречается под термином «правило нечеткого логического вывода». В практике данный подход рассматривается как расчет значений переменной y , по известной связи между x и y , и заданной нечеткой переменной x .

Для реализации метода нечеткого логического вывода используются следующие операции:

Правило нечеткого логического вывода Мамдани [3]:

$$\mu_{A*M}(y) = \max \{ \min [\mu_M(x), \mu_A(x, y)] \},$$

или

$$\mu_{A*M}(y) = \bigcup_x (\mu_M(x) \cap \mu_A(x, y)). \quad (5)$$

Операция Max-prod композиция:

$$\mu_{A*M}(y) = \max_x [\mu_M(x) \times \mu_A(x, y)].$$

Операция Min-max композиция:

$$\mu_{A*M}(y) = \min_x \{ \max [\mu_M(x) \times \mu_A(x, y)] \}.$$

Операция Max-max композиция:

$$\mu_{A*M}(y) = \max_x \{ \max [\mu_M(x), \mu_A(x, y)] \}.$$

Операция Min-min композиция:

$$\mu_{A*M}(y) = \min_x \{ \min [\mu_M(x), \mu_A(x, y)] \}.$$

Операция Min-average композиция:

$$\mu_{A^*M}(y) = 0.5 \{ \max [\mu_M(x) + \mu_A(x, y)] \}.$$

Полезной является следующая аналогия.

Если $\mu_A(x, y)$ рассматривать как матрицу A , со значениями $a_{ij} = m_A(x_i, y_j)$, где (x_i, y_j) – значения переменных в узлах $M_i N_j$ сетки, а вектор $b = \{b_i\}, b_i = m_M(x_i)$, то соотношением Ab определен вектор $c = \{c_j\}$. По правилам линейной алгебры: $c = Ab = e_i a_{ij} b_j = c_j$ будет в точности определять $\mu_{A^*M}(y)$, если операцию умножения воспринимать как логическое умножение: $a_{ij} b_j = \min(a_{ij}, b_j)$, а сложение – как логическое объединение: $e_i c_j = \max c_j$.

Таким образом, операция (5) соответствует обычным алгебраическим правилам умножения матрицы на вектор, с заменой алгебраических операций на их логические аналоги.

При моделировании особое внимание уделяется построенной композиции между двумя нечеткими отношениями $\mu_A(x, y)$ и $\mu_M(x, y)$. Процедура вычисления выполняется подстановкой в четкое уравнение переменных (x, y) и уравнения между другой парой переменных (y, z) . Целевой за-

дачей является исключение из результата переменной y и получение уравнения связи между (x, z) [4]. Выполнение данной выполняется с помощью *формулы Мамдани*:

$$\mu_{A^*R}(x, z) = \max_y \{ \min [\mu_A(x, y), \mu_R(y, z)] \}. \quad (6)$$

По приведенной выше аналогии с матрицами расчет по формуле (6) в точности соответствует умножению матриц $A = \{a_{ij} = m_A(x_i, y_j)\}; G = \{g_{jk} = m_B(y_j, z_k)\}$ с заменой алгебраических операций умножения и сложения на логические – пересечения и объединения, тождественные вычислению минимума и максимума.

Предположим, что следует установить отношение между переменными (x, z) по известному отношению $\mu_A(x, y)$ и $\mu_R(y, z)$. Определим переменные: x – коэффициент пористости, выполненный по данным ГИС; z – коэффициент проницаемости. Кроме этого, определена связь $\mu_A(x, y)$ между x и промежуточным параметром y и $\mu_R(y, z)$, характеризующая отношение между y и z .

Определим следующий алгоритм расчета функции принадлежности для отношений: по исходной функции принадлежности $\mu_M(x)$ и $\mu_A(x, y)$ рассчитаем

$$\mu_{A^*M}(y) = \max_x \{ \min [\mu_M(x), \mu_A(x, y)] \} = \cup_x (\mu_M(x) \cap \mu_A(x, y)). \quad (7)$$

По вычисленной $\mu_{A^*M}(y)$ и заданному отношению $\mu_R(y, z)$ получаем

$$\mu_{A^*M^*R}(z) = \max_y \{ \min [\mu_{A^*M}(y), \mu_R(y, z)] \} = \cup_y (\mu_{A^*M}(y) \cap \mu_R(y, z)). \quad (8)$$

Подставляя (7) для $\mu_{A^*M}(y)$ в (8), получаем

$$\begin{aligned} \mu_{A^*M^*R}(z) &= \cup_y (\cup_x (\mu_M(x) \cap \mu_A(x, y)) \cap \mu_R(y, z)) = \\ &= \cup_x (\cup_y (\mu_M(x) \cap \mu_A(x, y)) \cap \mu_R(y, z)) = \\ &= \cup_x \{ [\cup_y (\mu_M(x, y) \cap \mu_R(y, z))] \cap \mu_M(x) \}. \end{aligned} \quad (9)$$

Определив

$$\mu_{A^*R}(x, y) = \left[\cup_y (\mu_A(x, y) \cap \mu_R(y, z)) \right], \quad (10)$$

получаем для $\mu_{A^*M^*R}(z)$:

$$\mu_{A^*M^*R}(z) = \max_z \{ \min [\mu_{A^*R}(x, z), \mu_R(y, z), \mu_R(y, z)] \}. \quad (11)$$

Проведенные исследования тождественно отображают (5), в результате чего можно сделать вывод, что композиция Мамдани (10) отношений $\mu_A(x, y)$ и $\mu_R(y, z)$ имеет смысл аналогичный подстановке уравнений для исключения общих повторяющихся переменных.

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Представленные математические аспекты использования правил нечеткой математики для нечеткого моделирования в нефтегазовой геологии и анализа неопределенных нечетких данных результатов экспериментов играют значимую роль

при обработке и интерпретации сложно-построенных сред, с целью оценки достоверности построения прогнозных задач. Приведем типичные примеры работы операции композиции Мамдани.

На рис. 1 и 2 приведены исходные данные и их нечеткие модели для отношений $\mu_A(x, y)$ и $\mu_R(y, z)$.

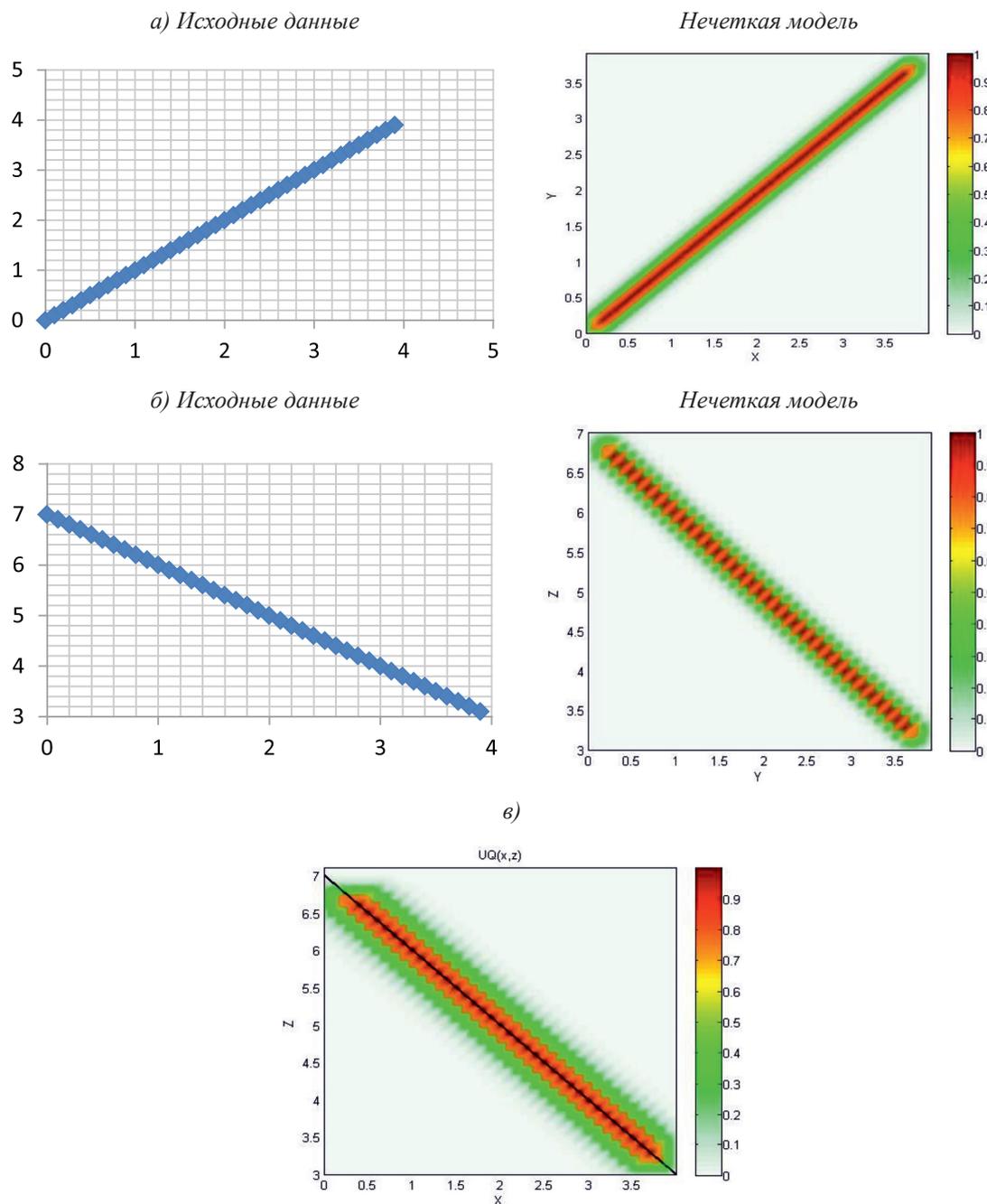


Рис. 1. Демонстрация нечеткого моделирования для линейных зависимостей:
а) модель для отношения $\mu_A(x, y)$; б) модель для отношения $\mu_R(y, z)$;
в) композиция Мамдани $\mu_{A * M * R}(z)$ этих отношений

Для нелинейных зависимостей:

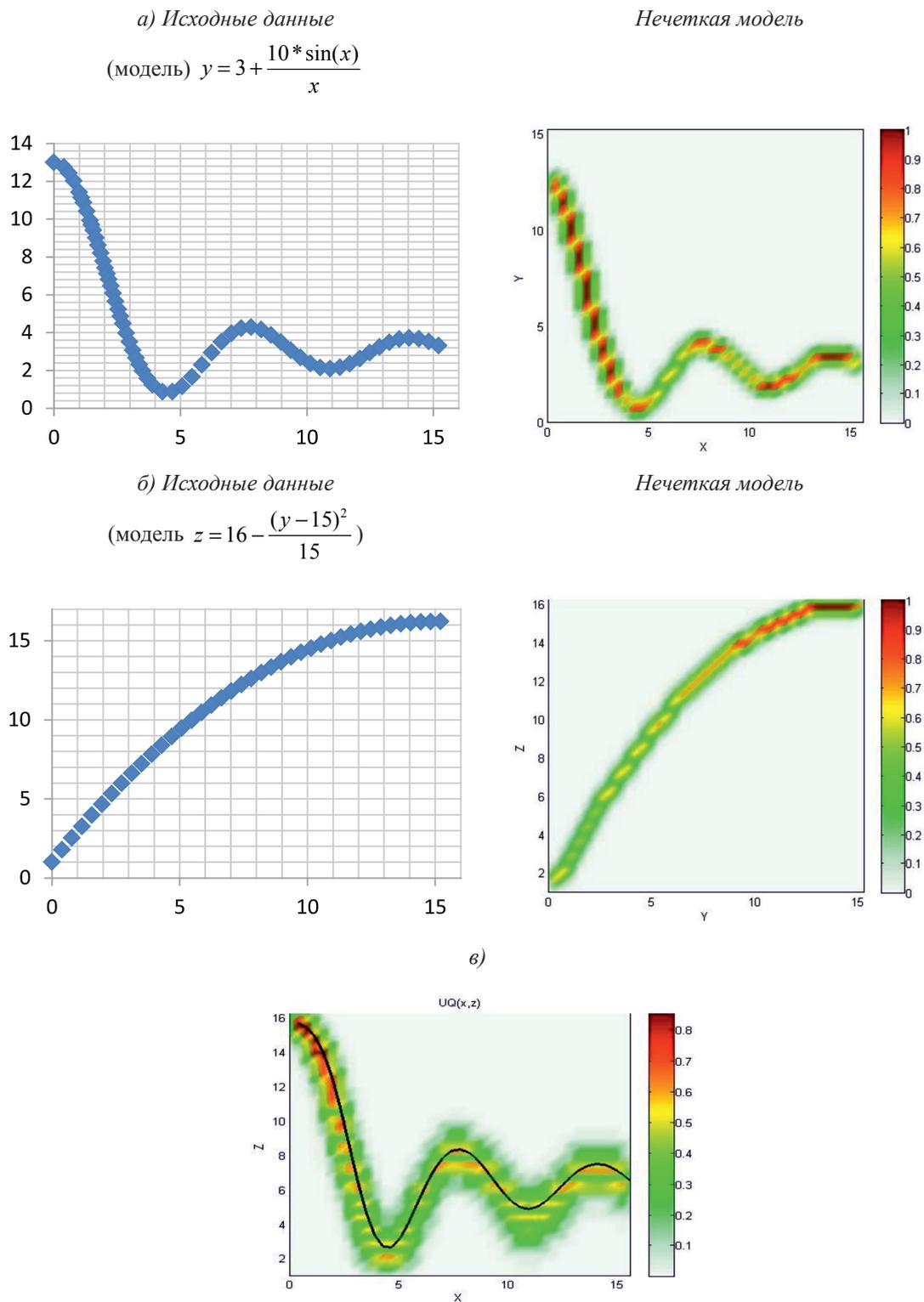


Рис. 2. Демонстрация нечеткого моделирования для нелинейных зависимостей:
а) модель для отношения $\mu_A(x, y)$; б) модель для отношения $\mu_B(y, z)$;
в) композиция Мамдани $\mu_{A \circ M \circ B}(z)$ этих отношений

Заключение

Проведенные исследования полностью нашли свое подтверждение в справедливости использования при нечетком моделировании композиции Мамдани. Предлагаемая технология играет важную роль для установления отношений между величинами, характеризующими петрофизические и геофизические свойства горных пород в моделях нечеткого анализа. Однако при такой постановке может быть введена и альтернативная операция композиции \max^* :

$$\mu_{A^*M}(x, z) = \max_y \{[\mu_A(x, y) * \mu_M(y, z)]\}. \quad (12)$$

Роль символа «*» играет некоторая операция, например умножение.

В источнике [4] подробно продемонстрировано явное преимущество композиции Мамдани в сравнении с альтернативными способами.

Анализируя приведенные алгебраические вычисления, обозначив композицию между двумя бинарными отношениями, можно сделать вывод, что она ассоциативна, дистрибутивна относительно нечеткого объединения. При вычислении функции от каждой из переменных, входящих в нечеткое отношение, порядок композиции не имеет значения, т.е. отношение является инвариантом, что особо важно при формировании графов прогноза параметров.

Полученные композиции Мамдани применительны и к другим геофизическим параметрам, как, например, сейсмические атрибуты и петрофизические характеристики геологической среды. В результате выполнения прогноза они имеют оценку, ранжированную по достоверности, что позволит более точно решать такие задачи, как подсчет запасов углеводородов, изучение и исследование процесса вытеснения углеводородов в коллекторах, определение и контроль перемещения водонефтяного и газожидкостного контакта в пласте, а также оценки перспектив нефтегазосности [5].

Список литературы

1. Кобрунов А.И., Дорогобед А.Н., Кожевникова П.В. Метод нечеткого логического вывода и информационная обеспеченность результатов моделирования в нефтегазовой геологии // Геоинформатика. 2016. № 2. С. 35–40.
2. Кобрунов А.И., Кожевникова П.В. Теоретические основы при прогнозировании параметров геологических сред в условиях неопределенности // Фундаментальные исследования. 2015. № 5–3. С. 506–510.
3. Mamdani E.H. Twenty years of fuzzy control: experiences gained and lessons learned, IEEE Internat. Conf on Fuzzy Systems, 1993. P. 339–344.
4. Кобрунов А.И. Математические методы моделирования в прикладной геофизике (избранные главы). В 2 ч. Ч. 1. Функционально-аналитические основы (учебное пособие). Ухта: УГТУ, 2014. 224 с.
5. Шилова С.В., Ломинский Д.О. Математическое моделирование при прогнозировании фильтрационно-емкостных свойств нефтегазовых коллекторов // ИТ АРКТИКА (ИТ архитектура, коммуникации, технологии, информация, комплексная автоматизация). 2019. № 4. С. 62–75.

УДК 004.75

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ГЕОПОРТАЛЬНЫХ СИСТЕМ

¹Ямашкин С.А., ¹Ямашкин А.А., ²Ямашкина Е.О.

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: yamashkinsa@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва

В статье дана характеристика проекту, посвященному решению научной проблемы анализа производительности и оптимизации высоконагруженных геопортальных систем как узлового компонента цифровых инфраструктур пространственных данных, формируемых на основании того, что для оптимизации процессов хранения и эффективного использования пространственных данных ИПД должна содержать связанные с ними программные интерфейсы подсистемы хранения, анализа и синтеза, визуализации и распространения пространственных данных. Для решения задачи анализа производительности и оптимизации высоконагруженных геопортальных систем разработана методика расчета интегральной оценки производительности. Данный показатель является прикладным, количественным и интерпретируемым. Он решает недостатки методики Apdex, заключающиеся в недостаточной гибкости аппарата и ориентации главным образом на показатели отклика системы. На основании определенных правил значения производительности системы могут быть сопоставлены с интерпретируемыми с позиции «хорошо» – «плохо» терминами. Во второй части статьи дан перечень рекомендаций по развертыванию геопортальных систем, позволяющих повысить их надежность и отказоустойчивость, посредством которого достигаются следующие свойства геопортальной системы: устойчивость при падении отдельного сервера, а также при недоступности дата-центра любого региона; автоматическая перестройка репликации и балансировки; возможность автоматического развертывания новых окружений для разработки при создании новых ветвей; непрерывная интеграция и разработка через тестирование; развертывание новых версий без простоя.

Ключевые слова: инфраструктура пространственных данных, геопортал, анализ производительности, оптимизация, высоконагруженные системы

PERFORMANCE ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF HIGH-LOADED GEOPORTAL SYSTEMS

¹Yamashkin S.A., ¹Yamashkin A.A., ²Yamashkina E.O.

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«National Research Ogarev Mordovian State University», Saransk, e-mail: yam-ashkinsa@mail.ru;

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«MIREA – Russian Technological University», Moscow

The article describes a project dedicated to solving the scientific problem of performance analysis and optimization of highly loaded geoportal systems, as a nodal component of digital infrastructures of spatial data, formed on the basis that for optimization of storage processes and effective use of spatial data, SDI should contain related software interfaces of the subsystem of storage, analysis and synthesis, visualization and distribution of spatial data. To solve the problem of performance analysis and optimization of highly loaded geoportal systems, a methodology for calculating the integral performance assessment has been developed. This indicator is applied, quantitative and interpretable. It solves the disadvantages of the Apdex technique, which are the lack of flexibility of the apparatus and focus mainly on the performance of the system's response. Based on certain rules, the values of system performance can be compared with terms interpreted from the standpoint of «good» – «bad». In the second part of the article, a list of recommendations for the deployment of geoportal systems is given, which makes it possible to increase their reliability and fault tolerance and through which the following properties of a geoportal system are achieved: stability when a separate server falls, as well as when a data center of any region is unavailable; automatic rebuilding of replication and balancing; the ability to automatically deploy new development environments when creating new branches; continuous integration and test-driven development; deploying new versions without downtime.

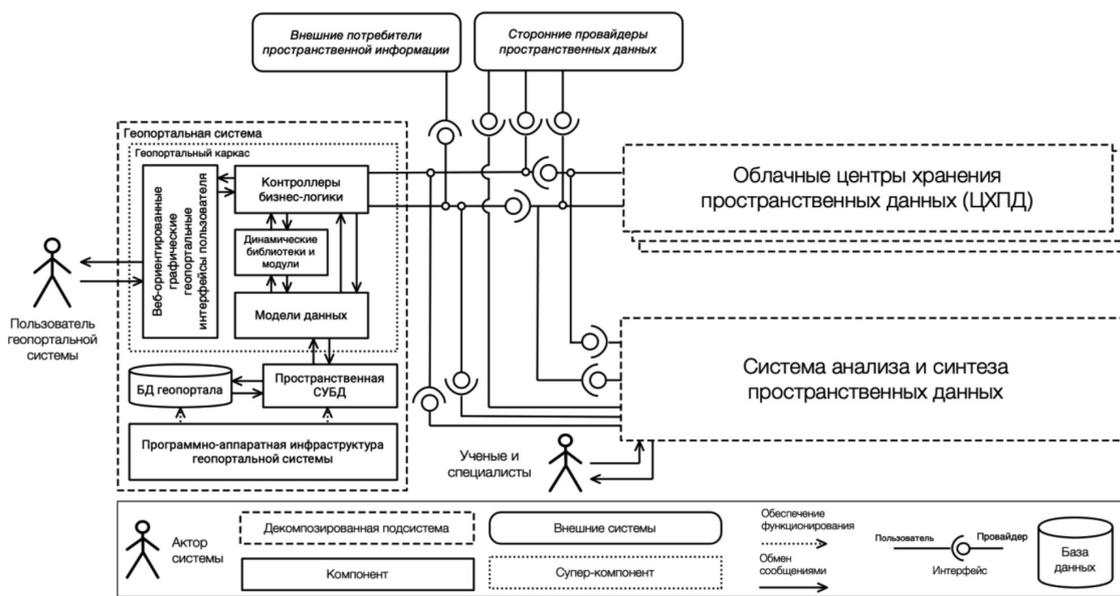
Keywords: spatial data infrastructure, geoportal, performance analysis, optimization, high-load systems

Геопорталы как внешний компонент цифровых инфраструктур пространственных данных (ИПД) относятся к классу распределенных веб-систем и, следовательно, наследуют их характерные особенности. В частности, этот факт накладывает отпечаток на нефункциональные требования, предъявляемые к геопортальным системам [1]. Так, с точки зрения безопасности важно обеспечение свойств конфиден-

циальности (защиты от несанкционированного доступа), доступности (защиты при параллельном доступе к ресурсам) и целостности (сохранности данных) системы. Актуальной задачей при проектировании геопорталов является проблема обеспечения качества обслуживания, заключающаяся в необходимости выполнения определенного набора клиентских требований.

Качественное требование масштабируемости определяет способность геопортальной системы отвечать на вызовы роста функциональности и увеличения рабочей нагрузки [2]. При этом целесообразно, чтобы время поиска по базам геопространственных данных не росло экспоненциально при увеличении объема накапливаемой информации о природно-социально-произ-

пространения пространственных данных (рисунок). Роль компонента, выполняющего две последние функции, традиционно возлагается на геопортальные системы [3]. Внешними компонентами по отношению к ИПД при этом выступают ее ключевые акторы: пользователи геопортальных систем, ученые и специалисты, потребители и провайдеры геопространственных данных [4].



Геопортальная система как узловой компонент цифровой инфраструктуры пространственных данных

водственных системах, а величина использования ресурсов не увеличивалась бесконтрольно с ростом количества пользователей.

Данная публикация посвящена решению научной проблемы анализа производительности и оптимизации высоконагруженных геопортальных систем, которая неизбежно возникает в рамках процессов итерационной разработки, внедрения и технической поддержки геопортальных систем и связана с необходимостью получения интегральной оценки производительности.

Материалы и методы исследования

Анализ опыта построения проектно-ориентированных цифровых ИПД показывает, что процесс формирования архитектуры систем данного класса должен быть основан на положении о том, что для оптимизации процессов хранения и эффективного использования пространственных данных ИПД должна содержать связанные за счет программных интерфейсов подсистемы хранения, анализа и синтеза, визуализации и рас-

При первичном развертывании геопортала необходимо иметь гарантии устойчивости системы к нагрузкам определенного уровня и обеспечения при этом необходимой производительности (задача первого типа). Для достижения обозначенной цели требуется последовательно решить задачи, направленные на: 1) определение целевой производительности P_i геопортальной системы на основе формализованного набора критериев; 2) проведение нагрузочного тестирования, оценку фактической производительности P_f и сравнение ее с целевыми показателями; 3) развертывание геопортала, оценку производительности при условии работы реальных пользователей P_r и сопоставление полученных показателей с целевыми.

При наличии рабочего геопортального решения может потребоваться решение задачи второго типа: достижение повышения текущей производительности посредством оптимизации текущей версии геопортальной системы на основе последовательного решения следующих задач: 1) интегральная оцен-

ка текущей производительности системы P_{r1} ; 2) выявление узких мест геопортальной системы, ее программно-аппаратных компонентов, особенности функционирования которых ограничивают возможность достижения целевых показателей производительности P_j ; 3) оптимизация системы с последующей оценкой производительности новой версии P_{r2} и сравнение полученного результата с целевым показателем P_r .

Для решения обозначенных выше задач необходимо определить методику формирования оценки производительности P . Данный показатель должен быть прикладным (отражающим реальную неабстрактную производительность геопортальной системы), интегральным (учитывающим все ключевые аспекты работы системы и варианты ее использования); количественным (измеряющимся в числах для обеспечения возможности сравнения производительности при разных условиях для различных версий системы); интерпретируемым (определяемым в терминах «хорошо» – «плохо»).

Примем за множество ключевых операций геопортальной системы Op совокупность из конечного числа n операций, являющихся критичными для функционирования инфраструктуры пространственных данных, недостаточная производительность которых ведет к потерям различного типа. Отдельного внимания при этом заслуживают операции, выполняемые параллельно большим количеством пользователей.

$$Op = \{op_i | i \in \mathbb{N} \wedge i \leq N\}.$$

Далее решение задачи анализа производительности геопортальной системы с целью оптимизации ее функционирования в условиях высокой нагрузки будем проводить с позиции исследования особенностей выполнения ключевых операций.

Отметим, что для оценки производительности корпоративных систем в условиях высокой нагрузки существуют известные методики и стандарты. Так, методика Apdex (Application Performance Index, или индекс производительности приложений) представляет собой международный открытый стандарт [5], разработанный для решения задачи объективной оценки производительности информационных систем разного класса и позволяющий свести к простому значению разнородные факторы и статистические данные о производительности информационной системы. К положительным особенностям рассматриваемого аппарата следует отнести ранжирование анализируемых операций по приоритетности, учет объективных фактических данных, интуитивную понят-

ность оценки для конечных пользователей системы и ее владельцев. Однако у данного подхода есть и недостатки, заключающиеся в недостаточной гибкости аппарата и ориентации главным образом на показатели отклика системы.

Результаты исследования и их обсуждение

Приведем последовательность шагов по формированию методики объективной оценки производительности геопортальной системы. Для каждой ключевой операции op_i определим приоритет π_i , выражаемый натуральным числом, обратно пропорциональным важности ключевой операции и позволяющим отсортировать операции в порядке критичности влияния качества их производительности на работу геопортальной системы в целом.

Следующим этапом необходимо собрать данные о производительности для каждой ключевой операции op_i , которые должны быть зафиксированы в виде множества показателей производительности операции T_i , имеющего мощность m :

$$T_i = \{\tau_{ij} | j \in \mathbb{N} \wedge j \leq M\}.$$

Показатель производительности τ_{ij} при этом должен быть выражен численным значением: это могут быть замер времени выполнения ключевой операции, показатель отказов, факт запуска определенного сценария и активации условий, число ошибок и т.д. Также каждому показателю производительности τ_{ij} может быть задан приоритет π_{ij} , указывающий на важность критерия. Для каждого показателя производительности τ_{ij} определим получаемое на основе функций $f_{ij}: \tau_{ij} \rightarrow X_{ij}$ конечное число утверждений, характеризующих кластеризованные по определенному принципу значения набора показателей производительности:

$$X_{ij} = \{x_{ij(k)} | k \in \mathbb{N} \wedge k \leq K\}.$$

Каждому утверждению x_{ijk} сопоставим значение фактора влияния риска ω_{ijk} . Значениям каждого показателя производительности должно быть сопоставлено минимум два утверждения: x_{ij0} , для которого $\omega_{ij0} = 0$ (для случая, при котором наступает отрицательное влияние на работу геопортальной системы), и x_{ij1} , для которого $\omega_{ij1} = 1$ (для положительного результата). Дополнительно можно определить конечное число утверждений x_{ijk} с факторами влияния риска ω_{ijk} , характеризующими состояния различной степени умеренности, причем исход можно считать тем более положительным, чем больше принятое для него значение ω_{ijk} .

Обозначим через N_{ijk} количество исходов за серию испытаний, приведших к получению утверждения x_{ijk} . Таким образом, проведя серию из L наблюдений относительно выполнения операций op_i , с точки зрения оценки показателя производительности τ_{ij} , можно дать оценку производительности $P_{\Sigma ij}$ относительно операции i с точки зрения показателя j для анализируемой геопортальной системы:

$$P_{\Sigma ij} = \frac{\sum_{k=0}^{K-1} \omega_{ijk} N_{ijk}}{\sum_{k=0}^{K-1} N_{ijk}} : (\omega_{ij0} = 0) \wedge (\omega_{ij(K-1)} = 1) \wedge (0 < \omega_{ij(k-1)} < 1 : k \in (1, K-1)).$$

Показатель производительности $P_{\Sigma ij}$ при этом будет измеряться в интервале от нуля (худший, неудовлетворительный исход) до единицы (идеальный тест).

Интерес представляет альтернативный показатель, выстраиваемый по принципу гистограмм P_{Hij} и характеризующий распределение количества показателей производительности при сериях из L_{ij} испытаний по A_{ij} группам. Для его расчета определим через $\tau_{ij(L)}$ вектор, сформированный на основе значений параметров τ_{ij} , полученных на основе L_{ij} испытаний.

$$P_{Hij} = \left\{ h_{ija} = \sum_{l=1}^{L_{ij}} \tau_{ijl} \begin{cases} \tau_{ijl} \geq \min(\tau_{ij(L_{ij})}) + (a-1)\sigma \\ \tau_{ijl} < \min(\tau_{ij(L_{ij})}) + a\sigma \\ \wedge (a \in \mathbb{N} \wedge a \leq A_{ij}) \\ \wedge \sigma = \frac{(\max(\tau_{ij(L_{ij})}) - \min(\tau_{ij(L_{ij})}))}{A_{ij}} \end{cases} \right\}.$$

При этом количество групп A может быть подобрано вручную с целью повышения информативности метрики или определено на основе правила. Так, согласно правилу Стёржеса [6], количество групп зависит от объема данных:

$$A_{ij} = \lfloor 1 + \log_2 L_{ij} \rfloor.$$

Однако это правило не годится для искаженных наборов данных и может быть модифицировано с целью учета особенностей выборок с нестандартным распределением вероятности путем учета коэффициента асимметрии g_{ij} и стандартного отклонения $\sigma_{g_{ij}}$.

$$A_{ij} = 1 + \left\lfloor \log_2 L_{ij} \left(1 + \frac{|g_{ij}|}{\sigma_{g_{ij}}} \right) \right\rfloor.$$

Для интегральной оценки $P_{\Sigma i}$ производительности ключевой операции op_i относительно всего множества показателей производительности T_i можно прибегнуть к использованию агрегатных функций, например взятию минимума.

$$P_{\Sigma i} = \min_{1 \leq j \leq M} P_{\Sigma ij} \left[\pi_{ij} \geq \pi_{ij(\min)} \right].$$

В этом случае значение $P_{\Sigma i}$ будет равно худшей оценке производительности ключевой операции op_i относительно каждого критерия из множества T_i , что позволяет метрике давать характеристику надежности геопортальной системы относительно информации о значении наиболее низкого показателя производительности и характеризует наиболее узкое место в системе. Учитывая значения $\pi_{ij(\min)}$ (пороговый значимый приоритет), можно отсеять при этом операции определено низкой значимости и не учитывать их производительность.

$$P = \langle P_{\Sigma}, P_H \rangle = \left\langle \begin{bmatrix} P_{\Sigma 1} \\ P_{\Sigma 2} \\ \dots \\ P_{\Sigma N} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} P_{H1} \\ P_{H2} \\ \dots \\ P_{HN} \end{bmatrix} \right\rangle.$$

На основании определенных правил значения производительности системы P могут быть сопоставлены с интерпретируемыми с позиции «хорошо» – «плохо» терминами.

Представим далее перечень рекомендаций по развертыванию геопортальных систем, позволяющих повысить их надежность и отказоустойчивость:

1) развертывание и настройка облачных мультимодельных хранилищ данных [7] в нескольких регионах, а также узлов с геопортальным фреймворком в разных зонах доступности с балансировкой нагрузки над ними и оркестрацией узлов;

2) организация инструментария жизненного цикла геопортальной системы, представляющего возможности для управления репозиторием, отслеживания ошибок, непрерывной интеграции;

3) проведение юнит- и функциональных тестов в изолированном окружении, мониторинг и отслеживание статусов геопортальных сервисов и серверов и сетевого оборудования, сбор бизнес-метрик и уведомлений об отказах системы;

4) организация резервного копирования данных в облачное хранилище в зашифрованном end-to-end виде и с дедупликацией.

Таким способом достигаются следующие свойства геопортальной системы: устойчивость при падении отдельного сервера, а также при недоступности дата-центра любого региона; автоматическая перестройка репликации и балансировки; возможность автоматического разворачивания новых окружений для разработки при создании новых ветвей; непрерывная интеграция и разработка через тестирование; развертывание новых версий без простоя.

Выводы

В статье дана характеристика проекту, посвященному решению научной проблемы анализа производительности и оптимизации высоконагруженных геопортальных систем. Данная проблема возникает в рамках итерационной разработки, внедрения и технической поддержки геопортальных систем и связана с необходимостью получения интегральной оценки производительности: при первичном развертывании геопортала необходимо иметь гарантии относительно устойчивости системы к нагрузкам определенного уровня и обеспечения при этом необходимой производительности,

а при наличии рабочего геопортального решения может потребоваться повышение текущей производительности посредством оптимизации текущей версии геопортальной системы на основе последовательного решения следующих задач.

Для решения обозначенных выше задач разработана методика формирования оценки производительности в виде прикладного, интегрального, количественного, интерпретируемого показателя, устраняющего проблему методики Ardex, заключающуюся в недостаточной гибкости аппарата и ориентации, главным образом, на показатели отклика системы. На основании определенных правил значения производительности системы могут быть сопоставлены с интерпретируемыми с позиции «хорошо» – «плохо» терминами.

В заключение статьи представлен перечень рекомендаций по развертыванию геопортальных систем, позволяющих получить следующие свойства: устойчивость при отказе отдельного сервера; автоматическая перестройка репликации и балансировки; возможность автоматического развертывания новых окружений для разработки при создании новых ветвей; непрерывная интеграция и разработка через тестирование; развертывание новых версий без простоя.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-70055.

Список литературы

1. Gamez M.R., Perez A.V., Falcones V.A.M., Bazurto J.J.B. The geoportal as strategy for sustainable development. International Journal of Physical Sciences and Engineering. 2019. Vol. 3. № 1. P. 10–21.
2. Ямашкин С.А., Ямашкин А.А., Федосин С.А. Разработка проектно-ориентированной инфраструктуры пространственных данных с применением облачных технологий // Радиопромышленность. 2019. Vol. 29. № 3. С. 79–90.
3. Jiang H., Mazzetti J., Koo H., Chen M. Current status and future directions of geoportals. International Journal of Digital Earth. 2019. Vol. 13. № 7. P. 1–22.
4. Gkonos C., Iosifescu I.E., Hurmi L. Spinning the wheel of design: evaluating geoportal Graphical User Interface adaptations in terms of human-centred design. International Journal of Cartography. 2019. Vol. 5. № 1. P. 23–43.
5. Sevcik P. Defining the application performance index. Business Communications Review. 2005. Vol. 20. P. 8–10.
6. Sturges H.A. The choice of a class interval. Journal of the American statistical association. 1926. Vol. 21. № 153. P. 65–66.
7. Скворцов М.А., Большакова М.В., Ямашкин С.А., Ямашкин А.А. Сравнительный анализ подходов к управлению базами данных для организации хранилища репозитория нейросетевых моделей // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 6 (1). С. 108–113.

СТАТЬИ

УДК 378

**РЕАЛИЗАЦИЯ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА
В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ АНАЛИЗУ ДАННЫХ
И МАШИННОМУ ОБУЧЕНИЮ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРОЕКТА**

¹Абашин В.Г., ¹Хасаншин И.Я., ²Семенов Д.Н., ²Круглов В.И.,
³Никитин П.В., ⁴Курилева Н.Л.

¹Финансовый университет при правительстве РФ, Москва, e-mail: vgabashin@fa.ru;

²ФГБУ «Центр развития образования и образовательной деятельности»
(Интеробразование), Москва, e-mail: dn.semenov@ined.ru;

³ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева», Москва, e-mail: petrvkni@rambler.ru;

⁴Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, e-mail: knimgpi@rambler.ru

В статье описываются основные проблемы, связанные с обучением студентов в области анализа данных и машинного обучения. На основе метода проектов представлен междисциплинарный аппарат, сочетающий в себе: математическую подготовку (теория вероятности, статистика, линейная алгебра, математический анализ, теория оптимизации и другие); анализ данных; программирование; экономику и эконометрику и т.д. Проект, представленный в работе, посвящен прогнозированию спроса на велосипеды на уровне станции и пустых доков в системе совместного использования велосипедов на базе станции, сочетая стохастическое моделирование и подход на основе анализа данных. Одним из вызовов этой проблемы, который будет рассмотрен, является оценка спроса при ограничениях цензуры, т.е. когда спрос удовлетворяется только в том случае, если на станции нет избыточного спроса. Авторами подробно описан каждый этап междисциплинарного подхода, приведен математический аппарат, визуализация данных, представлен программный код и сделаны основные выводы. Доказано, что использование данной методики в процессе обучения студентов математических, информационных, а также педагогических (учителя математики и информатики) специальностей эффективно влияет на качество обучения анализу данных.

Ключевые слова: методика обучения информатике, междисциплинарная интеграция, анализ данных, машинное обучение, метод проектов

**IMPLEMENTATION OF AN INTERDISCIPLINARY APPROACH
IN TEACHING STUDENTS DATA ANALYSIS AND MACHINE
LEARNING BASED ON THE METHOD**

¹Abashin V.G., ¹Khasanshin I.Ya., ²Semenov D.N., ²Kruglov V.I.,
³Nikitin P.V., ⁴Kurileva N.L.

¹Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, e-mail: vgabashin@fa.ru;

²Center for the Development of Education and Educational Activities (Interobrazovanie),
Moscow, e-mail: dn.semenov@ined.ru;

³Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, e-mail: petrvlni@rambler.ru;

⁴Mari State University, Yoshkar-Ola, e-mail: knimgpi@rambler.ru

The article describes the main problems associated with teaching students in data analysis and machine learning. Based on the project method, an interdisciplinary apparatus is presented that combines: mathematical training (probability theory, statistics, linear algebra, mathematical analysis, optimization theory, and others); data analysis; programming; economics and econometrics, etc. The project presented in the paper is devoted to forecasting the demand for bicycles at the station level and empty docks in a bicycle sharing system based on the station, combining stochastic modeling and a data analysis approach. One of the challenges of this problem that will be considered is assessing demand under censorship restrictions, i.e., when need is met only if there is no excess demand at the station. The authors describe in detail each stage of the interdisciplinary approach, the mathematical apparatus, data visualization, the program code is presented, and the main conclusions are made. It is proved that the use of this technique in teaching students of mathematical, informational, and pedagogical (teachers of mathematics and computer science) specialties effectively affects the quality of education.

Keywords: methods of teaching computer science, interdisciplinary integration, data analysis, machine learning, project method

Анализ данных и машинное обучение – это предметная область, которая с каждым годом все больше внедряется во все сферы человеческой деятельности. В связи с этим увеличивается спрос на данных специ-

алистов, и вузы активно внедряют данную область в процесс обучения студентов математических и информационных специальностей, а также в подготовку будущих учителей математики и информатики [1].

Однако, несмотря на большое количество исследований и публикаций в области применения машинного обучения в различных сферах, работ, посвященных методике обучения анализу данных и машинному обучению, в отечественной и зарубежной литературе достаточно мало. Методические особенности обучения студентов в области анализа данных и машинного обучения недостаточно изучены.

Предметная область анализа данных и машинного обучения находится на стыке трех фундаментальных областей: математика, информатика и область исследования (физика, сельское хозяйство, экономика и т.п.). Следовательно, при подготовке специалистов в данной области необходимо обучать и показывать важность каждой из представленных областей, то есть придерживаться принципа междисциплинарной интеграции [2]. Одним из наиболее эффективных средств применения междисциплинарной интеграции является метод проектов [3]. Рассмотрим пример использования метода проектов как инструмент междисциплинарной интеграции в обучении студентов анализу данных и машинному обучению.

Цель исследования: описать методику обучения студентов анализу данных и машинному обучению на основе междисциплинарной интеграции и метода проектов и проверить ее эффективность.

Материалы и методы исследования

При применении данного подхода лучше всего работать с реальными данными и решить актуальную для конкретного региона задачу [4]. В частности, представленная работа посвящена прогнозированию спроса на велосипеды на уровне станции и пустых доков в системе совместного использования велосипедов на базе станции, сочетая стохастическое моделирование и подход на основе анализа данных. Одним из вызовов этой проблемы, который будет рассмотрен, является оценка спроса при ограничениях цензуры, т.е. когда спрос удовлетворяется только в том случае, если на станции нет избыточного спроса. Стохастическое моделирование будет использовано для имитации станции и оценки скорости прибытия и убытия велосипедов в системе как независимых процессов Пуассона в неоднородной по времени модели очередей [5].

На данном этапе обучаемые должны четко обозначить проблему, основываясь на данных. Также необходимо определить актуальность решаемой задачи, как она может помочь в будущей профессиональной деятельности. В частности, в нашем про-

екте совместно со студентами мы должны прийти к выводу, что перебалансировка велосипедов крайне важна для операторов, чтобы удержать постоянных клиентов. Если на станции наблюдается избыточный спрос, вероятность ситуации, когда клиент не найдет велосипед или свободный док на соседней станции, возрастает, поэтому система в конечном итоге может стать слишком ненадежной, что вынудит клиента купить собственный велосипед или перейти на менее экологичный вид транспорта. В результате они вынуждены осуществлять разбалансировку, даже если на нее приходится большая часть эксплуатационных расходов.

Таким образом, на первом этапе определяется решаемая задача (классификация, регрессия или кластеризация), целевая функция и признаки, которые на нее влияют.

Следующий этап связан с преобразованием данных, их визуализацией и подготовкой датасета к применению методов машинного обучения. Студенты должны решить проблемы с пропусками, с выбросами, с мультиколлинеарностью признаков, посмотреть разбалансировку данных, уникальные значения, распределения данных, нормализации или стандартизации и т.д. Таким образом, применяя методы математической статистики, привести датасет к наиболее оптимальному виду для последующего применения методов машинного обучения [6].

Особо важным этапом является этап определения математического аппарата. Именно здесь вводятся математические понятия и связи между ними, которые в дальнейшем будут реализованы в программном коде. Из опыта проведения занятий отметим, что необходимо привлекать студентов к дискуссии, обсуждать с ними все понятия и обозначения, спрашивать о том, где они раньше встречались с данными понятиями, на каких дисциплинах и т.п. В частности, в данном проекте мы обсуждаем стохастическую модель системы совместного использования велосипедов на одной станции, которая может быть использована для получения оценок скорости отправления и прибытия в заданное время. Необходимо совместно ввести следующие основные обозначения и определения.

1. Процесс обновления – это стохастический процесс, описываемый как:

$$S_0 = 0, S_n = S_{n-1} + \xi_n \text{ for } n \geq 1,$$

где $\xi_1, \xi_2, \dots \sim IID, \xi_i \geq 0$.

2. Однородный процесс Пуассона – это процесс возобновления, такой, что время между событиями распределено экспонен-

циально, т.е. для некоторого действительного $\lambda > 0$ ξ_i имеет экспоненциальное распределение, т.е. распределение с плотностью $f_{\xi}(x) = \lambda e^{-\lambda x}$ при $x \geq 0$. Параметр λ называется скоростью однородного пуассоновского процесса. Однородный по времени процесс имеет функцию интенсивности $\lambda(t)$.

3. Процедура подсчета $N_t = \operatorname{argmax}_k \{s_k \leq t\}$ подсчитывает количество случаев, когда событие произошло к моменту времени t и $N_t \sim \operatorname{Pois}(\lambda t)$, т.е.

$$P\{N_t = k\} = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^k}{k!},$$

$$E(N_t) = \lambda t.$$

для любого временного интервала размером t .

Необходимо, чтобы студенты рассматривали статьи ученых по данной тематике, о том, какие еще задачи можно решать, используя данный математический аппарат.

Также совместно со студентами вводятся определенные допущения, ограничения использования данного метода, вводятся оценка коэффициентов прибытия и убытия, оценка коэффициентов прибытия и отправления в периоды повышенного спроса. В частности, при оценке коэффициентов прибытия и убытия приходим к следующим выводам: для процесса числа событий $N_t \sim P(\lambda t)$, если N_t событий наблюдаются

в интервале $[t_1, t_2]$, то оценка интенсивности на станции j по максимуму правдоподобия имеет вид:

$$\widehat{\lambda}_j = \frac{N_t}{t}.$$

Используя наблюдения за доступностью станции в течение дня, мы можем разделить временной интервал дня на интервалы с однородными пуассоновскими процессами прибытия и убытия на каждом из них и оценить интенсивность для каждого временного интервала для каждого дня, а затем взять их среднее значение. Эта оценка является несмещенной:

$$E(\widehat{\lambda}_j) = E\left(\frac{N_t}{t}\right) = \frac{E(N_t)}{t} = \frac{\lambda_j t}{t} = \lambda_j.$$

Дисперсия равна $\operatorname{Var}(\widehat{\lambda}) = \frac{\lambda}{t}$. Тогда,

усредняя оценки для многих реализаций, мы получим более точные результаты.

Чтобы оценить коэффициенты прибытия и отправления в часы пик для конкретной станции, мы должны помнить, что в часы пик один из коэффициентов является ненаблюдаемым, поэтому мы должны скорректировать нашу формулу, чтобы включить только часть временного интервала, когда станция не была полностью заполнена или пуста в течение каждого дня.

$$\widehat{\lambda}_{j \text{ adj}} = \frac{\sum_{d \in D} \#\{\text{departures in the interval } [t_{i-1}, t_i] \text{ on day } d\}}{\sum_{d \in D} \#\{t \in [t_{i-1}, t_i] : \text{occupancy}_{j_i} \neq 0 \text{ on day } d\}},$$

$$\widehat{\xi}_{j \text{ adj}} = \frac{\sum_{d \in D} \#\{\text{arrivals in the interval } [t_{i-1}, t_i] \text{ on day } d\}}{\sum_{d \in D} \#\{t \in [t_{i-1}, t_i] : \text{occupancy}_{j_i} \neq \max(\text{occupancy}_j) \text{ on day } d\}},$$

где D – набор дней, используемых для оценки, а в знаменателе – количество наблюдений в данном интервале, для которых заполненность не равна максимальной заполненности или 0 для скорости отправления и скорости прибытия, соответственно.

К сожалению, в большинстве случаев данный этап в обучении студентов пропускают и переходят сразу к построению моделей. Авторы считают, что данный этап является очень важным и именно здесь закладываются компетенции, которые помогут студентам проходить собеседования в ИТ-компаниях и убеждать работодателей в глубоком понимании в области анализа данных и машинного обучения.

На этапе математического моделирования необходимо провести имитацию изолированной станции и проверить эффективность модели на интервалах ненаблюдаемого спроса, выбрать временные горизонты, определиться с метриками. Совместно со студентами еще раз проговариваются следующие допущения:

– Интенсивности прибытия и отправления станции являются пуассоновскими процессами.

– Все наблюдения проводятся при одинаковых погодных условиях и по дням недели. Это означает, что для полного моделирования реальной станции нам потребуется оценить ставки в нескольких сценариях и че-

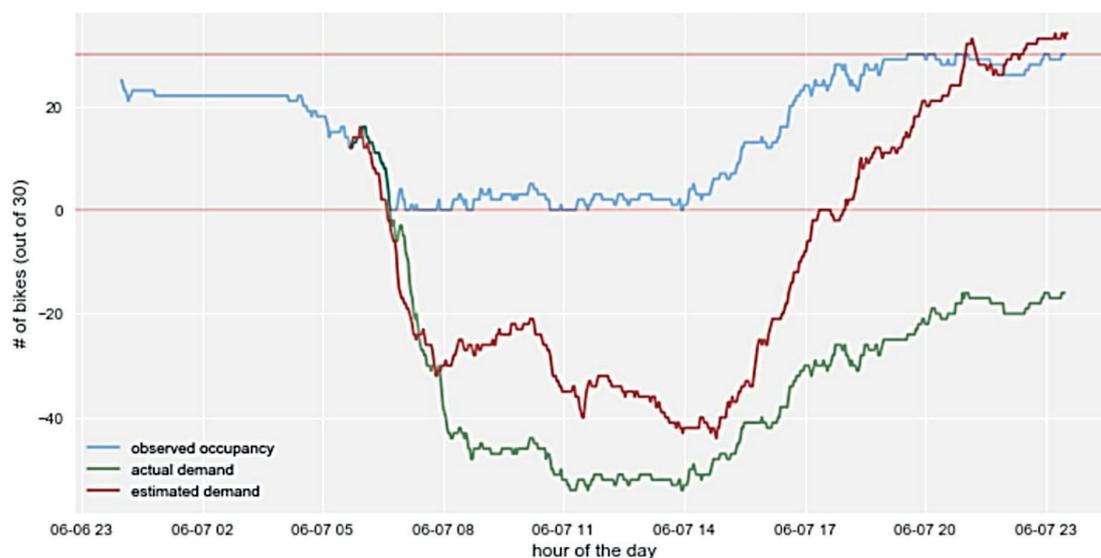
редовать расчетные ставки для прогнозов в разную погоду.

– Если станция пользуется избыточным спросом, клиенты не ждут на станции. Пользователи имеют доступ к опубликованной в приложении и на сайте информации в реальном времени о количестве велосипедов на каждой станции.

Время между прибытиями в процессе Пуассона распределено экспоненциально, а экспоненциальное распределение обладает свойством отсутствия памяти. Благодаря этому мы можем моделировать время прибытия как равномерно распределенное в пределах каждого шага с фиксированной скоростью.

На следующем этапе, при построении моделей машинного обучения, необходимо определиться с метриками качества обучения, а также предложить студентам сравнить работу 3-5 различных моделей для задачи регрессии. Кроме этого, студенты должны оптимизировать данные моде-

льтаты, так как это сильный ансамблевый алгоритм, устойчивый к переборке и включению бесполезных переменных. Один набор целевых значений был установлен равным заполненности станции через один час с момента прогнозирования, другой набор целевых значений отражал заполненность станции через два часа. Для этих моделей были выбраны следующие признаки: велосипедов в момент прогнозирования; велосипедов 1 час назад; велосипедов вчера; минута и час в момент прогнозирования. Такой набор переменных делает их сравнимыми с нашей моделью, так как она обучена в предположении, что погодные условия одинаковы в течение всего периода прогнозирования. Это позволяет нам сравнить предсказательную силу этих моделей с предложенной моделью. Предложенная модель превзошла Random Forest на временном горизонте 30 минут, но Random Forest показал лучшие результаты при прогнозировании на горизонтах 1 и 2 часа (рисунок).



Результаты работы модели

ли, находить наиболее оптимальные гиперпараметры и уметь объяснять это с точки зрения математики. То есть на данном этапе математическая подготовка студентов также присутствует.

Что касается нашей задачи, для сравнения мы выбрали линейные регрессии Ridge, Lasso и алгоритм случайного леса. Параметр Alpha для регрессий Ridge и Lasso был настроен на выбор из нескольких значений. Для получения стабильных результатов мы применили кросс-валидацию. Ожидается, что случайный лес даст наилучшие ре-

Далее необходима дискуссия. Совместно со студентами приходим к выводу, что эти результаты относятся к случаю одинаковых погодных условий, тогда как в реальности заполняемость зависит от погодных условий. Тем не менее мы считаем, что использование погодных характеристик может улучшить нашу модель: имея обширный набор данных и информацию о погоде, можно вручную разделить данные на части с похожими погодными условиями, чтобы оценить различные показатели интенсивности по нескольким сценариям, а затем изменить соотношение

между оцененными функциями интенсивности при прогнозировании заполняемости в зависимости от прогноза погоды. Однако использованная нами модель не может быть заменена Random Forest для всех целей, поскольку наша модель делает возможным прогнозирование ненаблюдаемого спроса, что не может быть достигнуто при обучении модели, используя только наблюдаемые данные в качестве целевых переменных.

На заключительном этапе обязательно необходимо сделать выводы и обсудить перспективы дальнейшего исследования.

В нашем проекте мы совместно приходим к следующим выводам. Результаты, полученные в данном исследовании, показывают, как моделирование занятости станции как комбинации независимых пуассоновских процессов прибытия и отправления может быть использовано для прогнозирования фактического спроса на велосипеды, несмотря на то что он не может наблюдаться в состояниях избыточного спроса. Мы показываем, что оценка показателей интенсивности на исторических данных как кусочно-постоянной функции, использующей только те моменты времени, когда наблюдаются оба показателя, помогает избежать недооценки величины этих показателей.

Направление дальнейших исследований может заключаться в построении приближенной к реальным условиям модели, учитывающей погодные условия. Этого можно достичь путем ручного разделения данных на части с похожими погодными условиями, с осадками или без них, чтобы оценить различные показатели интенсивности по нескольким сценариям, а затем изменять оценочные функции интенсивности при прогнозировании заполняемости в зависимости от прогноза погоды.

Таким образом, в результате реализации междисциплинарного подхода в обучении студентов анализу данных и машинному обучению на основе метода проекта студенты, решая актуальную задачу, знакомятся со всеми этапами, видят «подводные камни» на каждом из этапов, применяют теоретические знания в области математики на реальном примере.

Выводы

Описанная выше методика обучения студентов в области анализа данных и машинного обучения была реализована в Финансовом университете при Правительстве РФ и показала высокую степень эффективности. Эффективность доказана следующими факторами:

Педагогический эксперимент. В качестве промежуточного контроля обучаемым

контрольной и экспериментальной групп было предложено творческое домашнее задание, максимально приближенное к реальной профессиональной задаче. Студентам необходимо самостоятельно собрать большой набор данных (более 50 000 объектов по 15-20 признакам) и решить задачу обучения с учителем и без учителя, обосновав весь математический аппарат. После чего разработать рекомендательную систему по предсказанию целевой функции. Результаты выполнения задания экспериментальной группы значительно превзошли результаты контрольной группы (тема отдельного исследования).

Студенты без особых проблем проходят собеседование и поступают на работу в качестве специалистов в области анализа данных, машинного обучения в крупных банки (Сбербанк, «Тинькофф», «Открытие», «Райффайзенбанк», «Газпром банк» и т.д.) и крупные компании и группы.

Большинство выпускных квалификационных работ студентов связаны с анализом данных и машинным обучением. Данные работы, как правило, отмечаются государственной экзаменационной комиссией и получают оценку «отлично».

В настоящее время методика междисциплинарного подхода в обучении студентов анализу данных и машинному обучению на основе метода проекта внедрена в обучение студентов по направлению «Прикладная информатика» в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и подготовку будущих учителей математики и информатики в Марийский государственный университет.

Список литературы

1. Левченко И.В., Абушкин Д.Б., Карташова Л.И. Модуль «Машинное обучение систем искусственного интеллекта» в общеобразовательном курсе информатики // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. 2020. № 4 (54). С. 27–38.
2. Вислова А.Д. Междисциплинарная интеграция в свете проблемы искусственного интеллекта // Социально-гуманитарные знания. 2021. № 4. С. 193–201.
3. Васильева О.И. Проблемы междисциплинарной интеграции в проектной деятельности // Социология. 2021. № 4. С. 241–251.
4. Прядко И.П. Транспортная система российской столицы: новые направления развития и их риски // Экономика и предпринимательство. 2021. № 6 (131). С. 532–539.
5. Ивахненко Н.Н., Бадекин М.Ю. Изучение свойств системы с защитой повышенной надежности применительно к процессу восстановления Пуассона // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2020. № 1. С. 20–27.
6. Gevorgyan M.N., Demidova A.V., Kulyabov D.S. Comparative analysis of machine learning methods by the example of the problem of determining muon decay. Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science. 2020. T. 28. № 2. С. 105–119.

УДК 378.1

СТРАТЕГИЯ НАУЧНОЙ ТРАНСПАРЕНТНОСТИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ВЕКТОРОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

¹Анисимова-Ткалич С.К., ²Ткалич А.И.

¹ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет»,
Институт изящных искусств, Москва, e-mail: amguema2016@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»,
Москва, e-mail: tkalichai@mail.ru

Подготовка молодых ученых в учебных заведениях высшей школы инициирует поиск новых методических подходов. Прежде всего, это приобщение студентов магистратуры к ценностям самостоятельного исследования. Методическим инструментарием многоуровневого исследования мы рассматриваем пролонгацию темы на разных ступенях обучения: «магистратура – аспирантура – докторантура». Условием единства темы определено взаимодействие звеньев самостоятельной поисковой работы в границах научного вектора. Однако идея и парадигма пролонгации в реальной педагогической практике испытывают множественные деформации под натиском внешних и внутренних факторов. Прежде всего, это отсутствие лабораторий с приоритетом пролонгированных исследований. В магистратуре и аспирантуре не позиционируется важность наукоёмких исследований в дипломных работах выпускников. Студенты в условиях дистанционного обучения овладели методикой «ускоренной подготовки» диплома. Данная негативная тенденция получила распространение в чрезвычайной ситуации вынужденного дистанционного обучения. В образовательных учреждениях высшей школы данная негативная тенденция не должна иметь поддержки и распространения. Предлагается приоритетом результат научно-исследовательской работы в формате научных публикаций по темам звеньев самостоятельной поисковой работы в границах научного вектора. Научную транспарентность необходимо вводить одним из индикаторов качества подготовки студентов магистратуры и аспирантуры. Молодых учёных, преподавателей-исследователей необходимо консультировать. Предлагается ввести новые критерии экспертизы в процессе оценки инновационной идеи. Стратегия научной транспарентности на основе интеграции нелинейных векторов исследования открывает новые возможности для обновления научного и методического инструментария. Помогает сформулировать новый формат проектов, возникающих на основе цифровизации информационно-образовательных ресурсов в прикладной педагогике. Сегодня востребованы специалисты по организации маршрутов научного туризма, консультанты по организации научных проектов в художественном образовании.

Ключевые слова: научная транспарентность, нелинейные векторы исследования, педагог-исследователь, информационный ресурс этнодизайна, научный туризм

STRATEGY OF SCIENTIFIC TRANSPARENCY BASED ON THE INTEGRATION OF NONLINEAR RESEARCH VECTORS

¹Anisimova-Tkalich S.K., ²Tkalich A.I.

¹Moscow Pedagogical State University, Institute of Fine Arts, Moscow, e-mail: amguema2016@mail.ru;

²Russian State University for the Humanities, Moscow, e-mail: tkalichai@mail.ru

Training of young scientists in educational institutions of higher education initiates the search for new methodological approaches. First of all, it is the introduction of master's students to the values of independent research. Methodical tools of multi-level research we consider prolongation of the topic at different levels of training «master – postgraduate – doctoral studies». The condition for the unity of the topic is determined by the interaction of the links of independent search work within the boundaries of the scientific vector. However, the idea and paradigm of prolongation in real pedagogical practice experience multiple deformations under the onslaught of external and internal factors. First of all, it is the lack of laboratories with the priority of prolonged research. In the magistracy and postgraduate studies, the importance of science-intensive research in the diploma works of graduates is not positioned. Students in the conditions of distance learning mastered the method of «accelerated preparation» of the diploma. This negative trend has spread in an emergency situation of forced distance learning. In educational institutions of higher education, this negative trend should not have support and dissemination. The result of research work in the format of scientific publications on the topics of links of independent search work within the boundaries of the scientific vector is proposed as a priority. Scientific transparency should be introduced as one of the indicators of the quality of training of graduate and postgraduate students. Young scientists, teachers-researchers need to be consulted. It is proposed to introduce new examination criteria in the process of evaluating an innovative idea. The strategy of scientific transparency based on the integration of nonlinear research vectors opens up new opportunities for updating scientific and methodological tools. It helps to formulate a new format of projects arising on the basis of digitalization of information and educational resources in applied pedagogy. Today, specialists in the organization of scientific tourism routes, consultants in the organization of scientific projects in art education are in demand.

Keywords: scientific transparency, nonlinear vectors of research, teacher-researcher, information resource of ethno-design, scientific tourism

География исследования и эксперимента (1992–2021) представлена двумя масштабными этапами. Этап 1 охватывает

разные территории, отличающиеся по климатическим условиям и условиям работы со студентами и мастерами национальных

сёл. С 1992 по 1997 г. в качестве методиста Единого научно-методического центра (Чукотский автономный округ) удалось провести творческие лаборатории и семинары как на курсах повышения для мастеров на базе в г. Анадыре, в г. Магадане, так и непосредственно в селах: р.п. Провидения, Сиреники, Новое Чаплино, им. Биллингса, Рыркайпий, им. Шмидта. С 1994 г. автор дополнительно преподавала в Анадырском педагогическом училище и вела факультатив со студентами. По итогам проведенного исследования в 1997 г. состоялась защита кандидатской диссертации «Этнопедагогические основы сохранения и развития традиционного декоративно-прикладного творчества народов Крайнего Севера». Этап 2 с 1999 по 2021 г. охватывает педагогическую деятельность в вузах Москвы (МГУКИ, МИИГАиК, МГГУ им. М.А. Шолохова, МПГУ). В 2012 г. состоялась защита докторской диссертации «Универсальная модель профессиональной подготовки творческих кадров на основе национально-культурного компонента». Специальности: 13.00.08 и 13.00.02. С 2013 г. преподавательская деятельность представлена работой со студентами магистратуры художественно-графического факультета Института изящных искусств МПГУ.

В России начинается работа по приоритетной программе «Приоритет-2030». Кроме исследовательской деятельности, цитирования и преподавания, на которых следует сосредоточиться для поддержки развития экономики и общества России, развития в условиях информатизации образования, отмечается важность сквозной прозрачности научных проектов. Это предполагает разработку культуры эффективного управления проектами также в структуре учебных заведений. При этом отмечается инертность научного сообщества. Востребованы лидеры с высокой эффективностью научной деятельности.

Многолетний опыт работы в вузах творческой, педагогической направленности позволил выявить и сформулировать негативные тенденции, нивелирующие научные достижения студентов и молодых педагогов-исследователей на современном этапе перестройки образования на всех уровнях.

Важнейшим показателем профессиональной подготовленности выпускника является научная и практическая значимость дипломного проекта. К сожалению, сегодня не разработана система контроля через специальный информационно-методический функционал. Контролировать динамику выполнения задания, проверять информационную эстетику (достоверность) содержа-

ния, консультировать по теме дипломного проекта и помогать формулировать смысловой концепт терминологического инструментария обязан научный руководитель. В магистратуре на творческих кафедрах наличие такого показателя неоспоримо так же, как и в технических вузах. Если подходы к оценке качества проектов, выдвигаемых на защиту студентами выпускного курса бакалавриата, регламентируются по стандарту, определяющему степень подготовленности выпускника к выполнению конкретного вида трудовой деятельности, то в магистратуре востребована значимость научной и практической новизны авторского проектного предложения так же, как и в технических вузах. Аморфность определений и выводов, новизны и значимости результатов исследования, невнятность положений и теоретической научной новизны могут привести членов комиссии к выводу о хрупкости научной конструкции исследования. Важную роль в преобразовании научной стратегии вуза играет процессный метод управления, нацеленный на общий результат педагогического коллектива [1]. Но сегодня после кардинального перехода на дистанционное образование актуальны методы формирования у студентов стремления к самостоятельному поиску и навыку научного доклада по результатам исследования.

Цель нашего исследования ориентирована на формирование идейно-ценностных понятий, укрепляющих основу и прагматичную общественную значимость научного исследования.

Пример из практики: тезисы о культурном наследии не могут подменить исследовательскую работу в регионах России. Для студентов творческих кафедр и педагогов-исследователей в структуре государственной программы «Приоритеты-2030» предлагается на выбор огромное пространство для исследований. Например, формирование у студентов интереса к поисковым лабиринтам на основе связей гуманитарной и технической наук необходимо конкретизировать. Общеизвестные фразы-тавтологии не могут развить воображение молодого исследователя, если не будет оказана помощь в определении вектора информационной структуризации этнохудожественных достижений народов Российской Федерации, что актуально для организации научного туризма, «аспирантских маршрутов» (наше предложение).

Важным акцентом мы определяем поиск эмоциональных научно-исследовательских ориентиров, формирующих устойчивый интерес студента, его мотивацию

к самостоятельному поиску ключевой формулы своего открытия, например, в области художественного образования, этнохудожественного дизайна, научного туризма (по выбору).

В этой связи мы затронули метод обучения «иммерсивность», выполняющий функцию изменения сознания через восприятие визуальной информации, и технологию стрим-обучения, как два вектора обучения с тенденцией интеграции в единую платформу знаний и навыков [2, 3]. Однако высокотехнологическая центрифуга данных векторов обучения не предусматривает в своем содержании исследовательский вектор по систематизации региональных художественных констант наследия.

На наш взгляд, пришло время сфокусировать максимум внимания на научно-методических достижениях нового поколения педагогов. Каждая кафедра должна разработать перечень показателей новаторства образовательной парадигмы и проводить консультации с научными руководителями и студентами магистратуры. Именно магистратура является тренировочной базой для молодого поколения учёных и пропускным фильтром в «большую науку». Требования к прозрачности (транспарентности) поисковой деятельности и к показателям творческого, педагогического эксперимента должны стать нормативом в учебных заведениях высшей школы.

В процессе многолетнего опыта работы на творческих кафедрах вузов выявлены контуры негативной тенденции в формате «узкопрофильной научной консультации», доминирующей в период подготовки диссертационного исследования (выпускной квалификационной работы) в магистратуре. Студентам не предлагаются смелые «выходы» за границу предметного цикла для поисков новых возможностей в дипломном проекте. Например, у студентов творческих кафедр отсутствует понятие о компланарных и некомпланарных векторах исследований, что значительно ограничивает конструктивно-творческое воображение не только студентов, но и молодых педагогов-исследователей.

Сосредоточим внимание на осмыслении перспективы технической науки: технологии виртуальной реальности определяют ключевые позиции в ближайшем будущем. Роль иммерсивных технологий получила признание в разных формах социально-культурной сферы и в развлекательной индустрии: театральное искусство, кинематограф, международные фестивали искусств.

Бесспорно, что пришло время для адаптации новой формы обучения методом

«погружения в виртуальную реальность» в творческих вузах. Но интрига эффекта погружения в искусственную реальность уводит от таких важных векторов профессионального обучения творческих специалистов, как мастерство сценического перевоплощения, педагог по пластике, консультант по специфике этнохудожественного дизайна, этнохудожественного перформанса.

Определенная настороженность возникает в связи с тем, что метод иммерсивного обучения смещает на периферию педагогического внимания многие художественно-графические и творческие формы культурно-просветительской деятельности среди молодёжи. Метод иммерсивного обучения формирует интерес к визуальным эффектам IT-технологий, помогает использовать анимацию в сценарии занятий, что по сути своей является инструментальной технологией. Данный инструментарий никогда не заменит мыслительную деятельность человека-исследователя. Практика показывает, что визуальные эффекты иногда уводят внимание экспертов, членов комиссии от смысловой научно-методической и воспитательной оригинальности новаторской идеи в дипломном проекте.

В этой связи мы предлагаем обратить внимание педагогов творческих кафедр педагогических вузов на стрим-технологии, получившие распространение в зарубежных центрах обучения, а затем и среди российских педагогов-исследователей. Стрим-технологии помогают осуществить практику обучения с помощью видео и утвердить нормативный перечень требований для выполнения практических заданий.

Художественное и графическое наследие, этнохудожественный дизайн в границах современной многонациональной России и сегодня представляет собой богатый материал, актуальный для развития научных лабораторий, ведущих мониторинг сельских школ мастерства, центров творчества, где сосредоточены национально-культурные маркеры: предметы-артефакты, требующие расшифровки и эволюционного развития в современной индустрии этнодизайна.

Для сравнения: европейская культура сохранения традиционных шедевров для интерпретации в современной индустрии проектов экологической окружающей среды предлагает студентам и педагогам-исследователям более 30 научных направлений на основе интерпретации знаковой коммуникации предметных и духовных комплексов культурных достижений в разных жанрах творческого мастерства и современного искусства.

Метод сравнительного анализа в контексте геоинформатики. Опыт работы педагогом на Крайнем Северо-Востоке РФ в последнее десятилетие XX в. позволил сделать вывод, что мастера удалённых мест проживания продолжали выполнять технические приёмы декорирования из местного материала, что практически исключено для мастеров районных поселков и городов по причине использования современных материалов и программ машинной обработки. Этот вопрос мы выдвигаем для осмысления качества и достоверности цифрового образовательного ресурса с позиции предотвращения ложной информации для внесения в карту прикладной геоинформатики с цифровым образовательным ресурсом.

В основном все сведения являются ценным архивом прошлого века в работах российских учёных: археологов, историков, культурологов, искусствоведов, этнологов. Студенты и молодые педагоги, не имевшие возможность посетить локальные школы в удалённых от центральных городов местах проживания, имеют аморфное представление о разнообразии технических приёмов декора локальных школ традиционного наследия, что, как следствие, проявляется в однообразии продукции этнохудожественного дизайна.

Самостоятельно студенту сложно выделить из обилия современных педагогических стратегий, парадигм ту единственную, которая станет его профессиональной платформой на 5–10 лет. Например, приоритет академического художественного образования рассматривается на международном уровне как фактор устойчивости профессионально-ориентированной подготовки учителя по дисциплинам искусства. Другим авторитетным направлением в педагогической практике признано дополнительное образование, где можно получить навык реализации авторской идеи на основе конкретного вида художественного ремесла. Как в академическом, так и в дополнительном образовании важно приобщить обучающихся к увлекательной интриге исследовательского поиска. При этом неожиданный эффект открытия на основе пересечения некомпланарных векторов мыслительного воображения и региональных художественных констант создаёт фактор (комплекс условий) для эмоционального состояния автора-исследователя.

Но поступающая после школы молодёжь, вдохновлённая азартом свободы творческого самовыражения в интернет-пространстве, на первом семестре обучения слабо понимает необходимость жёсткой парадигмы академического об-

разования и дополнительных знаний для самоорганизации научного исследования. К сожалению, никто не анализирует психологические, профессионально-коммуникативные и убеждающие артистические затраты духовной и интеллектуальной энергии педагогов-исследователей, увлекающих определённую часть студентов в новый захватывающий мир научных исследований. Можно сказать, что поэзия научного исследования в художественном образовании ещё не озвучена как духовная составляющая образовательной системы в высшей школе.

Теоретико-методологические основы педагогического нововведения

Заявленную в названии статьи стратегию научной транспарентности на основе интеграции нелинейных векторов исследования мы рассматриваем важнейшим показателем преобразований в учебном заведении. Применение математического метода мы предлагаем для более расширенных возможностей педагогов-исследователей и укрепления новаторских вариантов научной деятельности на основе смысловых концептов: линейные векторы, научная транспарентность, эффект взаимодействия нелинейных векторов исследования.

Смысловые константы таких направлений, как, например, информационная эстетика (достоверность), геоинформатика (адресность локаций), этнохудожественный дизайн (дивергентный подход к изучению культурного наследия в регионе) могут привлечь внимание аспирантов, мотивированных на исследования и информационную структуризацию региональных художественных констант.

Педагогическое нововведение о роли и функции некомпланарных (нелинейных) векторов в исследовании призвано укрепить научную матрицу дипломных проектов, зарождающихся в формате цифровизации познавательных ресурсов из области геоинформатики, этнодизайна, научного туризма, необходимых для профессиональной подготовки специалистов экспертного звена, востребованного в учебных заведениях высшей школы.

Спроектированный результат интеграции в едином обучающем софт-контенте: нелинейных векторов исследования, мотивированной деятельности студентов магистратуры и аспирантуры на освоение навыка информационной структуризации региональных художественных констант, доступность к эмоциональному познанию поэзии научного исследования в художественном образовании как духовной составляющей

образовательной системы в высшей школе – мы считаем важнейшим показателем результативности преобразований в учебном заведении на современном этапе национальной программы «Приоритеты-2030».

Взаимосвязь научных школ с выбором темы для исследования. Обучение в учебном заведении высшей школы предполагает, что студенты постигают основы профессии с помощью учебно-методической литературы ведущих профессоров факультета, руководителей научных школ. Научные школы факультета являются своеобразным навигатором тематического ядра исследований, формирующих несколько радиусов: внутренний радиус исследований формируется в проектах непосредственно под руководством ведущих профессоров научных школ, средний радиус исследований пополняется региональными темами социально-экономического развития регионов страны, внешний радиус исследований демонстрирует интеллектуальные инвестиции выпускников аспирантуры на основе международных исследований.

Контрольный индикатор перспективы для научной пролонгации: если студент-выпускник бакалавриата разрабатывает учебную программу по дисциплине в границах внутреннего радиуса исследований, то студенты магистратуры и аспирантуры должны стремиться сформулировать свою парадигму научного поиска в границах среднего радиуса региональных исследований.

Важным этапом «погружения в профессию» для российских и иностранных студентов магистратуры мы определили, прежде всего, изучение работ ведущих профессоров, руководителей научных школ художественно-графического факультета. Следующий этап предполагает изучение научных работ, опубликованных российскими учёными в области теоретической педагогики. Среди множества современных научно-педагогических работ студентам предлагаются для изучения учебные пособия В.П. Беспалько [4] и Г.К. Селевко [5], которые пользуются общепризнанным авторитетом в области фундаментальной систематизации педагогических технологий и педагогических систем.

Педагогическую концепцию мы рассматриваем перспективным маршрутом для самостоятельного исследования в докторантуре. На наш взгляд, востребован призыв к эволюционному вектору развития педагогических концепций, что поможет интегрировать новые некомпланарные векторы в единую конструкцию сочетания научно-методического инструментария. В этом направлении у будущих студен-

тов аспирантуры и докторантуры большие перспективы для конструктивных новаторских предложений.

Сравнительный анализ научного инструментария дипломных работ дает право на формулировку тезиса: «чем меньше методов использовано, тем больше вопросов к научной и практической значимости исследования».

Выбор внутреннего радиуса исследований (бакалавриат) предполагает, что студент апробирует комплекс методов в границах дисциплины: теоретические, эмпирические, формальные методы организации мониторинга.

Выбор среднего радиуса исследований (магистратура) предполагает, что студенты магистратуры могут сформулировать свою парадигму научного поиска в границах среднего радиуса, что может быть представлено результатом региональных исследований. Внедрение методического инструментария для изучения художественных констант в структуре национально-культурного компонента в учебный процесс магистратуры и возможностей его интерпретации в проектных предложениях усиливает роль и статус воспитательной ценности наследия, воздействует на формирование эмоционально-чувственного отношения к художественно-графическим достижениям народов России.

Организация научно-исследовательской работы с иностранными студентами

В китайских вузах востребован зарубежный опыт для эволюционного развития научных педагогических воспитательных стратегий. Иностранные студенты магистратуры и аспирантуры (Китай) понимают значимость внешнего радиуса исследований на основе сравнения китайской и российской специфики научных школ и интеграции методик художественно-го образования.

Важным контрольным показателем нового мыслительного взлета мы определили новаторскую идею и ее реализацию на основе интеграции нелинейных векторов исследования, когда базовая высокотехнологичная программа обучения в китайском учебном заведении дополнена российской методикой моделирования инновационных образовательных конструктов.

Примеры из практики. Янь Фэнь (Китай), аспирант 3 курса (2019–2022), использовал российский научно-методический функционал (инструментарий) экспертизы на основе системного модуля индикаторов подготовки педагогов-исследователей, тем самым обозначив парадигму своего иссле-

дования. В сочетании с китайской высокотехнологичной школой обучения в высших учебных заведениях автору удалось сконструировать инновационный обучающий модуль для студентов, проектирующих дизайн современной книги с кодами национально-культурного наследия [6].

Проект «Подготовка руководителя группы на маршруте научного туризма»

Традиционное понимание роли экскурсовода мы предлагаем усилить дополнительной категорией специалиста «руководитель группы на маршруте научного туризма».

Уточним, что группа на маршруте научного туризма психологически настроена на постижение новой, малоизвестной информации по конкретной теме. Руководитель группы на маршруте научного туризма должен иметь научную степень, чтобы грамотно расставлять смысловые акценты в тексте устной информации.

В устной речи многое дополняется обстановкой, реакцией слушателей: студентов магистратуры, аспирантуры, педагогов-исследователей. Руководитель группы должен быть готов к тому, что на маршруте научного туризма многие задают уточняющие вопросы.

Важнейшим показателем культуры речи руководителя группы на маршруте научного туризма является правильность произношения слов, тем более научных терминов. Ошибки в произношении и ударении могут стать провокационным моментом для ослабления внимания группы, для появления замечаний. Этикет декларирует, что такое поведение участника туристского маршрута некорректно, но категория маршрута «научный туризм» требует более высокой подготовленности руководителя по сравнению с традиционным экскурсоводом, когда в группе туристов любители разного возраста и подростки.

Заключение

Стратегия научной прозрачности на основе интеграции нелинейных векторов исследования выдвигается наукоёмкой педагогической технологией с научной доминантой, сообразно современным требованиям к показателям результативности обучения студентов магистратуры и аспирантуры. Реализация стратегии научной прозрачности требует внедрения процессного метода руководства педагогическим коллективом, нацеленным на общий позитивный результат.

В процессе защиты выпускной квалификационной работы в магистратуре на творческих кафедрах по причине доми-

нирования узкопрофильных консультаций и отсутствия опыта интеграции некомплексных векторов исследования для уточнения радиуса исследования: межпредметного, регионального или международного.

Методологическая платформа научной практики в магистратуре требует дополнительных критериев для полноценной экспертизы смысловых научно-методических достижений, например наличие иерархии «смысловых звеньев» единой концепции в пролонгации исследования «магистратура – аспирантура – докторантура» и ключевых формулировок в границах выбранного автором радиуса исследования. Появление новых дефиниций, методического инструментария обеспечит устойчивость национально-культурной и воспитательной специфики культурного наследия многонациональной России, важного для художественного образования, этнохудожественного дизайна, для коммерческих секторов регионального развития в индустрии туризма.

Спроектированный результат интеграции в едином обучающем контенте нелинейных векторов исследования, мотивированной деятельности студентов магистратуры и аспирантуры на освоение навыка информационной структуризации региональных художественных констант, доступность эмоционального познания поэзии научного исследования в художественном образовании как духовной составляющей образовательной системы в высшей школе мы рассматриваем своеобразной формулой успеха и важнейшим показателем результативности преобразований в учебном заведении на современном этапе национальной программы «Приоритеты-2030».

Несомненными лидерами и первопроходцами в малоисследованных областях являются педагоги-исследователи. Формирование лидерских качеств в научной работе начинается в выпускной работе бакалавра, продолжается в процессе уточнения вектора исследования для пролонгации в магистратуре. В этой связи наибольшая недоработка в распределении научного руководства, что проявляется в инертном отношении студента к динамике выполнения этапов дипломной работы с научным компонентом. Инертность порождает и слабое владение терминологией, даже при удачной попытке педагогического эксперимента автор не может объяснить суть и значимость изобретения.

Вышеназванные императивы определяют перспективу для консолидации педагогов-экспериментаторов и студентов

магистратуры, аспирантуры из различных регионов, увлечённых открытием новых информационно-тематических локаций в педагогической науке и практике.

Список литературы

1. Анисимова-Ткалич С.К., Ткалич А.И. Глава 2 «Преобразующий менеджмент с научной доминантой в учебном заведении». С. 17–29 / В коллективной монографии «Актуальные вопросы современной науки и образования». Раздел 1. Современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2021. 142 с.

2. Корнилов Ю.В. Иммерсивный подход в образовании // «Азимут научных исследований: педагогика и пси-

хология». 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/immersivnyy-podhod-v-obrazovanii> (дата обращения: 11.09.2021).

3. Грибан О.Н., Грибан И.В. Технология стрим-обучения в образовательном процессе: способы и перспективы обучения // Педагогическое образование в России. 2019. № 1. С. 38–43.

4. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии. М.: Педагогика, 1989. 192 с.

5. Селевко Г.К. Энциклопедия образовательных технологий. В 2 т. М.: НИИ школьных технологий, 2006. 816 с.

6. Янь Фэнь / Китай. Культура визуализации научных и творческих достижений в художественном образовании // Проблемы современного образования. Сетевой журнал МПГУ. 2021. № 3. С. 235–244. DOI: 10.31862/2218-8711-2021-3-235-244.

УДК 378.1

КАФЕДРА КАК УЧЕБНО-НАУЧНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ВУЗА И ФАКТОР ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ**¹Воскрекасенко О.А., ²Сергеева С.В.**¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: voskr99@rambler.ru;²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, e-mail: sergeeva@penzgtu.ru

В статье актуализируется необходимость обращения к рассмотрению кафедры как учебно-научного подразделения вуза и фактора, обуславливающего эффективность деятельности образовательной организации высшего образования и качество осуществляемой ей профессиональной подготовки кадров. Представлены документы, регламентирующие деятельность кафедры в современном вузе. Осуществлен анализ научно-педагогической литературы, позволивший определить степень и аспекты изученности проблемы рассмотрения кафедры как учебно-научного подразделения вуза. Сформулирован комплекс решаемых кафедрой как структурным подразделением вуза задач. Раскрывается содержание и основные направления деятельности кафедры: учебно-методическое, научно-исследовательское, воспитательное, профориентационное и работа по содействию трудоустройству выпускников, работа с кадрами и ресурсное обеспечение. Показаны роль и значение данных направлений в формировании у обучающихся широкого круга универсальных и профессиональных компетенций. Сформулированы условия, определяющие эффективность качественного осуществления функций кафедры по профессиональной подготовке будущих выпускников. Среди них: наличие научно обоснованной стратегии развития кафедры; степень сплоченности педагогического коллектива, характер сложившегося в нём социально-психологического климата; профессиональная компетентность заведующего кафедрой как руководителя структурного подразделения; преемственность поколений на кафедре, изучение, сохранение и преумножение кафедральных традиций.

Ключевые слова: кафедра, учебно-научное подразделение, обучающиеся, профессиональная подготовка, высшая школа, научно-исследовательская деятельность, учебно-методическая деятельность

DEPARTMENT AS A TRAINING AND SCIENTIFIC DIVISION OF A UNIVERSITY AND FACTOR OF PROFESSIONAL TRAINING OF STUDENTS**¹Voskrekasenko O.A., ²Sergeeva S.V.**¹Penza State University, Penza, e-mail: voskr99@rambler.ru;²Penza State Technological University, Penza, e-mail: sergeeva@penzgtu.ru

The article actualizes the need to refer to the consideration of the department as an educational and scientific unit of a university and a factor that determines the effectiveness of the activity of an educational organization of higher education and the quality of its professional training. The documents regulating the activities of the department in a modern university are presented. The analysis of scientific and pedagogical literature was carried out, which made it possible to determine the degree and aspects of the study of the problem of considering the department as an educational and scientific unit of the university. A complex of tasks solved by the department as a structural subdivision of the university is formulated. The content and main directions of the department's activities are revealed: educational and methodological, research, educational, vocational guidance and work to promote the employment of graduates, work with personnel and resource support. The role and importance of these areas in the formation of a wide range of universal and professional competencies in students are shown. The conditions are formulated that determine the effectiveness of the qualitative implementation of the functions of the department for the professional training of future graduates. Among them: the presence of a scientifically grounded strategy for the development of the department; the degree of cohesion of the teaching staff, the nature of the socio-psychological climate that has developed in it; professional competence of the head of the department as the head of a structural unit; the continuity of generations at the department, the study, preservation and enhancement of the cathedral traditions.

Keywords: department, educational and scientific unit, students, vocational training, higher school, research activities, educational and methodological activities

Важнейшим понятием, определяющим характер профессиональной подготовки обучающихся в условиях инновационного общества, выступает качество. Именно качество реализуемой в стенах высшей школы подготовки будущих профессиональных кадров определяет роль и место вуза в региональной системе образования и страны в целом.

Кафедра, являясь первичным структурным звеном образовательной организации

высшего образования, обуславливает качество осуществляемой вузом профессиональной подготовки выпускников. Именно профессорско-преподавательский состав кафедры отвечает за непосредственное взаимодействие со студентами в процессе учебно-воспитательной и научно-исследовательской деятельности. Как отмечают исследователи, кафедра вуза, как его учебно-структурное подразделение, может стать «точкой прорыва» в решении стоящих

перед вузом задач обеспечения высокой эффективности профессиональной подготовки будущих кадров [1].

В этой связи цель исследования – раскрыть роль и основные направления деятельности кафедры как научно-структурного подразделения вуза в профессиональной подготовке будущих кадров.

Материалы и методы исследования

В процессе исследования использовались такие теоретические методы, как анализ и синтез, обобщение и систематизация научной литературы по вопросам функционирования кафедры как научно-учебного подразделения вуза, а также анализ нормативно-правовых документов, регулирующих её деятельность.

Результаты исследования и их обсуждение

Традиционно кафедра рассматривается как основное учебно-научное структурное подразделение вуза, осуществляющее учебную, методическую, научно-исследовательскую работу по одной или нескольким родственным дисциплинам, воспитательную работу среди студентов, а также подготовку научно-педагогических кадров и повышение их квалификации [1; 2]. Её деятельность регламентируется рядом нормативно-правовых документов: ФЗ РФ от 29.12.2012 № 273 ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»; Федеральными государственными образовательными стандартами по направлениям подготовки и специальностям университета; Постановлением Правительства России от 10.07.2013 № 582 «Об утверждении Правил размещения на официальном сайте образовательной организации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и обновления информации об образовательной организации»; Правилами оказания платных образовательных услуг (утверждены Постановлением Правительства РФ от 15.08.2013 № 706); Единым квалификационным справочником должностей руководителей, специалистов и служащих (утвержден приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 11.01.2011 № 1н); Уставом и Правилами внутреннего распорядка образовательной организации высшего образования, на базе которой функционирует кафедра; локальными актами образовательной организации, касающимися деятельности кафедры.

На сегодняшний день накоплен богатый опыт изучения кафедры как учебно-научного подразделения вуза. В научной литерату-

ре изучается целый ряд аспектов, связанных с организацией и содержанием деятельности кафедры, определением критериев её эффективности, а также ролью и местом в системе профессиональной подготовки обучающихся.

Наибольшее число исследований посвящено истории становления и развития отдельных кафедр, а также анализу опыта их деятельности на современном этапе (О.Ю. Аксенова, Т.В. Андриюшина, М.В. Бабкина, Т.К. Баженова, Т.Н. Балобанова, А.О. Бороноев, Н.В. Вишнякова, М.Б. Глотов, Т.Г. Гребенникова, М.А. Зайнетдинов, Л.Е. Захарова, Н.С. Ильина, М.В. Казарская, Ю.Ф. Кирюшин, О.В. Киселева, В.В. Кихтан, Я.В. Кихтан, Н.М. Книн, Н.П. Коновалов, М.В. Корепанова, Л.П. Лазурина, Е.И. Маторина, Т.О. Павлова, А.А. Пачкина, Л.Ф. Поплавская, А.Г. Прокопов, С.В. Ребко, В.И. Сахарова, Е.С. Семенов, А.Ю. Соколов, А.Г. Тамразян, К.С. Терновых, А.А. Тишкин, Т.В. Тишкина, В.И. Трухачев, П.В. Тупик., А.А. Устинова, А.М. Цыбулин, Т.И. Шиселова и др.). В свою очередь в целом ряде работ (А.Ш. Апишева, А.Д. Жарков, Е.И. Куликова, Д.П. Тевс, О.Г. Устичев, Н.С. Чекалкин и др.) представлена характеристика деятельности кафедр вуза с учётом его специфики (например, военного, технического, педагогического, культуры и искусств и др.).

Особое место в ряду исследований кафедры как учебно-научного подразделения вуза занимают работы, связанные с проблемой оценки эффективности её функционирования. Так, выявлению условий успешности деятельности кафедры в вузе, а также характеристике методик, критериев и показателей определения её эффективности посвящены многочисленные работы, среди которых исследования таких авторов, как Е.И. Аникина, А.Ш. Апишева, Е.В. Барбашова, З.Р. Батришина, Е.Ю. Головина, М.В. Гончар, З.А. Исаев, А.В. Караван, Р.К. Келбиханов, Л.А. Климович, А.Е. Колосов, В.Н. Котенко, Н.А. Кулибеков, Д.Н. Медведев, О.В. Новосельцев, А.Л. Осипов, Б.Д. Паштаев, И.В. Переверзева, А.И. Пестунов, Л.Н. Харченко и др.

В целом ряде работ раскрывается роль кафедры как учебно-научного подразделения вуза в профессиональной подготовке обучающихся в высшей школе в контексте решения широкого круга задач и формирования компетенций. Так, роль кафедры в формировании у студентов устойчивой мотивации к учебной деятельности, стимулировании их познавательной активности раскрывается в работах Т.С. Абаевой,

Р.Э. Абировой, И.Ю. Балалаевой, М.В. Будановой, Ф.И. Висмонт, К.Ш. Дуйшеновой, Н.Ф. Неделько, Ю.Л. Стариковой, К.А. Тамаевой, А.П. Швырева и др. Роль кафедры в организации воспитательной работы со студентами, формировании личности и профессионально значимых качеств будущих выпускников представлена в исследованиях С.В. Волоховой, А.С. Ермаковой, Ю.Ю. Кириной, Л.Г. Кузьминой, А.А. Лопатина, Г.Ч. Мазько, А.А. Несмеянова, Д.В. Седова, А.М. Селедцова и др. Вопросы, связанные с деятельностью кафедры по формированию у обучающихся исследовательских компетенций посредством включения студентов в научно-исследовательскую работу, раскрываются в работах Т.А. Бабкина, В.Э. Дрейзина, А.В. Еликова, Е.О. Кинишова, В.В. Колпакова, М.Н. Липинской, Н.С. Малуковой, Т.Н. Рыбцовой, А.А. Ткачук, Е.А. Томиловой, С.Ю. Шаганова, А.Н. Щеглеватых и др.

Одновременно в научной литературе нашли своё отражение следующие направления деятельности кафедры как учебно-научного подразделения вуза: научное (Г.В. Бобрышева, А.О. Звоникова, Н.А. Илюхина, С.В. Костарев, С.З. Магомедсаидова, А.М. Рыбников, Е.С. Скобликова, Н.В. Соловова, Р.И. Турханова, Н.С. Чекалкин, Д.В. Шамсутдинова, С.Н. Яшкин и др.); учебно-методическое (Т.В. Андрияшина, О.В. Басова, Э.М. Кравчяня, А.А. Кутовенко, О.В. Святова, В.В. Сидорик, В.Л. Соломахо, В.М. Солошенко, Н.Б. Яремчук и др.); профориентационное (А.М. Аникеева, Л.А. Болгова, Г.Н. Бородина, Ю.А. Высоккий, Н.П. Захарченко, С.В. Лопатина, Н.М. Рехтина, А.И. Стерлин, Е.В. Тимофеева, И.Ю. Федина, М.В. Худжина, С.И. Шилленко и др.) и др.

В свою очередь, в научной литературе также рассматриваются вопросы, связанные с управлением кафедрой (О.А. Шальнова, М.В. Зинцова, Н.В. Соловова, С.Н. Яшкин, Н.М. Савина), ролью заведующего в повышении эффективности её деятельности (Т.Н. Иванова, И.Н. Мельникова, С.Д. Резник, О.А. Сазыкина, О.Н. Широков и др.), а также ролью кафедры в совершенствовании профессионализма её профессорско-преподавательского состава (М.Ю. Карелина, Т.Ю. Черепнина и др.).

Проведённый анализ литературы позволил определить основные цели, задачи, направления и содержание деятельности кафедры, а также условия, способствующие качественному решению стоящих перед ней задач по осуществлению профессиональной подготовки обучающихся в контексте требований к современной высшей школе.

Для достижения цели осуществления подготовки будущих выпускников высшей профессиональной квалификации, владеющих системой теоретических и прикладных знаний и компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО, кафедрой реализуется комплекс задач: организация и осуществление уровней профессиональной подготовки обучающихся; создание условий для их личностного и профессионального самоопределения, удовлетворения средствами организации образовательного процесса в высшей школе потребности обучающихся в умственном, духовно-нравственном и культурном развитии; осуществление научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем кафедры; обеспечение качества преподавания дисциплин, курсов, модулей в соответствии с требованиями ФГОС и учебными планами подготовки по профилю кафедры, включая программы и учебные планы послевузовского и дополнительного профессионального образования и др. [3; 4].

В соответствии с решаемыми задачами выстраиваются основные направления деятельности кафедры, каждое из которых прямо или опосредованно влияет на качество реализуемой в высшей школе профессиональной подготовки будущих выпускников [5; 6].

Так, эффективное осуществление учебно-методической деятельности способствует в первую очередь повышению эффективности учебного процесса, содействуя формированию широкого круга профессиональных компетенций, включая систему научно-профессиональных знаний, практических умений и навыков. В рамках данного направления на кафедре осуществляется:

- разработка рабочих программ учебных дисциплин, реализуемых кафедрой, а также всей документации учебно-методического обеспечения;
- проведение профессорско-преподавательским составом предусмотренных учебным планом всех форм и видов учебных занятий с применением современных образовательных технологий;
- руководство всеми видами практик, относящихся к компетенции кафедры, на уровне бакалавриата (магистратуры, аспирантуры);
- организация и осуществление руководства профессорско-преподавательским составом кафедры самостоятельной работы студентов;
- проведение контроля успеваемости обучающихся (текущего, промежуточного, итогового);
- осуществление руководства курсовым и дипломным проектированием;

– внедрение в образовательный процесс вуза инновационных образовательных технологий;

– мониторинг потребности в основной и дополнительной учебной литературе по профилю преподаваемых профессорско-преподавательским составом кафедры дисциплин, её актуализация и пополнение (включая электронные информационные ресурсы);

– разработка и публикация учебной и учебно-методической литературы по профилю преподаваемых на кафедре дисциплин (учебников, учебных и учебно-методических пособий, рабочих тетрадей, методических указаний и др.);

– изучение и обмен опытом ведущих преподавателей кафедры и начинающих свою профессиональную деятельность и т.д.

Одновременно с осуществлением профессорско-преподавательским составом кафедры учебно-методической работы, как одного из важнейших условий обеспечения качества профессиональной подготовки обучающихся, ими реализуется миссия развития научной отрасли знания по профилю кафедры, т.е. осуществления научно-исследовательской работы, включающей:

– осуществление профессорско-преподавательским составом кафедры научно-исследовательской работы по утверждённой тематике НИР;

– внедрение результатов НИР в образовательный процесс вуза;

– организация и проведение профессорско-преподавательским составом кафедры научно-методических и научно-практических конференций, а также участие в конференциях сторонних организаторов;

– апробация результатов научных исследований в публикациях преподавателей кафедры (монографий и научных статей, издаваемых в рецензируемых изданиях);

– осуществление личного и межкафедрального научного взаимодействия с ведущими учёными в области преподаваемых наук, а также родственными кафедрами, диссертационными советами и др.;

– принятие по результатам кафедрального обсуждения научно-исследовательских работ решения о рекомендации их к внедрению;

– обсуждение кандидатур для приёма в аспирантуру (докторантуру), утверждение индивидуальных планов работы аспирантов, докторантов и соискателей, заслушивание их отчетов и проведение в установленные сроки аттестации;

– осуществление профессорско-преподавательским составом кафедры руководства научно-исследовательской работой сту-

дентов (написание статей, участие в научных кружках, конкурсах, олимпиадах и др.).

Активная научно-исследовательская деятельность профессорско-преподавательского состава кафедры способствует повышению их профессиональной компетентности, оказывая влияние на качество осуществляемого ими учебного процесса; выступает условием осуществления тесного взаимодействия теории и практики, вуза и работодателей; способствует формированию исследовательских компетенций у обучающихся.

Помимо учебно-методической и научно-исследовательской деятельности кафедра также традиционно осуществляет:

– проведение воспитательной работы с обучающимися (работа кураторов в студенческих группах, включение студентов в разнообразную внеаудиторную деятельность, работа со старостами студенческих групп, сопровождение адаптации студентов-первокурсников и др.), направленной на формирование у обучающихся широкого круга универсальных компетенций, профессионально значимых личностных качеств и свойств;

– профориентационную работу и работу по содействию трудоустройству выпускников (участие в организации приёма в вуз, профессиональная ориентация учащейся и работающей молодёжи, проведение занятий на подготовительном отделении и подготовительных курсах, поддержание связи с выпускниками и др.), способствующую успешной учебно-профессиональной адаптации обучающихся в высшей школе и профессиональной адаптации выпускников;

– взаимодействие с образовательными организациями и работодателями (сотрудничество с профильными кафедрами вузов региона, страны, ближнего и дальнего зарубежья, научно-исследовательскими организациями, а также фирмами (предприятиями), создание базовых кафедр и др.) как условие обеспечения практико-ориентированной профессиональной подготовки студентов в соответствии с последними научными достижениями предметной области и педагогики высшей школы;

– работу с кадрами и ресурсному обеспечению (оценка потребности в кадрах на сегодняшний день и перспективу, подбор и расстановка кадров, формирование кадрового резерва, повышение квалификации и профессиональная переподготовка профессорско-преподавательского состава и др.) как важнейшего условия качественного осуществления функций кафедры по профессиональной подготовке будущих выпускников.

Современные исследования показывают, что качество решения стоящих перед кафедрой задач по осуществлению профессиональной подготовки обучающихся в высшей школе зависит от целого ряда условий [3; 5; 6]. Анализ работ позволил выделить следующие из них:

– наличие научно обоснованной стратегии развития кафедры (О.А. Воскресенко, В.М. Гончар, В.В. Полукаров, С.Д. Резник, О.А. Сазыкина, С.В. Сергеева и др.);

– степень сплочённости педагогического коллектива, характер сложившегося в нём социально-психологического климата (М.С. Бойко, В.Н. Ильичева, И.Е. Метлицкий, О.А. Наумич, Д.А. Соколов, А.А. Шевченко и др.);

– профессиональная компетентность заведующего кафедрой как руководителя структурного подразделения (Т.Н. Иванова, И.Н. Мельникова, С.Д. Резник, О.А. Сазыкина, О.Н. Широков и др.);

– преемственность поколений на кафедре, изучение, сохранение и преумножение кафедральных традиций (О.А. Воскресенко, С.В. Сергеева, В.В. Полукаров и др.) и др.

Заключение

В целом кафедра, являясь первичным звеном в образовательной системе вуза, является одним из важнейших факторов, определяющих качество осуществляемой в высшей школе профессиональной подго-

товки студентов. Каждое из традиционно сложившихся в высшей школе направлений деятельности кафедры прямо или опосредованно оказывает влияние на формирование как собственно профессиональных, так и универсальных компетенций обучающихся, определяя их дальнейшую конкурентоспособность на рынке труда.

Список литературы

1. Устичев О.Г. Деятельность кафедры военного вуза по подготовке офицеров-преподавателей к педагогической деятельности // Вестник Оренбургского государственного университета. 2020. № 3 (226). С. 106–114.
2. Доронина Л.А., Старцева М.В. Организационные вопросы деятельности кафедры в высшем учебном заведении // Кадровик. 2019. № 5. С. 126–131.
3. Гончар М.В. Стратегия развития кафедры как условие качества формирования управленческих компетенций субъектов образовательной деятельности // Перспективы развития современного образования: от дошкольного до высшего: сборник статей Девятых Всероссийских Шаповских педагогических чтений научной школы Управления образовательными системами (г. Москва, 25 января 2017 г.). М.: МПГУ, 2017. С. 218–221.
4. Зиновьев Ф.В. Управление деятельностью кафедры: монография. Симферополь, 2020. 128 с.
5. Фомина Т.П., Разгоняева Д.В. Оценка эффективности деятельности кафедры университета // Вопросы педагогики. 2021. № 3–2. С. 233–237.
6. Симоненко А.А., Панфилов А.Н. Критерии оценки эффективности деятельности кафедры как структурного подразделения университета // Фундаментальные и прикладные исследования в науке и образовании: сборник статей Международной научно-практической конференции (г. Тюмень, 5 июня 2019 г.). Уфа: Аэтерна, 2019. С. 325–327.

УДК 797.215.2

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ НЕОБХОДИМОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДГОТОВКИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ПЛОВЦОВ В ЛАСТАХ

Дудченко П.П.

*ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им Л.Н. Толстого»,
Тула, e-mail: info@tsput.ru*

В статье раскрыты факторы, определяющие необходимость совершенствования системы подготовки квалифицированных пловцов в ластах с целью повышения спортивных результатов и сохранения лидирующих позиций в условиях современной мировой конкуренции в области подводного спорта. Основным фактором, определяющим необходимость совершенствования системы подготовки пловцов в ластах, показанным в статье, является научное обеспечение и нерациональное применение при работе с квалифицированными пловцами в ластах практических разработок, которые научно не обоснованы и в ряде случаев приводят к травматизму и появлению отрицательного спортивного результата психических состояний, что приводит к уходу пловцов в ластах из профессионального спорта. Выявленная нестабильность в области большого количества практических разработок в одной области подготовки пловцов в ластах и с практическим отсутствием в другой, в совокупности не дают значительно повысить эффективность тренировочного процесса. Рассмотрены проблемы современных условий подготовки пловцов в ластах и представлены рекомендации для заинтересованных лиц, работающих в системе подводного спорта, а также в области организационных аспектов системы физической культуры и спорта Российской Федерации. Представленные факторы частным образом отвечают на вопросы, как добиваться наивысших результатов по плаванию в ластах на отборочных соревнованиях и каковы возможности повышения показанного результата на мировой арене. Подчеркивается необходимость постоянного поиска творческих решений и экспериментальной практики, основанной на научном подходе, обеспечивающих дальнейший прогресс подводного спорта.

Ключевые слова: квалифицированные пловцы в ластах, факторы системы подготовки пловцов в ластах, тренировочный процесс плавания в ластах, научное обеспечение подводного спорта

FACTORS DETERMINING THE NEED TO IMPROVE THE TRAINING OF QUALIFIED SWIMMERS IN FINS

Dudchenko P.P.

Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, Tula, e-mail: info@tsput.ru

The article reveals the factors determining the need to improve the system of training qualified swimmers in fins in order to improve sports results and maintain leading positions in the conditions of modern world competition in the field of underwater sports. The main factor determining the need to improve the system of training swimmers in fins shown in the article is the scientific support and not rational use of practical developments when working with qualified swimmers in fins, which are not scientifically justified and in some cases lead to injuries and the appearance of negative sports results of mental states, which leads to the departure of swimmers in fins from professional sports. The revealed instability in the field of a large number of practical developments in one area of training swimmers in fins and a practical absence in another, together do not significantly increase the effectiveness of the training process. The problems of modern conditions of training swimmers in fins are considered and recommendations are presented for interested persons working in the underwater sports system, as well as in the field of organizational aspects of the physical culture and sports system of the Russian Federation. The presented factors privately answer the question of how to achieve the highest results in swimming in fins at qualifying competitions and the possibility of increasing the result shown on the world stage. The necessity of constant search for creative solutions and experimental practice based on a scientific approach to ensure the further progress of underwater sports is emphasized.

Keywords: qualified swimmers in fins, factors of the system of training swimmers in fins, the training process of swimming in fins, scientific support of underwater sports

Анализ высокой динамики роста достижений и возрастающая конкуренция на мировой арене в подводном спорте позволяют судить о необходимости совершенствования подготовки пловцов в ластах. Совершенствование системы подготовки квалифицированных пловцов в ластах, по мнению автора, на основе учета ряда факторов, позволит более эффективно управлять тренировочным процессом в данном виде спорта.

Современная спортивная подготовка пловцов в ластах высокого класса – это, прежде всего, сознательная, творческая и про-

думанная деятельность, равнонаправленный процесс взаимодействия тренера с его учениками. Даже при тренировке с высококвалифицированным наставником на современном тренировочном оборудовании и совершенной базе для подготовки невозможно добиться высоких результатов, если не будет отдачи от каждого участника такой деятельности. Вышесказанным утверждением хочется подчеркнуть, что совершенствование системы подготовки пловцов в ластах будет неактуальным, если выделенные факторы будут учитываться только формально.

Заключение, сделанное В.Н. Платоновым в отношении планирования тренировочного процесса в классическом плавании, по мнению автора, сопоставимо и при работе с пловцами в ластах, о том, что проделан большой объем работы в отношении количественной стороны процесса подготовки и что пришло время для качественного его изменения. Исследования показали, что при работе с ведущими спортсменами применение средств и методов во многом подбирается интуитивно, следствием чего является, что 30% работы выполняется не сопоставимо задачам подготовки [1].

Практически половина квалифицированных пловцов в ластах тренируются в условиях, которые технически отстают от условий, предъявляемых мировой практикой, и в тренировочных упражнениях используют устаревший инвентарь, такое положение ставит задачи о выделении и описании ряда факторов, которые, по мнению автора, приведут к совершенствованию системы подготовки пловцов в ластах.

Цель исследования: обозначить ведущие факторы, определяющие пути совершенствования системы подготовки квалифицированных пловцов в ластах.

Материалы и методы исследования

Материал статьи сформирован на основе анализа доступных литературных источников, опросов ведущих тренеров, представителей Всероссийской федерации подводного спорта и руководителей её отделений, наблюдений за выполнением упражнений по плаванию в ластах ведущими спортсменами сборной Российской Федерации по плаванию в ластах, собственной тренерской практики по плаванию в ластах и участия в конференциях различного уровня, где были обозначены аспекты подводного спорта.

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из первых факторов целесообразно отметить научное обеспечение. По мнению В.Г. Никитушкина, научное обеспечение имеет приоритетное значение при разработки современных методик подготовки спортсменов различных профилей [2]. Проблемой в методике подготовки пловцов-подводников является сложность научного обобщения практического опыта тренерской деятельности, что подтверждается скудным количеством методических материалов по подготовке квалифицированных пловцов в ластах. Своевременное внедрение в повседневную практику достижений научного и научно-технического

прогресса является одним из решающих моментов, повышающих эффективность подготовки спортсменов [3].

Основные методические материалы подготовки пловцов в ластах разработаны советской школой, которые и являются научной базой при разработке стандарта подготовки пловцов в ластах, учебных планов и программ развития подводного спорта. При наблюдении и опросах во время работы ведущих специалистов со спортсменами-подводниками высокой квалификации можно констатировать, что совершенствование технического мастерства пловцов в ластах ведется на основании частного тренерского опыта и в большинстве случаев научно не оправдано. По мнению В.Н. Платонова, ведущие тренеры в мировом плавании четко определили, что комплексная функциональная подготовка и эффективная техника – это две основные составляющие высокого спортивного результата, и в отношении классического плавания эти две составляющие опираются на научно доказанную теоретическую базу [1].

Хочется добавить также о практически отсутствии материалов по анализу гидродинамики плавания в ластах и снижения гидродинамического сопротивления. В классическом плавании представлен ряд работ, посвященных проблемам гидродинамики, например работы А.В. Аришина, С.В. Колмогорова, Д.Ф. Мосунова и т.д. [4; 5]. Методических работ, посвященных определению значимых гидродинамических характеристик в плавании в ластах (шаг, цикл, внутрицикловая скорость, темп, ритм, угол атаки, угол атаки рабочей плоскости и т.д.), влияющих на технику плавания в ластах, для общей доступности не представилось возможным найти. Все эти понятия не подвергались детальному анализу, и в отношении подготовки пловцов в ластах можно сделать вывод, что есть большой задел для построения более рациональной техники плавания как в моноласте, так и классических ластах, и что применительно к плаванию в ластах должны учитываться не только модельные характеристики относительно способа плавания в ластах, индивидуальных особенностей спортсменов, конструкций ласт, но и вышеперечисленные гидродинамические показатели.

С бурным развитием, высокой популяризацией и высоким ростом спортивных достижений в плавании в ластах, а также с повышением уровня специализации как по плаванию в ластах в целом, так и по отдельным ее дисциплинам актуализируется значение факторов, спортивной ориентации и спортивного отбора. Молоде-

ющий состав сборной страны показывает, что юные спортсмены составляют высокую конкуренцию взрослым, а в некоторых видах программы даже превосходят их. Однако прослеживается ситуация, когда молодой спортсмен, показав высокий спортивный результат, не способен улучшить в дальнейшем или даже сохранить такой показатель, что в большинстве случаев приводит к уходу перспективного спортсмена из спорта. По мнению С.М. Погудина и Д.В. Фонарева, в современных условиях значению спортивной ориентации и отбору уделяется недостаточное значение, и они проводятся без должного научно-методического обеспечения [6]. Если речь идет о плавании в ластах, то можно наблюдать схожую ситуацию, когда при отборе учитываются только уровень физического развития и показатели тестов двигательных качеств, а генетическая предрасположенность, психологические особенности личности не учитываются вовсе. Показать и сохранить высокий спортивный результат в плавании в ластах могут только предрасположенные к этому виду деятельности спортсмены, которые обладают необходимым набором особенностей. Выявление и формирование средствами спорта таких особенностей является важнейшей тренерской задачей, что еще раз подчеркивает актуальность заблаговременного определения личностной предрасположенности к данному виду спорту и специализации в отдельных его дисциплинах [7].

Как уже выше подчеркивалось, разработка и обеспечение методическими пособиями специалистов в области подводного спорта является одной из приоритетных задач, так как такое состояние научного обеспечения не позволяет проводить эффективное повышение квалификации, подготовку и переподготовку кадров. На основе этого положения можно судить о следующем факторе совершенствования системы подготовки пловцов в ластах – это перспективное кадровое обеспечение. Эффективная система подготовки высококвалифицированных пловцов в ластах не может существовать без насыщения сферы подводного спорта высоко подготовленными кадрами. Можно выделить два аспекта этого фактора, а именно старение тренерского состава работающих в области подводного спорта, и второй момент – уровень их образования. Проблема старения тренерского состава с каждым годом становится более явно выражена, и можно видеть такую картину: когда ведущий тренер отделения подводного спорта региона страны уходит на пенсию или умирает, то и постепенно в этом регионе закрывается отделение по подготовке пловцов

в ластах, или спортсмены – представители этого региона становятся неконкурентоспособными. В спортивных школах подводного спорта наблюдается ситуация: молодые кадры неактивно идут на работу в сфере подводного спорта из-за небольшой заработной платы и вакантного места, не соответствующего их профессиональному уровню, а также нежелания возрастных работников уходить на пенсию и передавать молодым свои тренерские наработки, так как видят в них конкурентов. По проведенному анализу М.Ю. Щенниковой было констатировано, что в организациях, осуществляющих подготовку спортсменов по различным направлениям, остро стоит проблема развития кадрового потенциала, так как прослеживается недостаточный уровень подготовленности тренерского состава [8]. Данное исследование также относится и к подводному спорту и подтверждает отмеченный фактор кадрового обеспечения системы подготовки квалифицированных пловцов в ластах и необходимость совершенствования подготовки молодых специалистов по данному направлению и привлечения в отрасль подводного спорта перспективных специалистов. В отношении профессиональной подготовки тренеров по подводному спорту можно наблюдать, что в учебных заведениях подводному спорту уделено недостаточное внимание, хотя его дисциплина – плавание в ластах – признана Олимпийским комитетом, и ведутся переговоры, и имеется ряд уже подписанных международных документов о включении дистанций плавания в ластах в программу Олимпийских игр в ближайшее время. Лучшее, что можно наблюдать – это факультативные занятия по данному направлению, и получается так, что выпускаемые специалисты для эффективной работы должны иметь собственный профессиональный спортивный стаж и уметь преобразовывать тренировочные программы и методические материалы подготовки спортсменов классического плавания для пловцов в ластах. Хочется также отметить при рассмотрении понятия перспективных специалистов, что подводный спорт нуждается не только в высококвалифицированных тренерах в области подводного спорта, но и в специалистах, обслуживающих спортивные сооружения; научных сотрудниках; психологах; массажистах; медиках; спортивных судьях и руководителях, которые способны осуществлять перспективные шаги по пути совершенствования и опережения в мировой конкуренции.

Следующий фактор, который имеет также ведущее значение – это условия для подготовки спортсменов-подводников и их тех-

ническое обеспечение. В исследованиях, проведенных В.М. Крыловой, было показано, что большинство спортивных школ, клубов, центров спортивной подготовки не имеют собственных спортивных сооружений и вынуждены арендовать объекты спорта у коммерческих организаций [9]. При анализе условий работы по подводному спорту в большинстве регионов такая ситуация имеет место быть. Причем коммерческие организации, имеющие в своей собственности спортивные сооружения, диктуют свои условия по времени, численности занимающихся, количеству пловцов на дорожке и т.д., что в свою очередь часто не соответствует стандарту подготовки и тренировочному плану. Тренеры вынуждены подстраиваться под диктуемые условия, менять тренировочные планы, вносить какие-то альтернативные виды подготовки, что в итоге значительно влияет на спортивный результат. Также хочется отметить, что арендуемые спортивные объекты в ряде случаев не соответствуют уровню, необходимому для работы со спортсменами высокого класса. В отношении бассейна это могут быть низкие борта поворота, выпирающие элементы для спуска лиц с ограниченными возможностями в воду, низкая глубина, нестандартные размеры чаши, отсутствие стартовых тумбочек или их наличие с нестандартной конструкцией, отсутствие волногасителей, разметки, несоответствие стандарту состава и температуры воды и т.д. Прослеживается ярко выраженная закономерность, что спортсмены – представители регионов, где спортивные школы имеют в своей базе отвечающий современным требованиям плавательный бассейн, более успешны на всероссийских и международных соревнованиях.

Плавание в ластах, исходя из названия, подразумевает преодоление заданных дистанций в ластах. Технический прогресс не стоит на месте, и за многовековую историю конструкция ласт прошла большое количество модернизаций: от той модели, которую предлагал Леонардо да Винчи, до современных изделий. Технические требования, предъявляемые к конструкции ласт, весьма демократичные и, не вдаваясь в технические описания, предъявляемые к ластам, отметим, что часто можно видеть ситуацию, когда производитель, изготовив новую прогрессивную модель, не успевает обеспечить рынок, и конкуренты в области производства ласт также не в состоянии быстро предложить эквивалент, и, естественно, преимущество будут иметь те спортсмены, которые успели обзавестись передовой разработкой. Со-

временные модели ласт изготавливаются из инновационных материалов с применением сложных технических процессов, которые, соответственно, весьма затратные, следствием чего является высокая цена современного спортивного оборудования для плавания в ластах [10]. Во многих спортивных школах покупка спортивного инвентаря ложится на самих занимающихся или их родителей. Высокая стоимость спортивного оборудования приводит в некоторых случаях к уходу спортсменов из спортивных секций, и так напрашивается следующий фактор совершенствования системы подготовки пловцов в ластах – финансирование спортсменов.

Реализация всех вышеперечисленных факторов невозможна без планового финансирования. Большинство спортсменов – пловцов в ластах – это представители спортивных школ и центров подготовки, имеющих бюджетное финансирование. Однако, как было отмечено в исследованиях Н.Ю. Борисовой, бюджета спортивной школы не всегда хватает для реализации запросов спортивной практики: аренда спортивного сооружения, обеспечение современным инвентарем, тренировочными устройствами, спортивной формой, поездки на соревнования и учебно-тренировочные сборы, заработная плата тренеров, спортсменов, заинтересованных специалистов т.д. Эта картина усложняется дополнительно рядом условий, а именно: рост валюты, удорожание коммунальных носителей, изменение условий труда, связанное с усложнением технологии подготовки, и т.д. [11]. При планировании бюджета подготовки квалифицированного спортсмена – пловца в ластах достаточно сложно сопоставить необходимую смету на его подготовку и участие в международных стартах, так как не известно, каким с учетом конкуренции будет его рейтинг в национальной команде, сможет ли он выполнить условия отбора на международные соревнования и т.д. Также вновь хочется подчеркнуть проблему, что современные ласты для подводного спорта изготавливаются из специальных материалов с применением технологий, направленных на достижение в таких изделиях высокого спортивного результата, что часто сказывается на надежности такой ласты, и при активном ее использовании, что диктует спортивная практика, быстро приводит к негодности ласты и необходимости замены дорогостоящего оборудования. Как уже ранее подчеркивалось, в отношении наличия бассейна в собственности спортивной школы и успешности ее воспитанников такая же зависимость существует между ре-

зультатами и финансированием такой спортивной организации.

Дополнением, по мнению автора, к вышеперечисленным факторам и подчеркиванием их значимости стоит отметить также фактор организационно-управленческой структуры подводного спорта. Организация оптимальных условий для развития плавания в ластах невозможна без эффективной работы управленческой структуры, под которой понимается ряд взаимодействий множества специализированных спортивных и коммерческих организаций. Стоит согласиться с мнением М.Г. Разыграева и И.А. Шукина, что спорт с каждым днем сильнее уходит в сферу бизнеса [12]. Можно проследить, как во многих регионах создаются коммерческие секции по подводному спорту, основной целью которых является оздоровительный эффект плавания, прикладные возможности плавания в ластах и т.д. Многие спортсмены уходят из профессионального спорта с целью финансового обогащения, следствием чего можно наблюдать, как национальная сборная теряет лидирующие позиции в ряде дисциплин подводного спорта. Также ситуация в некотором образе ухудшается по сравнению с советским периодом, когда подводному спорту отдавалось более весомое военно-прикладное значение и была активно реализована поддержка от заинтересованных в развитии подводного спорта военных организаций, и можно проследить, что численность участников в дисциплинах, которые представляли прикладной интерес, была гораздо выше. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о необходимости совершенствования системы, организационно-управленческой структуры, создания системы дополнительных стимулов для повышения мотивации к полной реализации в деятельности квалифицированных спортсменов.

Заключение

В заключение следует отметить, что показанные в статье факторы представлены в узкой форме и далеко не ограничивают проблему необходимости совершенствования системы подготовки квалифицированных пловцов в ластах и, по мнению автора,

дадут множество идей для заинтересованных специалистов для поиска перспектив в области кадрового потенциала, улучшении системы спортивной ориентации и отбора, совершенствовании средств и методов подготовки, восстановления спортсменов, основанных на научном подходе, а также в улучшении условий подготовки с привлечением дополнительных источников финансирования и созданием системы дополнительных стимулов для спортсменов и работников подводного спорта, что в совокупности даст резкий скачок роста спортивных результатов.

Список литературы

1. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. М.: Советский спорт, 2005. 820 с.
2. Никитушкин В.Г., Квашук П.В., Бауэр В.Г. Организационно-методические основы подготовки спортивного резерва: монография. М.: Советский спорт, 2005. 232 с.
3. Ремзи И.В. Проблема оптимизации тренировочного процесса квалифицированных спортсменов // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. 2017. № 1. С. 41–45.
4. Мосунов Д.Ф. Оценка кинетической энергии цикла перемещений системы «Пловец-вода» // Ученые записки университета Лесгафта. 2017. № 4 (146). С. 138–144.
5. Колмогоров С.В. Кинематические и динамические характеристики установившегося нестационарного движения элитных пловцов // Российский журнал биомеханики. 2008. № 4. С. 59–74.
6. Фонарев Д.В., Погудин С.М. Теоретико-методологические аспекты физкультурно-спортивной ориентации и отбора олимпийского резерва // Наука и спорт: современные тенденции. 2019. № 2. С. 46–51.
7. Дудченко П.П., Аксенов В.П., Шувалов Ю.Н. Монотонность как фактор достижения успешности спортивной деятельности юных пловцов в ластах // ТиПФК. 2013. № 8. С. 13–16.
8. Щенникова М.Ю., Петров С.И. Подготовка кадров для спорта: современное состояние и направления развития // Ученые записки университета Лесгафта. 2017. № 5 (147). С. 203–211.
9. Крылова В.М., Арутюнов Б.А. Основные направления развития материально-технической базы для подготовки спортивного и олимпийского резерва // Вестник спортивной науки. 2013. № 5. С. 22–26.
10. Дроздов М.А., Галайко В.В. Усовершенствование моноласты // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2019. № 2. С. 710–712.
11. Борисова Н.Ю. Проблемы финансирования спортивных организаций // МНИЖ. 2014. № 7–2 (26). С. 6–9.
12. Разыграева М.Г., Шукин И.А. Совершенствование системы управления физической культурой и спортом // Научные записки молодых исследователей. 2014. № 5. С. 79–82.

УДК 378.1:372.851

**ФОРМИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ
СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА В УСЛОВИЯХ МАГИСТРАТУРЫ****Капкаева Л.С.***ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет им М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: lskapkaeva@mail.ru*

В статье рассмотрены направления формирования математической компетентности студентов педагогического вуза в условиях магистратуры. Компетентность понимается как владение компетенцией, содержание которой составляют знания, умения и способы действий. В современном математическом образовании всё чаще появляются проблемы, требующие комплексного решения, применения углубленных фундаментальных и прикладных знаний по математике. Подготовка кадров такого уровня ведется сегодня в магистратуре. В ходе исследования раскрыто содержание понятия «математическая компетентность» будущего педагога и особенности её формирования в условиях магистратуры. Обосновано, что математическая компетентность будущего учителя математики должна формироваться с учетом структуры и логики математических дисциплин и с учетом профессионального поля деятельности – образования. Основными составляющими математической компетентности выпускников магистратуры являются: способность представлять структуру математических методов и применять их для решения задач повышенного уровня сложности; способность интегрировать математические знания и использовать интеграцию методов в решении задач разных типов и видов; способность осуществлять математическое моделирование заданной ситуации и выделять этапы моделирования; способность использовать информационные технологии в решении математических задач и задач профессиональной деятельности и др. К математической компетентности относится также компетентность будущего учителя в области предмета математики и его эволюции.

Ключевые слова: педагогическое образование, магистратура, математическое образование, математическая компетентность, формирование математической компетентности

**FORMATION OF MATHEMATICAL COMPETENCE OF STUDENTS
OF A PEDAGOGICAL UNIVERSITY IN THE CONDITIONS OF MASTER'S SCHOOL****Капкаева Л.С.***Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evsevev, Saransk, e-mail: lskapkaeva@mail.ru*

The article discusses the directions of the formation of mathematical competence of students of a pedagogical university in the conditions of a master's degree. Competence is understood as the possession of competence, the content of which is knowledge, skills and methods of action. In modern mathematics education, more and more often there are problems that require complex solutions, the use of in-depth fundamental and applied knowledge in mathematics. Training of personnel of this level is carried out today in the magistracy. In the course of the research, the content of the concept of "mathematical competence" of a future teacher and the peculiarities of its formation in the conditions of a master's degree are revealed. It is substantiated that the mathematical competence of a future mathematics teacher should be formed taking into account the structure and logic of mathematical disciplines and taking into account the professional field of activity – education. The main components of the mathematical competence of graduates of the master's degree are: the ability to represent the structure of mathematical methods and apply them to solve problems of an increased level of complexity; the ability to integrate mathematical knowledge and use the integration of methods in solving problems of different types and types; the ability to carry out mathematical modeling of a given situation and highlight the stages of modeling; the ability to use information technologies in solving mathematical problems and problems of professional activity, etc. Mathematical competence also includes the competence of a future teacher in the field of the subject of mathematics and its evolution.

Keywords: pedagogical education, master's degree, mathematical education, mathematical competence, the formation of mathematical competence

На современном этапе образовательный процесс в педагогических вузах реализуется в условиях двухуровневой системы – бакалавриата и магистратуры – на основании положений и требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО), который соответствует данному уровню подготовки. Обучение по программе бакалавриата осуществляет базовую фундаментальную подготовку, а по программе магистратуры ведется специализированная и углубленная подготовка студентов. Магистратура понимается как второй уровень высшего образования.

Основным подходом к организации учебного процесса в стандартах бакалавриата и магистратуры обозначен компетентностный подход. Он ориентирует на формирование универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций у обучающихся, а также на самоопределение и развитие индивидуальности каждого студента. В соответствии с данным подходом цели математического образования в педвузе предполагают формирование компетентной личности, способной к профессионально-педагогической деятельности в условиях информационного общества.

«В современном обществе всё большее значение приобретает способность комплексного решения разного рода проблем с применением углубленных фундаментальных и прикладных знаний, получаемых по различным направлениям. Этим требованиям сегодня в большей степени соответствуют выпускники магистратуры» [1, с. 75]. Цель обучения в магистратуре по различным направлениям подготовки – подготовка кадров более высокой квалификации по сравнению с бакалавриатом, которая предусматривает углубленное освоение профильных дисциплин, прохождение производственной практики, самостоятельное выполнение исследовательских проектов.

В Мордовском государственном педагогическом университете разработана магистерская программа по направлению «Педагогическое образование», профиль «Математическое образование». Цель этой программы – подготовить выпускников, которые способны, опираясь на сформированные в процессе обучения компетенции, качественно и самостоятельно решать задачи профессиональной деятельности в области математического образования. В программе определены три типа задач профессиональной деятельности: педагогический, проектный и научно-исследовательский – выделены соответствующие им компетенции и индикаторы их достижения. В качестве основной педагогической задачи поставлена задача реализации образовательных программ разного уровня (базового и углубленного) по математике на ступени среднего общего образования. Следующие два типа задач (проектный и научно-исследовательский) ориентированы на проектирование содержания таких программ и их учебно-методического обеспечения, а также на анализ системы математического образования и создания механизмов и инструментария для её совершенствования.

Для достижения цели и задач, сформулированных в магистерской программе, необходим высокий уровень математической компетентности будущего педагога.

Цель исследования – раскрыть содержание понятия «математическая компетентность будущего учителя математики» и разработать приемы её формирования у студентов педагогического вуза в условиях магистратуры.

Материалы и методы исследования

В ходе исследования использовались материалы ФГОС ВО по направлению подготовки «Педагогическое образование», а также содержание математических и методических дисциплин, изучаемых в педа-

гогическом вузе на уровнях бакалавриата и магистратуры. Для получения результатов применялись следующие методы: наблюдение за процессом усвоения математических знаний; беседа с обучающимися и преподавателями; педагогический эксперимент; анализ и обобщение собственного опыта обучения студентов магистратуры математическим дисциплинам.

Результаты исследования и их обсуждение

Использованию компетентностного подхода в математическом образовании посвящены работы таких авторов, как Р.А. Абдусаламов, Н.А. Бушмелева, Г.И. Саранцев, Е.А. Сетько, В.А. Тестов и др. Однако в научной литературе формированию математической компетентности студентов магистратуры педагогического направления, на наш взгляд, уделяется недостаточно внимания. Не выделены четко компетенции, составляющие математическую компетентность будущего педагога-магистра, не указаны приемы их формирования. Остановимся на этом подробнее.

Понятие «компетенция/компетентность» трактуется по-разному, наиболее распространенной является трактовка, согласно которой содержание компетенции составляют знания, умения и способы действий. Компетенция, для того чтобы стать компетентностью конкретной личности, должна пройти через деятельность. Компетентность, как отмечает В.Н. Янушевский, это знание в действии [2, с. 5]. Исходя из определения математики как науки, математическая компетентность – это способность структурировать данные, выделять математические отношения, строить математическую модель ситуации, анализировать и преобразовывать её, интерпретировать полученные результаты [3]. Иначе говоря, математическая компетентность предполагает владение математическими методами и адекватное их применение при решении проблем, возникающих в профессиональной сфере и в повседневной жизни.

Учитывая вышесказанное, можно выделить следующие компетенции, составляющие математическую компетентность будущего учителя математики, формируемую у студентов педагогического направления в условиях магистратуры:

- способность представлять структуру основных математических методов и применять их для решения задач повышенного уровня сложности;
- способность интегрировать математические знания и применять интеграцию

алгебраического и геометрического методов в решении задач разного уровня сложности;

– способность осуществлять математическое моделирование ситуации, представленной в задаче, с соблюдением этапов моделирования и различать «мягкие» и «жесткие» модели;

– способность обосновывать основные понятия и утверждения элементарной математики с точки зрения высшей математики;

– способность использовать информационные технологии в решении математических задач повышенного уровня сложности и задач профессиональной деятельности.

Для формирования вышеуказанных компетенций следует использовать современные деятельностные технологии, инновационные активные методы преподавания и умело сочетать дистанционные и недистанционные формы организации самостоятельной работы студентов. Основным видом самостоятельной работы по математике является решение задач, поэтому большое значение имеет формирование умений выполнять анализ условия задачи, осуществлять поиск решения путем выявления закономерностей и установления связей между данными и искомыми. Некоторые примеры организации такой работы приведены в статье [4].

Формирование математической компетентности студентов проходит два этапа. Первый этап реализуется в условиях бакалавриата, где они знакомятся с методами фундаментальных математических дисциплин (геометрии, алгебры и теории чисел, математического анализа, теории вероятностей и математической статистики), овладевают действиями, составляющими данные методы. Однако на этом этапе, как показывает практика, знания, полученные в процессе обучения, ещё не переходят в методы. Большинство студентов не могут применять их при решении текстовых и прикладных задач. Одной из причин этого является сокращение количества часов, отводимых на изучение математических дисциплин в условиях бакалавриата, что не позволяет студентам на должном уровне овладеть методами этих дисциплин. Усвоение какого-либо метода предполагает овладение не только действиями, составляющими данный метод, но и его теоретическим базисом (системой знаний). Без системы знаний метод не существует, не сразу система становится методом. «Метод – это такая система знаний, которая уже используется или для дальнейшего познания, или для преобразования объекта. Знание в процессе обучения переходит в метод» [5, с. 155].

Таким образом, на втором этапе, который соответствует уровню магистратуры, должны происходить систематизация и обобщение

базовых математических знаний студентов, полученных в условиях бакалавриата, преобразование их в методы и применение к решению задач. Здесь магистранты должны получить все необходимые знания об изучаемых методах и особенностях их применения в разных ситуациях.

Остановимся кратко на содержании понятия «метод». В теории научного познания и методике обучения математике (Е.И. Лященко, Т.Ф. Кириченко, Г.И. Саранцев и др.) установлено, что знания о методе включают в себя знания о его компонентах (гносеологических и деятельностных) [6]. К гносеологическим компонентам метода относится система знаний, на которой он основан и которая позволяет применять его в разных ситуациях.

Для того чтобы овладеть каким-либо методом задач, надо знать:

1) характер задачи (ее тип, вид) и ее теоретический базис (основные понятия и утверждения, свойства понятий, связи между ними);

2) следствия, полученные в ходе анализа условия задачи и выделения в нем существенных компонентов, результаты выявления закономерностей, установления связей между данными и искомыми;

3) круг задач, решаемых данным методом, и особенности его использования в разных случаях (при разных условиях, в разных системах координат и т.д.).

Деятельностные компоненты метода – это система действий, выполнение которых ведет к решению задачи и получению ответа.

Усвоение магистрантами, будущими учителями, методов математики и понимание методических особенностей этого усвоения имеет большое общеобразовательное и мировоззренческое значение, так как обучение методам направлено на обобщение и систематизацию полученных знаний. Знания, усвоенные в процессе обучения, в результате осмысления через призму метода открывают перед обучающимися другие свои существенные стороны, что способствует их углублению, включению в новые связи, отношения. Наряду с этим изучение методов, установление их гносеологических и деятельностных компонентов дает возможность студентам лучше понять приемы решения отдельных типов задач.

Методы математики выполняют также интегрирующую функцию, которая влияет на формирование определенного мировоззрения обучающихся. Во-первых, через приложения методов можно увидеть связь математики с другими науками, с практикой; во-вторых, выделить общие признаки всех методов математики и условий их применения.

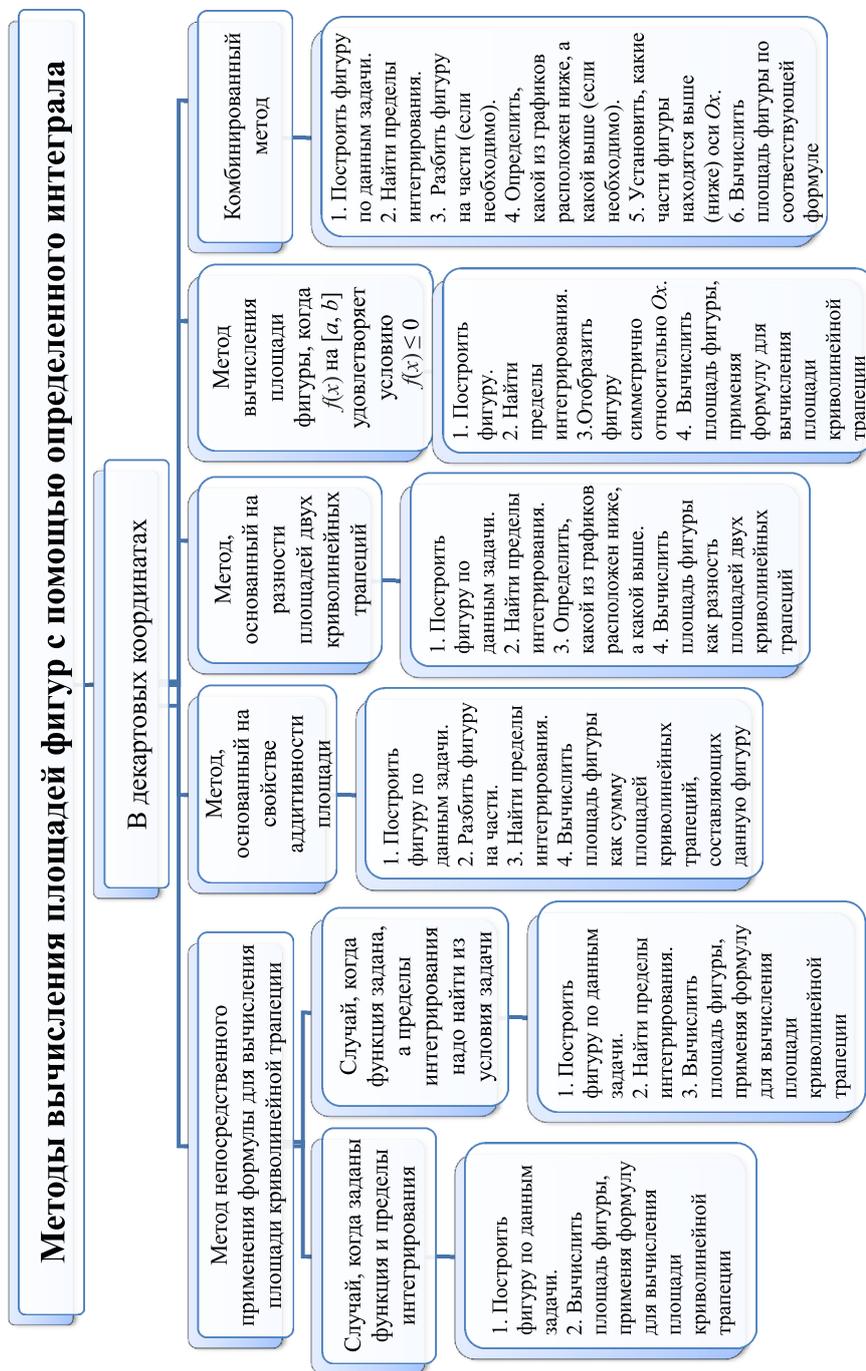


Рис. 1. Структурная схема методов вычисления площадей фигур с помощью определенного интеграла

В методологическом отношении изучение методов математики дает возможность раскрыть перед студентами содержание понятия «метод» и выделить его компоненты. Поэтому в ходе изучения конкретного метода целесообразно представлять его структуру в виде схемы, отражающей его гносеологические и деятельностные компоненты. Задания на составление такой схемы могут быть предложены и для самостоятельной работы студентов. Например, методы вычисления площадей фигур с помощью определенного интеграла в декартовых координатах представлены на рис. 1.

Выделены пять методов: метод непосредственного применения формулы для вычисления площади криволинейной трапеции; метод, использующий свойство аддитивности площади; метод, основанный на разности площадей двух криволинейных трапеций; метод вычисления площади фигуры, в случае, когда функция принимает неположительные значения; комбинированный метод. Рассмотрены разные случаи применения названных методов и определены составляющие их действия. В ходе исследования приведены конкретные примеры, иллюстрирующие каждый метод.

Следует заметить, что аналогично случаю декартовых координат была рассмотрена структура методов вычисления площадей фигур при параметрическом задании кривой и в полярных координатах.

Структура метода исследования функции на выпуклость и точки перегиба, изучаемого в курсе математического анализа, представлена на рис. 2.

Формирование математической компетентности магистрантов предполагает также формирование их компетентности в области интеграции математических знаний (методов). Как известно, использование компетентностного подхода в учебном процессе ориентировано на разработку интегрированных учебных дисциплин (математических и методических, математических и дисциплин, относящихся к компьютерным наукам и т.д.), в которых основные профессиональные понятия объединяют (интегрируют) знания учащихся из разных дисциплин, придают им практическую, реальную значимость [7].

В МГПУ имени М.Е. Евсевьева в учебный план магистратуры профиля «Математическое образование» введена специальная дисциплина «Интеграция алгебраического и геометрического методов в среднем математическом образовании», на занятиях которой студенты не только знакомятся с понятием интеграции алгебраического и геометрического методов, но и учатся применять геометрический метод в решении алгебраических текстовых задач и алгебраические методы (метод уравнений и неравенств, координатный, векторный) в решении геометрических задач.



Рис. 2. Структура метода исследования функции на выпуклость и точки перегиба

Интеграция алгебраического и геометрического методов – это процесс сочетания или связи (слияния) данных методов, осуществляемый обучающимся путем перевода учебной информации с алгебраического языка на геометрический или с геометрического языка на алгебраический и обратно. Механизм интеграции состоит из трех возможных ситуаций.

Ситуация 1. Дана алгебраическая задача. Решение осуществляется по этапам.

1 этап. Перевод алгебраической задачи на геометрический язык.

2 этап. Решение полученной задачи на геометрическом языке.

3 этап. Перевод полученного ответа на алгебраический язык (иногда этот этап отсутствует или осуществляется автоматически).

Пример 1. Решить неравенство $x - \sqrt{a - x^2} \geq 2$.

1 этап. 1) Запишем неравенство в виде: $x - 2 \geq \sqrt{a - x^2}$.

2) Переведем задачу на графический язык. Представим в виде функций левую и правую части неравенства: $y_1 = x - 2$, $y_2 = \sqrt{a - x^2}$ и построим графики этих функций в одной системе координат (рис. 3).

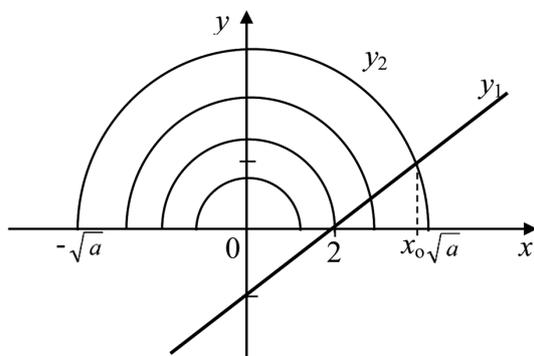


Рис. 3. Геометрическая модель к примеру 1

Получим прямую линию и полуокружность (расположенную в верхней полуплоскости) с центром в точке $x = 0$ и радиусом \sqrt{a} . График полуокружности строится при различных значениях параметра a .

2 этап. Из рисунка видно, что графики функций y_1 и y_2 имеют общую точку, т.е. уравнение $x - 2 = \sqrt{a - x^2}$ имеет единственный корень x_0 , если $a \geq 4$.

При $a = 4$, то существует единственный корень $x_0 = 2$.

При $a > 4$, единственный корень уравнения принадлежит интервалу $(4; \sqrt{a})$.

На геометрическом языке решить данное неравенство значит указать промежуток значений x , при которых график функции y_1 лежит не ниже графика функции y_2 .

Из рис. 3 ясно, что $x_0 \leq x \leq \sqrt{a}$. Решение уравнения $x - \sqrt{a - x^2} = 2$ дает два

корня: $x_1 = \frac{2 + \sqrt{2a - 4}}{2}$; $x_2 = \frac{2 - \sqrt{2a - 4}}{2}$.

Корень x_2 не входит в интервал $(2; \sqrt{a})$.

3 этап. Отрезок $\left[\frac{2 + \sqrt{2a - 4}}{2}; \sqrt{a} \right]$ явля-

ется решением исходного неравенства.

Ситуация 2. Дана геометрическая задача. Этапы ее решения следующие.

1 этап. Перевод геометрической задачи на алгебраический язык (координатный, векторный, уравнений и неравенств).

2 этап. Решение полученной задачи на алгебраическом языке.

3 этап. Перевод полученного ответа на геометрический язык.

Пример 2. Дан треугольник KMN , биссектриса MP и медиана KL которого образуют прямой угол, $MP = KL = 4$. Найти стороны треугольника KMN .

Замечание. Если O – точка пересечения отрезков MP и KL , то треугольники KMO и LMO равны (рис. 4). Поэтому $KO = OL = 2$ и $KM = ML$, так что $MN = 2KM$.

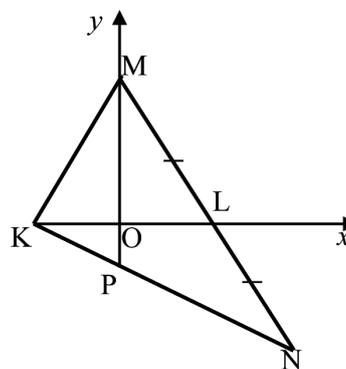


Рис. 4. Модель к примеру 2

1 этап. Введем прямоугольную систему координат с началом в точке O и единицей масштаба $-\frac{|OL|}{2}$. Тогда получим: $K(-2; 0)$, $L(2; 0)$ и пусть $M(0; a)$.

Так как L – середина отрезка MN , то $N(4; -a)$. Точка P имеет координаты $(0; y)$. Так как P принадлежит прямой KN , то составим уравнение $\frac{x+2}{6} = \frac{y}{-a}$. Откуда

$y = -\frac{1}{3}a$. Тогда $MP = \frac{4}{3}a$. Так как $MP = 4$, то $a = 3$.

В результате получим: $K(-2; 0)$, $M(0; 3)$, $N(4; -3)$.

2 этап. Используя формулу расстояния между двумя точками, которые заданы своими координатами, находим длины сторон треугольника ABC.

3 этап. $KM = \sqrt{13}$, $MN = 2\sqrt{13}$, $KN = 3\sqrt{5}$.

Ситуация 3. Дана интегрированная задача. Решение выглядит следующим образом.

1 этап. Одна часть задачи переводится на алгебраический язык.

2 этап. Решение первой части задачи на алгебраическом языке.

3 этап. Вторая часть задачи переводится на геометрический язык.

4 этап. Решение второй части задачи на геометрическом языке.

5 этап. Перевод полученного ответа на язык исходной задачи.

Разбор всех этих ситуаций со студентами следует сопровождать решением соответствующих задач и дальнейшим их обсуждением. Результатом такого обсуждения должно быть понимание того, что алгебраический и геометрический методы решения задач являются конкретизацией метода математического моделирования. Поэтому в процессе решения всех задач со студентами необходимо четко выделять три этапа моделирования: формализацию (перевод задачи на математический язык), решение задачи на алгебраическом или геометрическом языке; перевод полученного решения на язык задачи.

При формировании компетентности в области интеграции математических методов и моделирования необходимо предусматривать знакомство студентов с современной трактовкой предмета математики. Как показало наше исследование, большинство студентов не могут ответить на вопрос «Что такое математика?». Классическое определение математики дал Ф. Энгельс в своей работе «Анти-Дюринг» (1877 г.): «Чистая математика имеет своим объектом пространственные формы и количественные отношения действительного мира, стало быть, весьма реальный материал». Спустя 100 лет Л.Д. Кудрявцев определяет математику как область человеческого знания, в которой изучаются математические модели [8, с. 30]. В.И. Арнольд в своей работе [9] (1997 г.) выделяет при этом еще «жесткие» и «мягкие» модели. Жесткие модели – это готовые рецепты решения задач, мягкое моделирование предполагает математический подход к явлениям реального мира. Учитывая схожесть моделей, основанных на одной

и той же схеме и применяемых в разных научных областях, М.М. Постников делает вывод о том, что математикой называется наука о схемах моделей окружающего мира. Она изучает «все возможные – хотя бы мысленно – схемы, их взаимосвязи, методы их конструирования, иерархии схем (схемы схем) и т.д.» [10, с. 85]. Тем самым было подчеркнута усиление абстрактного характера математики, однако это не отрывает её от реальной действительности, а ещё больше сближает с ней через многочисленные приложения в разных областях.

Большое значение в формировании математической компетентности студентов имеет интеграция математики и информатики. Математическое моделирование и использование компьютерной техники для проведения эксперимента позволяют расширить и интегрировать знания различных дисциплин, усилить прикладную и практическую направленность обучения как в области математики, так и в области информатики. Кроме этого, интегрированный подход дает возможность активизировать творческую деятельность студентов, формировать навыки систематического использования компьютерной техники.

К математической компетентности будущего учителя математики следует отнести и его компетентность в области развития математических способностей школьников. В этом плане необходимо знать структуру математических способностей, их основные компоненты (геометрический, логический, алгоритмический, оперирование абстракциями) и пути их развития у учащихся. Более подробно этот материал изложен в статье [11].

Заключение

Компетентность следует понимать как владение определёнными компетенциями, каждую из которых составляют знания, умения и способы действия. Усложнение задач, решаемых в обществе, в том числе и в образовании, требует сегодня подготовки высококвалифицированных кадров, способных находить оригинальное, нестандартное решение проблем, возникающих в профессиональной деятельности. Этим требованиям должны соответствовать выпускники магистратуры. В области высшего педагогического образования в настоящее время актуальной задачей является определение состава и путей формирования математической компетентности, которая позволила бы выпускникам на современном уровне качественно и эффективно выполнять свою педагогическую деятельность.

Математическая компетентность студентов магистратуры должна формироваться, во-первых, с учетом структуры и логики математической науки в целом и углубленного изучения отдельных её дисциплин и, во-вторых, с учетом профессионального поля деятельности – образования. Учитывая это, в процессе обучения магистрантов необходимо формировать компетентность: 1) в области структуры математических методов и их применения к решению задач; 2) в области интеграции алгебраического и геометрического методов решения задач, а также предмета математики и математического моделирования; 3) в области интеграции математики и информатики, применения компьютерных технологий в решении математических задач; 5) в области структуры и путей развития математических способностей школьников.

Итак, компетентностный подход к организации учебного процесса студентов является необходимым условием обеспечения непрерывности и качества математического образования в педагогическом вузе.

Исследование выполнено в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет и Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева) по теме «Формирование математической компетентности студентов педагогического вуза в условиях магистратуры».

ирование математической компетентности студентов педагогического вуза в условиях магистратуры».

Список литературы

1. Иващенко Т.Н. Роль института магистратуры в системе российского образования // Вестник государственного и муниципального управления. 2015. № 4 (19). С. 75–79.
2. Янушевский В.Н. Системно-деятельностный подход в образовании в контексте ФГОС второго поколения: цели, программы, технологии. [Электронный ресурс]. URL: <http://ipk.ulstu.ru/?q=node/2750> (дата обращения: 10.09.2021).
3. Абдусаламов Р.А., Пирметова С.Я. Реализация компетентностного подхода к преподаванию дисциплины «Математика» в вузе // Педагогический журнал. 2018. Т. 8. № 6А. С. 210–217.
4. Сетько Е.А., Медведева В.Ю. Использование инновационных активных методов преподавания для формирования математической компетентности // Образование и проблемы развития общества. 2019. № 1 (7). С. 60–67.
5. Шапоринский С.А. Обучение и научное познание. М. Педагогика. 1981. 208 с.
6. Саранцев Г.И. Современное методическое мышление как ключевая компетенция педагога // Педагогика. 2014. № 3. С. 3–11.
7. Бушмелева Н.А., Разова Е.В. Компетентностный подход в современном математическом образовании // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. Т. 16. С. 51–55. [Электронный ресурс]. URL: <http://e-koncept.ru/2014/64211.htm> (дата обращения: 19.09.2021).
8. Кудрявцев Л.Д. Мысли о современной математике и её изучении. М.: Наука. 1977. 112 с.
9. Арнольд В.И. Что такое математика? 5-е изд., стереотип. М.: МЦНМО, 2017. 108 с.
10. Постников М.М. Является ли математика наукой? // Математическое образование. 1997. № 2, июль-сентябрь. С. 83–88.
11. Капкаева Л.С. Реализация преемственности в развитии математических способностей школьников и студентов вуза математических профилей педагогического направления // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=30313> (дата обращения: 19.09.2021).

УДК 372.857

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЧИНАЮЩИМ УЧИТЕЛЕМ БИОЛОГИИ КОНТЕКСТНЫХ ЗАДАНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ СФОРМИРОВАННОСТИ ЗОЖ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Кемешева А.А., Потапкин Е.Н., Таирова Д.Р.

*ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт
имени М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: alexandra.kemesheva@yandex.ru*

Проблема совершенствования здоровьесберегающей подготовки обучающихся представляется одной из актуальных для начинающего учителя биологии, который не обладает в достаточной мере сформированными навыками в данной области своей профессиональной деятельности. Такой учитель стремится загрузить обучающихся значительным объемом готовых теоретических знаний при минимуме используемых практических умений, нацеленных на получение в ходе учебной деятельности преимущественно однозначных и заранее известных ему самому ответов, что не позволяет осуществлять полноценное формирование и оценивание ЗОЖ обучающихся. Определенную долю негатива в организацию здоровьесберегающей деятельности добавляют и проявление необоснованного максимализма в оценочных суждениях по отношению к школьникам, недостаточное владение собой во время общения с ними. Преодоление указанных недостатков возможно при использовании в процессе формирования и оценивания ЗОЖ индивидуального и дифференцированного подходов, цифровых образовательных ресурсов, разнообразных видов самостоятельной работы в форме созидательно-творческой деятельности. Эффективность использования контекстных заданий начинающим учителем определяется учетом методических условий, таких как: формирование уверенности школьников не бояться совершить ошибку; полноценное погружение обучающихся в решение контекстной задачи на разных этапах формирования ЗОЖ; проявление учителем деликатности и выдержки при высказывании оценочных суждений в отношении любого из этапов деятельности школьников по решению контекстной задачи; способность учителя реализовать организационно-прогностическую функцию контроля для развития умений обучающихся планировать и конструировать свою деятельность по поиску верного решения контекстной задачи. В ходе проведения исследования авторами использовались следующие методы, позволившие решить заявленную цель: изучение и анализ специальной литературы по проблеме исследования, учебно-методических комплексов по биологии, массового и передового опыта учителей биологии по формированию ЗОЖ; педагогическое наблюдение уроков и внеклассных мероприятий по биологии здоровьесберегающей тематики; беседы с участниками образовательных отношений; педагогический эксперимент; количественный и качественный анализ результатов исследования.

Ключевые слова: начинающий учитель биологии, контекстные задания, контроль, контрольно-оценочная деятельность, обучающиеся, здоровый образ жизни, валеология, эксперимент, федеральные государственные образовательные стандарты, уровни здоровьесберегающей подготовки школьников

THE USE OF CONTEXTUAL TASKS BY A NOVICE BIOLOGY TEACHER WHEN MONITORING THE FORMATION OF HEALTHY LIFESTYLE OF STUDENTS

Kemesheva A.A., Potapkin E.N., Tairova D.R.

*Mordovian state pedagogical Institute named after M. E. Evseveva,
Saransk, e-mail: alexandra.kemesheva@yandex.ru*

The problem of improving the health-saving training of students seems to be one of the most urgent for a novice biology teacher who does not have sufficiently developed skills in this area of his professional activity. Such a teacher strives to load students with a significant amount of ready-made theoretical knowledge with a minimum of practical skills used, aimed at obtaining mostly unambiguous and previously known answers in the hall of educational activity, which does not allow for the full formation and evaluation of students' healthy lifestyle. A certain share of negativity in the organization of health-saving activities is also added by the manifestation of unreasonable maximalism in value judgments towards schoolchildren, insufficient self-control during communication with them. Overcoming these shortcomings is possible when using individual and differentiated approaches, digital educational resources, various types of independent work in the form of creative and creative activity in the process of formation and evaluation of healthy lifestyle. The effectiveness of the use of contextual tasks by a novice teacher is determined by taking into account methodological conditions: the formation of students' confidence not to be afraid to make a mistake; full immersion of students in solving a contextual problem at different stages of the formation of a healthy lifestyle; the teacher's manifestation of delicacy and restraint when expressing evaluative judgments regarding any of the stages of students' activities to solve a contextual problem; the ability of a teacher to implement an organizational and predictive control function for the development of students' skills to plan and design their activities to find the right solution to a contextual problem. In the course of the study, the authors used the following methods that allowed them to solve the stated goal: the study and analysis of special literature on the problem of research, educational and methodological complexes in biology, mass and advanced experience of biology teachers in the formation of healthy lifestyle; pedagogical supervision of lessons and extracurricular activities in biology of health-preserving subjects; conversations with participants in educational relations; pedagogical experiment; quantitative and qualitative analysis of research results.

Keywords: beginner biology teacher, contextual tasks, control, control and evaluation activities, students, healthy lifestyle, valeology, experiments, federal state educational standards, the level of health education of schoolchildren

В последние годы в нашей стране периодически возникают дискуссии о содержании и качестве педагогического образования. Подавляющее большинство исследователей сходятся во мнении, что для будущего учителя важным является не столько усвоение системы предметных знаний и умений, сколько овладение социальным опытом, выраженным через ценностные ориентации при реализации позитивных мотивов педагогической деятельности. Не случайно компетентностный и системно-деятельностный подходы сегодня являются ведущими в профессиональной подготовке будущих учителей и ориентируют их на полноценную, целенаправленную и эффективную работу с детскими коллективами на уроках и вне их, на взаимодействие с родителями для достижения максимального положительного образовательного результата, на продуктивное профессиональное общение с коллегами.

Определенную помощь начинающему учителю (часто в публикациях встречаются синонимы – молодой учитель / педагог, молодой специалист) в преодолении указанных проблем может оказать Федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС), в котором обозначены основные качества личности современного педагога [1]. Сегодня в обществе ценится педагог, не только свободно владеющий материалом, но и готовый организовать освоение школьниками биологического содержания в условиях проектной и исследовательской деятельности, развивающий творческие начала обучающихся, в том числе и связанные с формированием у них здорового образа жизни (ЗОЖ) [2]. При этом существенно меняются подходы к организации и функционированию всей контрольно-оценочной системы отечественного образования.

Традиционные средства контроля, ориентированные на выявление уровня усвоения знания компонента содержания ЗОЖ, в подобных условиях часто оказываются малосостоятельными. Важно, чтобы начинающий учитель при формировании ЗОЖ был бы готов к осуществлению взаимодействия с обучающимися, используя возможности современных средств осуществления контроля, в том числе и контекстные биологические задания [3].

Поэтому целью нашего исследования выступило определение условий использования начинающим учителем биологии при контроле сформированности ЗОЖ обучающихся контекстных заданий.

Материалы и методы исследования

В настоящее время термин «начинающий учитель» имеет несколько смыслов.

Во-первых, это учителя до 30 лет, недавно закончившие вуз, кстати, не всегда педагогический, и, как правило, не имеющие полноценной практики использования в преподавании биологии современных образовательных технологий формирования и оценивания уровня ЗОЖ.

Во-вторых, к категории начинающих учителей сегодня можно отнести специалистов с педагогическим образованием, но имеющих большой разрыв в педагогической практике.

В-третьих, это люди, имеющие педагогическое образование, не проработавшие в школе ни дня, но изъявившие желание начать образовательную карьеру после завершения государственной службы [4].

Представители всех указанных групп имеют существенные проблемы в организации контрольно-оценочной деятельности в области ЗОЖ, но мы свое исследование связали с теми, кто только приступил к работе в сфере образования после окончания обучения в вузе.

На первых порах профессиональной деятельности такой учитель основное свое внимание, как правило, уделяет полноценному овладению биологическим содержанием, реализуемым в разнообразных условиях [5]. При этом вопросы взаимоотношений с обучающимися отступают на второй план, несмотря на то, что здесь могут иметь место и конфликтные ситуации, в основе которых находятся как объективные, так и субъективные причины [6]. Обозначим наиболее важные из них, на наш взгляд: проявление необоснованного максимализма в оценочных суждениях по отношению к школьникам, недостаточное владение собой во время общения с обучающимися и их родителями, увлечение теоретическим материалом в ущерб практической подготовке и некоторые другие проявления [7].

Свой негативный вклад вносит и использование начинающим учителем традиционных форм и методов обучения, представленных комбинированным уроком с его достаточно жесткой структурой и доминирующими словесно-наглядными методами обучения. В ходе подобного «обучения» начинающий учитель, испытывая желание продемонстрировать свою «компетентность», стремится загрузить обучающихся значительным объемом готовых теоретических знаний при минимуме используемых практических умений, нацеленных на получение в ходе учебной деятельности преимущественно однозначных и заранее известных ему самому ответов. Поэтому становится по-

нятым, что при явном проявлении указанных недостатков вести речь о полноценном формировании и оценивании ЗОЖ обучающихся будет практически невозможно [8].

ФГОС ориентирует современного учителя на использование в своей деятельности средств и методов обучения, которые позволяют создавать такие условия обучения, при которых школьники обладали бы постоянной и высокой мотивацией к освоению биологического содержания, в нашем случае – в области ЗОЖ.

Реализация этой задачи в современных условиях связана с формированием у обучающихся следующих особенностей их личности: креативного мышления, творческих способностей, самостоятельности в приобретении теоретических знаний и практических умений при использовании проектной и исследовательской деятельности [9]. Достижение обозначенного возможно при использовании в процессе формирования и оценивания ЗОЖ индивидуального и дифференцированного подходов, цифровых образовательных ресурсов, разнообразных видов самостоятельной работы в форме созидательно-творческой деятельности. Причем наиболее адекватным средством, которое удовлетворяет всем обозначенным выше условиям и способствует развитию творческих способностей школьников, выступают контекстные задания здоровьесберегающего характера [10].

Экспериментальная часть исследования была реализована в 2019–2020 и 2020–2021 учебных годах в условиях работы авторов в качестве начинающих учителей биологии в МОУ «Варжеляйская СОШ» Торбеевского муниципального района Республики Мордовия и МБОУ «СОШ № 4» г. Барыша муниципального образования Барышский район Ульяновской области.

Важной составляющей исследования выступал подбор методов, соответствующих заявленным на начальном этапе теме, целям и задачам, а также выдвинутой гипотезе и логике его проведения. Перечислим основные из них:

- изучение и анализ психолого-педагогической и методической литературы по проблеме исследования учебных программ и учебников по биологии;
- изучение массового и передового опыта учителей биологии по формированию ЗОЖ;
- педагогическое наблюдение уроков и внеклассных мероприятий по биологии здоровьесберегающей тематики;

- беседы с участниками образовательных отношений школ, задействованных в исследовании;
- педагогический эксперимент;
- количественный и качественный анализ результатов исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Мотивационный этап исследования позволил установить, что в современных условиях контрольно-оценочная деятельность начинающего учителя позволяет решить следующие важнейшие задачи в области формирования ЗОЖ:

- организация собственной деятельности учителя по выявлению личностных результатов обучающихся при усвоении здоровьесберегающего материала и овладении им;
- определение уровня владения школьниками умениями анализировать, оценивать и корректировать собственную деятельность в области ЗОЖ.

Наблюдения за учебным процессом в экспериментальных школах позволили выделить условия осуществления деятельности начинающего учителя биологии по использованию контекстных заданий в процессе контроля сформированности ЗОЖ у обучающихся:

- 1) формирование уверенности школьников не бояться совершить ошибку при выполнении контекстного задания, которая базируется на внутренних мотивах личности обучающегося, позволяя эффективно и оперативно устранять возможные препятствия, вызванные, например, нехваткой знаний или опыта практической деятельности;
- 2) полноценное погружение обучающихся в решение контекстной задачи на разных этапах формирования ЗОЖ, в том числе и при ее использовании в качестве элемента проектной/исследовательской деятельности или проблемного обучения;
- 3) проявление учителем деликатности и выдержки при высказывании оценочных суждений в отношении любого из этапов деятельности школьников по решению контекстной задачи, в том числе в отношении выдвинутых ими предположений и идей;
- 4) способность учителя реализовать организационно-прогностическую функцию контроля для развития умений обучающихся планировать и конструировать свою деятельность по поиску верного решения контекстной задачи с привлечением к этому процессу всех доступных им источников информации.

Обозначенные условия позволили обучающимся не только накопить теоретические знания, но и осуществить их трансформацию в практические умения с осознанием ценности творческой деятельности.

Этап формирующего эксперимента предполагал подбор контекстных заданий, которые позволили бы выявить эффективность выделенных на предшествующем этапе эксперимента условий. Наиболее успешными в плане определения сформированности ЗОЖ у обучающихся оказались контекстные задания творческой направленности. И, если на начальных этапах оценивания сформированности ЗОЖ у обучающихся начинающий учитель отдавал предпочтение заданиям из группы занимательных, т.е. ориентированных на снижение стресса при проверке здоровьесберегающих знаний (загадкам, шардам, кроссвордам и т.п.), то на последующих этапах проверочной деятельности учитель уже использовал такие задания, которые требуют оценивания того, как школьники овладели этими знаниями. Поэтому здесь начинающими учителями применялись соответствующие возрасту школьников задания, имеющие направленность:

- научно-информационную, предполагающую подбор соответствующих источников по проблемам ЗОЖ, разработку докладов и сообщений, реферирование/конспектирование научной информации для последующего использования в деятельности разновозрастных исследовательских групп;

- поэтически-познавательную, ориентированную на использование произведений российской классической и современной литературы, самостоятельное создание литературных произведений малых форм здоровьесберегающей тематики;

- иллюстрационно-оформительскую, отражающую продукты и презентации результатов исследовательской/проектной работы.

На *оценочном этапе эксперимента* были проведены беседы с обучающимися и контрольные работы, позволившие установить эффективность реализации условий осуществления деятельности начинающего учителя биологии по использованию контекстных заданий.

В ходе бесед, в которых были задействованы 184 обучающихся 6–11-х классов (в том числе 66 – из МОУ «Варжеляйская СОШ» и 118 – из МБОУ «СОШ № 4» г. Барыша), устанавливались их мотивации на осуществление здоровьесберегающей деятельности при выполнении контекстных заданий. Отмечено, что ответы обучаю-

щихся и из сельской, и из городской школы свидетельствуют о зависимости между их открытостью и тем, что беседу проводил начинающий учитель. Школьников заинтересовала форма проведения занятий по изучению материала валеологической направленности, в ходе которых учитель систематически использовал контекстные задания, чередуя их с видеофрагментами, организуя небольшие дебаты. Обучающиеся (88%) отмечали, что, чем разнообразнее их деятельность на уроке, тем больше интереса вызывает овладение здоровьесберегающим содержанием. При этом 83% школьников согласились участвовать в мероприятиях валеологической направленности на базе школы и своих районов.

Для контроля сформированности ЗОЖ были выбраны 8-е классы, поскольку здесь имелись прямые возможности для включения в содержание учебного материала контекстных заданий. Оценивание проводилось в соответствии с критериями, позволяющими выявить три уровня здоровьесберегающей подготовки школьников: высокий, средний и низкий.

Высокий уровень (оценка «отлично», отметка «5»): все задания полностью выполнены, цель здоровьесберегающей деятельности достигнута, сущность проблемы раскрыта в полном объеме; учащийся имеет системные полноценные знания и умения по данной теме, способен их применить как в стандартных, так и в нестандартных ситуациях.

Средний уровень (оценка «хорошо», отметка «4»): большинство заданий выполнены правильно, однако имеются некоторые неточности при формулировании ответов и выполнении ряда действий; в основном цель деятельности достигнута; проблема раскрыта не в полном объеме, поскольку обучающиеся не продемонстрировали ряд существенных элементов; учащийся имеет основные сформированные знания и умения по данной теме, способен их применить в основном в стандартных ситуациях.

Низкий уровень (оценка «удовлетворительно», отметка «3» и оценка «неудовлетворительно», отметка «2»): большинство заданий выполнены частично, заявленная цель здоровьесберегающей деятельности достигнута не полностью; учащийся не может применить знания даже в стандартной ситуации.

Из таблицы видно, что сформированность ЗОЖ обучающихся при использовании контекстных заданий здоровьесберегающего характера прогрессирует в обеих школах при их систематическом использовании учителем биологии.

Результаты сформированности ЗОЖ обучающихся

Школа	Кол-во учеников	Высокий уровень		Средний уровень		Низкий уровень	
		Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
Тема «Опорно-двигательный аппарат»							
МОУ «Варжеляйская СОШ»	8	2	25,0	2	25,0	4	50,0
МБОУ «СОШ № 4» г. Барыша	22	3	13,6	6	27,3	13	59,1
Тема «Кровь. Кровообращение»							
МОУ «Варжеляйская СОШ»	8	2	25,0	3	37,5	3	37,5
МБОУ «СОШ № 4» г. Барыша	22	3	13,6	8	36,4	11	50,0
Тема «Дыхательная система»							
МОУ «Варжеляйская СОШ»	8	3	37,5	3	37,5	2	25,0
МБОУ «СОШ № 4» г. Барыша	22	5	22,7	9	40,9	8	36,4
Тема «Пищеварительная система»							
МОУ «Варжеляйская СОШ»	8	3	37,5	4	50,0	1	12,5
МБОУ «СОШ № 4» г. Барыша	22	7	31,9	12	54,5	3	13,6

Повышение показателей сформированности ЗОЖ у обучающихся по теме «Пищеварительная система» по сравнению с данными по теме «Опорно-двигательный аппарат» можно объяснить лучшим овладением материала при регулярном использовании начинающими учителями контекстных заданий как разновидности инновационных методов контроля. Это позволяет существенно повысить уровень валеологической подготовки школьников, в частности привить навыки использования теоретических знаний при ответе на практико-ориентированные вопросы.

Следует отметить, что на завершающих стадиях данного этапа эксперимента в качестве экспертов выступили представители администрации школ, в первую очередь заместители директоров по учебной работе, которые отметили следующее. Во-первых, школьники, прошедшие здоровьесберегающую подготовку у начинающего учителя, который в своей деятельности использовал возможности контекстных заданий, в том числе и на этапе осуществления контроля, проявляют большую готовность к выполнению систематических действий в области сохранения личного и общественного здоровья. Данная готовность базируется на том, что молодые учителя биологии стремятся деликатно передать обучающимся свою внутреннюю уверенность в преодолении разнообразных возможных затруднений при овладении валеологическим материалом.

Во-вторых, начинающие учителя ориентируют обучающихся на достижение полноценного погружения в решение контекстной задачи здоровьесберегающего характера. Для этого у школьников формируется способность планировать и кон-

струировать свою деятельность по поиску верного решения контекстной задачи с привлечением доступных источников информации при обязательном определении сущности проблемы и других элементов методологического аппарата проектной или исследовательской деятельности, проблемного обучения.

Заключение

Современное российское общество рассматривает здоровье в качестве ведущей ценности, находящейся в одном ряду с такими ценностями, как жизнь и человек. Поэтому формирование ЗОЖ в рамках биологического образования является актуальной проблемой, не имеющей однозначного подхода к ее решению. В этом процессе все является важным – и выбор содержания, и установление способов по его практическому овладению, и корректировка здоровьесодержащей подготовки на всех этапах школьного обучения, и личность учителя.

Особое значение приобретает здоровьесберегающая деятельность, если за ее реализацию берется начинающий учитель биологии, имеющий незначительный практический опыт работы в образовательной организации. Поэтому существенную помощь такому педагогу может оказать освоение технологии использования на всех этапах уроков биологии, при проведении внеурочной и внеклассной работы системы контекстных заданий, в том числе и контролирующего характера. В связи с этим приоритетными направлениями использования начинающим учителем контролирующих контекстных биологических задач в формировании ЗОЖ обучающихся будут следующие:

– выявление затруднений в теоретической подготовке школьников в области

ЗОЖ, не позволяющих использовать практические умения в развитии личности современного школьника;

– актуализация знаний школьников об изученных ранее аспектах ЗОЖ для овладения ими новыми сведениями как основы для целенаправленной работы по формированию мотивации, особенно при выполнении школьником учебных исследований и проектов;

– ориентация начинающего учителя на развитие у школьников навыков самоконтроля и взаимоконтроля с последующей оценкой достигнутых результатов здоровьесберегающей деятельности.

Реализация начинающим учителем обозначенных направлений позволит создать условия для реальной адаптации современных школьников к сложнейшим проявлениям общественной жизни.

Список литературы

1. Федеральные государственные образовательные стандарты общего образования: биология. М.: Просвещение, 2012. 138 с.
2. Вершинина Н.А., Малафеева С.Н. Формирование культуры здоровья и здорового образа жизни у педагогов начальной школы // Специальное образование. 2017. № 4. С. 47-54.
3. Бондарук М.М. Занимательные материалы и факты по общей биологии в вопросах и ответах 5–11 классы: учебное пособие. Волгоград: Учитель, 2007. 173 с.
4. Орлова Л.Н. Система современного высшего педагогического образования // Актуальные проблемы естествознания и естественно-научного образования: материалы IV Международной заочной научно-практической конференции. Омск: Издательство ОмГПУ, 2016. С. 89–94.
5. Корнилова Е.А. Современные подходы к конструированию урока в условиях реализации ФГОС (из опыта преподавания естественнонаучных дисциплин): методическое пособие. Белгород: БелИРО, 2016. 72 с.
6. Проскурякова Л.А., Савченков М.Ф. Программа формирования мотивации к здоровому образу жизни в молодежной среде // Сибирский медицинский журнал (г. Иркутск). 2010. № 3. С. 98–102.
7. Шинкаренко А.С. Формирование безопасного и здорового образа жизни школьников на современном этапе развития общества: дис. ... канд. пед. наук. Кемерово, 2016. 205 с.
8. Шалашова М.М. Использование контекстных задач для оценивания компетенций учащихся // Химия в школе. 2009. № 4. С. 24–28.
9. Тихомирова Л.Ф., Макеева Т.В. Здоровьесберегающая педагогика: учебник для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2019. 251 с.
10. Щепкина О.И., Филипова В.Н., Китаева К.А., Болучевская О.А. Здоровый образ жизни, как возможность полноценной жизни человека // Система ценностей современного общества. 2011. № 17. С. 196–197.

УДК 371.32:378

О ТОЧНЫХ И ПРИБЛИЖЕННЫХ МОДЕЛЯХ В ВУЗОВСКОМ КУРСЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ

¹Краснощеков В.В., ¹Семенова Н.В., ^{1,2}Алсалама А.М., ^{1,3}Михолитсис А.Г.
¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,
 Санкт-Петербург, e-mail: krasno_vv@spbstu.ru;
²Университет Дамаска, Дамаск, Сирия, e-mail: alialsalameh12345@gmail.com;
³Университет имени Аристотеля, Салоники, Греция, e-mail: a_micholitsis@yahoo.gr

Авторы продолжают исследование проблем формирования вероятностных компонентов когнитивного стиля студентов вузов. В работе анализируются причины противопоставления детерминистского и вероятностного подходов к познанию, а также последствия такой оппозиции в дидактике преподавания вероятностных и статистических разделов курса математики бакалаврских программ. В качестве одного из механизмов формирования вероятностного когнитивного стиля авторы предлагают использовать задания, связанные с анализом точности вероятностных моделей. Авторы проводят вычислительные эксперименты для анализа погрешностей вычисления вероятностей редких событий с помощью точной формулы Бернулли и приближенной формулы Пуассона. Авторы варьируют как вероятности появления редкого события в одном опыте, так и число опытов. Общими для всех экспериментов остаются вариации интенсивности потока событий, что дает возможность анализа сопоставимых результатов. Авторы находят абсолютные и относительные погрешности вычислений для всех случаев, представляя информацию в графическом виде. Авторы определяют параметры приближенных вычислений с высокой и неудовлетворительной точностью, обозначая таким способом границы применимости приближенных моделей. При проведении занятий авторы рекомендуют делать акцент на влиянии эффекта проявления ошибок округления, усиливающегося при операциях с малыми величинами, которые неизбежно возникают при анализе редких событий.

Ключевые слова: вероятностный подход к научному познанию, преподавание математики, вероятностные модели, точность моделирования, редкие события

ON EXACT AND APPROXIMATE MODELS IN UNIVERSITY COURSE OF PROBABILITIES

¹Krasnoshchekov V.V., ¹Semenova N.V., ^{1,2}Alsalamah A.M., ^{1,3}Micholitsis A.G.
¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, e-mail: krasno_vv@spbstu.ru;
²Damascus University, Damascus, Syria, e-mail: alialsalameh12345@gmail.com;
³Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece, e-mail: a_micholitsis@yahoo.gr

The authors continue to study the problems of the formation of probabilistic components of the cognitive style of university students. The authors analyze the reasons for the opposition of deterministic and probabilistic approaches to cognition, as well as the consequences of such opposition in the didactics of teaching probabilistic and statistical parts of the mathematics course for bachelor's programs. As one of the mechanisms for the formation of a probabilistic cognitive style, the authors propose to use tasks related to the analysis of the accuracy of probabilistic models. The authors carry out computational experiments to analyze the errors in calculating the probabilities of rare events using the exact Bernoulli formula and the approximate Poisson formula. The authors vary both the probability of occurrence of a rare event in one experiment and the number of experiments. Variations in the intensity of the flow of events remain common to all experiments, which makes it possible to analyze comparable results. The authors find absolute and relative computational errors for all cases, presenting information in a graphical form. The authors define the parameters of approximate calculations with high and unsatisfactory accuracy, thus marking the limits of applicability of approximate models. When conducting classes, the authors recommend focusing on the influence of the effect of the manifestation of round-off errors, which intensifies during operations with small values, which inevitably arise when analyzing rare events.

Keywords: probabilistic approach to scientific knowledge, teaching mathematics, probabilistic models, modeling accuracy, rare events

В настоящее время анализ точности вероятностных моделей получил широкое распространение в областях, связанных с проблемами Big Data: теории алгоритмов [1], проектировании машинного обучения [2, 3], исследовании социальных сетей [4], вычислительной механике [5], энергетике [6] и т.д. Авторы настоящей статьи показали, что представления о точности вероятностных моделей являются важным компонентом формирующегося у студентов вероят-

ностного подхода к научному познанию [7]. Также авторы доказательно утверждают, что наиболее естественным было формирование вероятностного подхода в ходе освоения студентами вероятностных и статистических курсов в рамках их математической подготовки [8]. В то же время в российской университетской среде до сих пор бытует отношение к вероятностному подходу как к чему-то второстепенному, вспомогательному. Причины такого отношения,

с одной стороны, известны, с другой – нуждаются в дальнейшем анализе, что и будет сделано в настоящей статье. Также в научно-методической литературе практически отсутствуют рекомендации по формированию представлений о точности вероятностных моделей, которые невозможно дать без вычислительных экспериментов, часть из которых будет представлена в результатах исследования.

Основной целью настоящего исследования является развитие методики формирования представлений студентов о точности вероятностных и статистических моделей.

Материалы и методы исследования

Задачи исследования:

Во-первых, авторы продолжают исследования по формированию вероятностного подхода студентов к научному познанию [9], одной из составляющих которого является представление учащихся о точности вероятностных моделей. В целом проблема остается дискуссионной. Необходим поиск новых аргументов в ее поддержку, поскольку именно сильная или слабая опора преподавателя на вероятностный подход определяет методику преподавания теории вероятностей и математической статистики в вузе.

Во-вторых, авторы ставят задачу усовершенствовать методику формирования компетенций студентов в сфере точности вероятностных моделей, которая востребована в научной и проектной практике. В работе [7] авторы исследовали следующие частные случаи сопоставления точных и приближенных моделей.

1. Проведено исследование изменения формы полигона биномиального распределения при увеличении числа опытов. Графическими средствами показано, что уже при 20 опытах полигон распределения несимметричного биномиального распределения близок к дискретизации соответствующего нормального распределения. Результаты были продемонстрированы студентам в весеннем семестре 2020/2021 учебного года, планируются к использованию в дальнейшем в курсе теории вероятности. Этот этап исследования можно считать завершенным.

2. Проведено сравнение вычисленных на интервалах значений вероятностей по точной формуле Бернулли и по приближенной интегральной теореме Лапласа. Построен график изменения относительной ошибки с ростом числа опытов, демонстрирующих ее убывание по обратной корневой зависимости. В то же время само значение ошибки нельзя признать удовлет-

ворительным. Результаты были продемонстрированы студентам в весеннем семестре 2020/2021 учебного года, планируется дальнейшее исследование вопроса.

3. Проведено сравнение вычисленных вероятностей редких событий по точной формуле Бернулли и приближенной формуле Пуассона. Визуальное сравнение полигонов не дает возможности заметить расхождение уже при 20 опытах. Таким образом, графики не являются наглядными для демонстрации в студенческой аудитории, что порождает необходимость в дополнительном исследовании, результаты которого представлены в настоящей статье.

4. Проведено сравнение вычисленных интервальных вероятностей редких событий по точной формуле Бернулли, по приближенной формуле Пуассона и по приближенной интегральной теореме Лапласа. При числе опытов, равном 100 и 1000, названные значения практически совпадают. С одной стороны, это дает студентам уверенность в возможности применения приближенных формул вместо точных при возникновении необходимости в подобных расчетах в профессиональной деятельности. С другой стороны, полученные результаты не дают представления о динамике ошибки в приближенных расчетах. Это обстоятельство и послужило одним из побудительных мотивов к настоящему исследованию.

Результаты исследования и их обсуждение

Прежде всего рассмотрим дискурс вероятностного подхода в российской науке и практике высшей школы. Существующее неоднозначное отношение к вероятностному подходу объясняется как объективными, внешними, так и субъективными, внутривузовскими причинами. Во-первых, в отечественной науке в 1930–1950-е гг. сложилось противопоставление детерминистского, одобряемого и вероятностного, «сомнительного» подхода к научному познанию [10]. Для преодоления этой антитезы, синтеза подходов в рамках единого системного потребовались годы, но устойчивые представления отчасти сохраняются («вероятностный детерминизм» [11]). Проявляется это противопоставление в вузовских курсах с учетом признанной инерционности образовательной системы. Во-вторых, в ряде отраслей, связанных с обороной и безопасностью, к вероятностным моделям относятся настороженно, поскольку цена даже одной человеческой жизни велика [12]. В то же время к вероятностным моделям в экономике и бизне-

се, где риски угрожают преимущественно финансовым активам, отношение всегда было более лояльным [13]. В-третьих, значительная часть вузовских преподавателей математики не уделяют должного внимания формированию вероятностного подхода у студентов, поскольку «не одобряют» эвристических оснований теории вероятностей и математической статистики по сравнению со строгими основаниями математического анализа и линейной алгебры. Люди, проникшие с детства красотой и гармонией логических построений, стараются «не замечать» хаотичности окружающего мира. Вероятность явно противоречит архетипическому представлению о математике как о точной науке. Такие преподаватели предпочитают «задерживаться» на изложении абстрактной теории вероятностей (комбинаторики и геометрических вероятностей), «не успевая» добраться до статистики, в том числе такого важнейшего стохастического инструмента, как регрессионный анализ. Разумеется, таких взглядов придерживаются далеко не все математики. В качестве наиболее ярких примеров, созвучных авторскому подходу к теории вероятности, можно назвать работы Н.П. Пучкова [14] и Г.Д. Гефана [15]. Ссылки на исследования других сторонников приближения вероятностных курсов к практико-ориентированным задачам можно найти в цитированных выше работах авторов.

Таким образом, формирование вероятностного подхода к научному познанию студентов не является авторской инновацией и находится в поле определенной полемики

со сторонниками современного и завуалированного детерминистского подхода. Не отвергая важности детерминистского подхода, авторы настаивают на его равноправии с вероятностным в рамках единого системного подхода к научному познанию.

Для поиска эффективных методических средств формирования у студентов представлений о точности вероятностных моделей был проведен ряд вычислительных экспериментов, для выполнения и анализа результатов которых в качестве соавторов были привлечены предмагистранты, закончившие бакалавриат в зарубежных университетах. Целью экспериментов был анализ точности приближенной формулы Пуассона для оценки вероятности наступления редких событий в зависимости от числа опытов.

Задача 1. Событие A может наступить в одном опыте с вероятностью $p = 0,005$. Сравнить вероятности неоявления события A : $P(X = 0)$, появления одного $P(X = 1)$, двух $P(X = 2)$, трех $P(X = 3)$ или четырех $P(X = 4)$ событий A в серии из n опытов, вычисленные по точной формуле Бернулли $P_B = P(X = i) = C_n^i p^i q^{n-i}$ и приближенной формуле Пуассона $P_p = P(X = i) = \frac{a^i}{i!} e^{-a}$, где $q = 1 - p = 0,995$, для n от 625 до 10000 с соответствующим изменением $a = np$ от 0,125 до 2,00.

Для оценки точности приближения Пуассона были вычислены абсолютная ошибка $\Delta = P_B - P_p$ и относительная ошибка $\varepsilon = \Delta / P_B$, графики изменения которых с ростом числа опытов приведены на рис. 1 и 2.

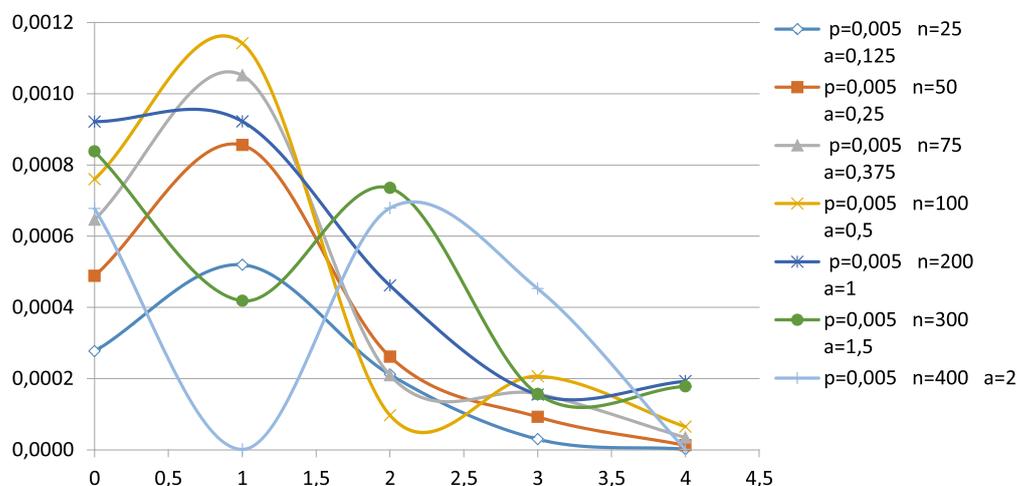


Рис. 1. Зависимость абсолютной ошибки Δ от числа опытов n в задаче 1

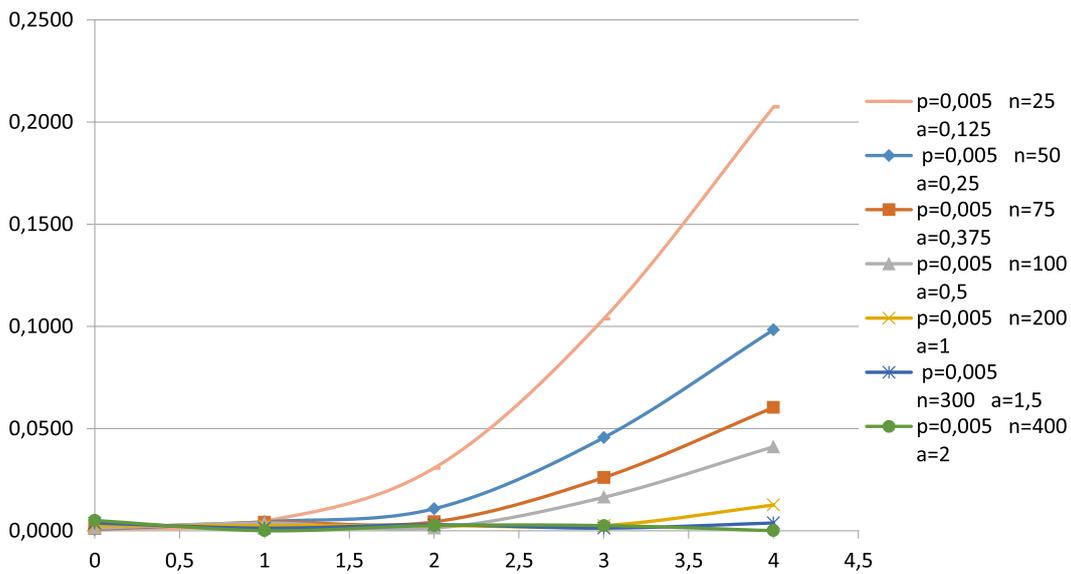


Рис. 2. Зависимость относительной ошибки ϵ от числа опытов n в задаче 1

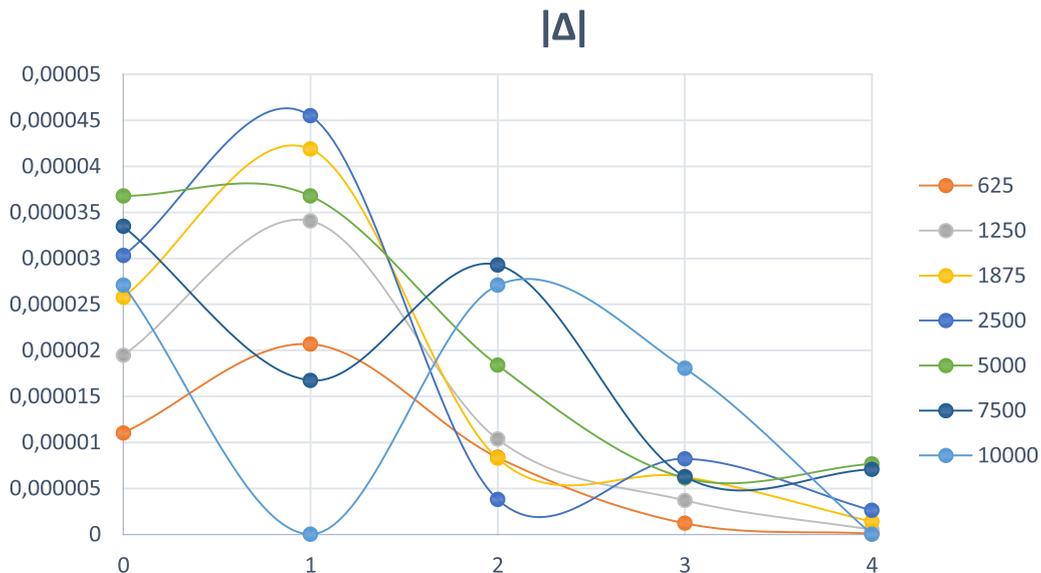


Рис. 3. Зависимость абсолютной ошибки Δ от числа опытов n в задаче 2

Задача 2. В условиях задачи 1 событие A может наступить в одном опыте с вероятностью $p = 0,0002$. Сравнить вероятности неоявления события A : $P(X = 0)$, появления одного $P(X = 1)$, двух $P(X = 2)$, трех $P(X = 3)$ или четырех $P(X = 4)$ событий A в серии из n опытов, вычисленных по точной формуле Бернулли и приближенной формуле Пуассона, с $q = 1 - p = 0,9998$, для n от 625 до 10000 с соответствующим

изменением $a = np$ от 0,125 до 2,00. Таким образом, интенсивности потока события, связанные со значениями параметра a , одинаковы для обеих задач.

Как и для задачи 1, для оценки точности приближения Пуассона были вычислены абсолютная ошибка $\Delta = P_B - P_P$ и относительная ошибка $\epsilon = \Delta / P_B$, графики изменения которых с ростом числа опытов приведены на рис. 3 и 4.

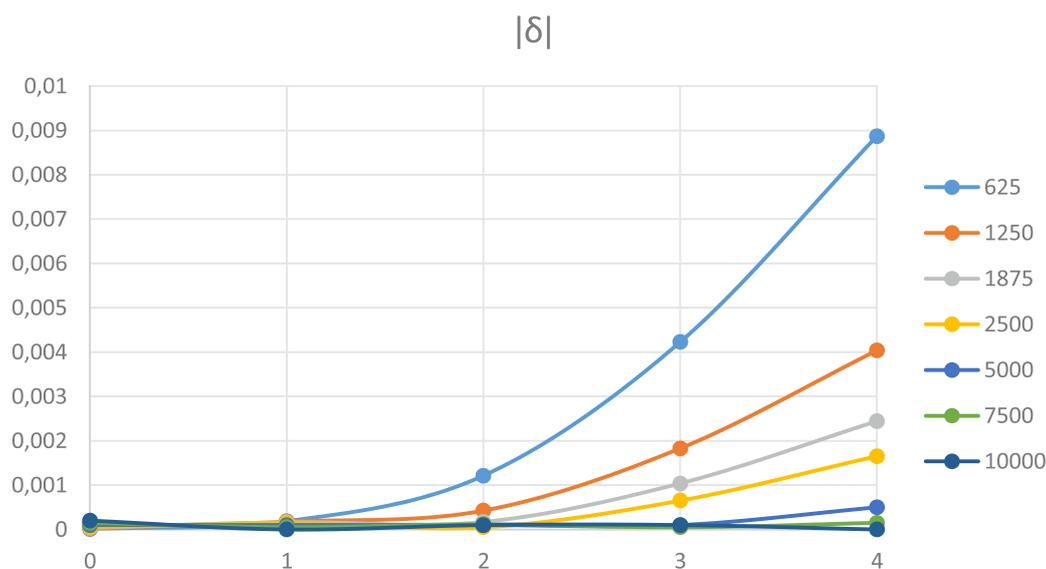


Рис. 4. Зависимость относительной ошибки ε от числа опытов n в задаче 2

Относительная ошибка вычисления вероятности появления редкого события в серии из n опытов для разных значений его вероятности p

$p = 0,005$	n	25	50	75	100	200	300	400
	$ \varepsilon $	0,0003	0,0006	0,0009	0,0013	0,0025	0,0038	0,0050
$p = 0,0002$	n	625	1250	1875	2500	5000	7500	10000
	$ \varepsilon $	0,00001	0,00002	0,00004	0,00005	0,0001	0,0002	0,0002

Для обеих задач очевидно, что с ростом числа опытов величина относительной ошибки ε снижается (рис. 2, 4). Тем не менее, сопоставляя результаты вычисления относительной ошибки для n от 25 до 400 (рис. 2) со случаем изменения n от 625 до 10 000 (рис. 4), можно отметить неудовлетворительную точность вычислений в первом случае (ошибка доходит до 20%). Разумеется, этот факт объясняется влиянием ошибок округления, которые при сравнении малых величин становятся сопоставимыми с ошибками приближения по формуле Пуассона. При вычислении же абсолютной ошибки Δ не требуется выполнять деление малых величин. Именно поэтому значения абсолютной ошибки в обоих случаях свидетельствуют о достаточно высокой точности вычисления – погрешность составляет не более 1% (рис. 1, 3). Однако осциллирующий характер абсолютной ошибки Δ (рис. 1, 3) не позволяет

сделать вывод о ее монотонном снижении с увеличением числа опытов, как в случае относительной ошибки ε (рис. 2, 4). В любом случае студентам следует учитывать возможное влияние ошибок округления при вычислении вероятностей, связанных с редкими событиями.

Следует отметить, что ведущим фактором точности вычислений является даже не общее число опытов, а величина вероятности появления редкого события. Результаты при $p = 0,0002$ (задача 2) получаются значительно более точными, чем при $p = 0,005$ (задача 1). Этот вывод подтверждается данными таблицы, представленными для случая $P(X=0)$ (таблица).

Вероятность появления редкого события $P(X=0)$ и связанная с ней вероятность появления хотя бы одного редкого события $P(X \geq 1) = 1 - P(X=0)$ являются важнейшими параметрами в теории надежности сложных систем, а также при моде-

лировании защиты от катастроф, эпидемий и других опасных и причиняющих вред явлений. Именно поэтому на значение точности вычисления вероятности неоявления разрушительных по последствиям событий следует обращать внимание студентов.

Заключение

Проведенное исследование позволило найти новые аргументы для обоснования важности формирования вероятностных компонентов научного мировоззрения студентов. Анализируя мнения явных и скрытых оппонентов вероятностного подхода, авторы пришли к выводу, что основу их позиции составляют представления об опасности «неточных» вероятностных методов при моделировании вредоносных явлений. Поэтому авторы обратили особое внимание на совершенствование механизмов формирования у студентов компетенций в области точности вероятностных и статистических моделей, границ применимости некоторых из них. Результаты вычислительных экспериментов показали достоинства и ограниченность использования приближенной формулы Пуассона вместо точной формулы Бернулли при вычислении вероятностей редких событий, к разряду которых как раз и относятся природные и техногенные катастрофы. Полученные рекомендации полезны тем студентам, чья профессиональная деятельность будет связана с построением математических моделей в технико-экономической сфере.

Список литературы

1. Cusumano-Towner M.F., Mansingka V.K. AIDE: An algorithm for measuring the accuracy of probabilistic inference algorithms. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 30 (NIPS). MIT Press. 2017. P. 3004–3014.
2. Menon A., Jiang X., Vembu S., Elkan Ch., Ohno-Machado L. Predicting accurate probabilities with a ranking loss. *Proceedings of the 29th International Conference on Machine Learning, ICML 2012*. Edinburgh, UK. 2012. P. 703–710.
3. Pita R., Mendonça E., Reis S., Barreto M., Denaxas S. A Machine Learning Trainable Model to Assess the Accuracy of Probabilistic Record Linkage. In: Bellatreche L., Chakravarthy S. (eds) *Big Data Analytics and Knowledge Discovery, DaWaK 2017. Lecture Notes in Computer Science*. 2017. V. 10440. P. 214–227. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-319-64283-3_16.
4. García Díaz V., Espada J., Gonzalez Crespo R., Pelayo García-Bustelo B., Cueva Lovelle J. An Approach to Improve the Accuracy of Probabilistic Classifiers for Decision Support Systems in Sentiment Analysis. *Applied Soft Computing*. 2018. V. 67. P. 822–833. DOI: 10.1016/j.asoc.2017.05.038.
5. Chaskalovic J., Assous F. A New Mixed Functional-probabilistic Approach for Finite Element Accuracy. In: *Computational Methods in Applied Mathematics*. 2020. V. 20 (4). P. 799–813. DOI: 10.1515/cmam-2019-0089.
6. Chihota M.J., Gaunt C.T. Impact of Input Model Accuracy on Probabilistic Load Flow Outputs. In: *2018 IEEE International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems (PMAPS)*. Boise, ID, USA. 2018. P. 1–6. DOI: 10.1109/PMAPS.2018.8440208.
7. Краснощеков В.В., Семенова Н.В., Алдармини С.С. Методы формирования компетенций студентов в области точности вероятностных моделей // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. № 5. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30142> (дата обращения: 06.09.2021). DOI: 10.17513/spno.30142.
8. Krasnoshchekov V.V., Semenova N.V. Forming of probabilistic approach to cognition as component of students professional culture. In: Shipunova O.D., Byleva D. (eds.) *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS. Proceedings of the joint conferences: 20th Professional Culture of the Specialist of the Future (PCSF 2020) & 12th Communicative Strategies of Information Society (CSIS 2020)*. St. Petersburg, 2020. P. 139–149. DOI: 10.15405/epsbs.2020.12.03.14.
9. Краснощеков В.В., Семенова Н.В. Формирование вероятностного подхода как методологии научного познания студентов вузов // *Современные наукоемкие технологии*. 2016. № 9–3. С. 515–519. DOI: 10.17513/snt.36261.
10. Лёвин В.Г. *Вероятность как форма научного мышления*. СПб.: Литео, 2016. 168 с.
11. Карак П.С. Детерминизм и целевая причина в системе современного научного знания // *Вестник Полесского государственного университета. Серия общественных и гуманитарных наук*. 2009. № 1. С. 9–16.
12. Букринский А.М. Детерминистское нормирование и вероятностное ориентирование // *Ядерная и радиационная безопасность*. 2013. № 1 (67). С. 3–6.
13. Карасев В.В., Соложенцев Е.Д. Гибридные логико-вероятностные модели для управления социально-экономической безопасностью // *Труды СПИИРАН*. 2016. № 48. С. 125–150. DOI: 10.15622/sp.48.7.
14. Пучков Н.П. Теория вероятностей и математическая статистика в системе политехнического образования. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2017. 80 с.
15. Гефан Г.Д. Концепция теоретико-эмпирического дуализма в обучении математики // *Высшее образование в России*. 2020. Т. 29. № 4. С. 85–95.

УДК 378.147

АНАЛИЗ УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ КАФЕДРЫ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Куреган А.Г., Печинский С.В.

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, Пятигорск, e-mail: Kooreguan@mail.ru

Широкое внедрение информационных и коммуникативных технологий (ИКТ) в профессиональное образование смещает акцент методической работы в сторону «виртуального пространства», что определяет общую цифровизацию учебного процесса. Статья посвящена анализу уровня освоения ИКТ профессорско-преподавательским составом кафедры фармацевтической химии. В работе охарактеризован профессорско-преподавательский состав кафедры, приведены результаты анализа уровней освоения ИКТ на примере методической работы педагогов кафедры фармацевтической химии. Показано, что весь педагогический состав кафедры владеет ИКТ в формате «создание знаний», используя при этом технические средства уровней «получение знаний» и «освоение знаний». Сделан вывод о недостаточном уровне внедрения в преподавание фармацевтической химии проектной деятельности, которая представлена только в виде выполнения выпускных квалификационных работ и задействует студентов только с высоким уровнем рейтинга. Основная часть студенческой аудитории в таком виде деятельности не участвует. В качестве основной причины сложившейся ситуации указано отсутствие методических разработок применительно к конкретной дисциплине, к ее тематике и специфике. Сделан вывод о целесообразности расширения проектной деятельности как уровня владения ИКТ, поскольку для реализации этого на кафедре имеется достаточный научный и педагогический потенциал.

Ключевые слова: информационные и коммуникационные технологии, фармацевтическая химия, уровни освоения ИКТ, проектная деятельность

ANALYSIS OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES BY TEACHERS OF THE DEPARTMENT OF PHARMACEUTICAL CHEMISTRY

Kuregyan A.G., Pechinskii S.V.

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute – a branch of SEI HPE Volgograd state medical university MH RF, Pyatigorsk, e-mail: Kooreguan@mail.ru

The widespread introduction of information and communication technologies (ICT) in vocational education shifts the emphasis of methodological work towards «virtual space», which determines the overall digitalization of the educational process. The article is devoted to the analysis of the level of development of ICT by the teaching staff of the Department of Pharmaceutical Chemistry. The work describes the teaching staff of the department, presents the results of the analysis of the levels of development of ICT on the example of the methodological work of teachers of the Department of Pharmaceutical Chemistry. It is shown that the entire pedagogical staff of the department owns ICT in the «knowledge creation» format, while using the technical means of the «knowledge acquisition» and «knowledge acquisition» levels. It is concluded that there is an insufficient level of implementation of project activities in the teaching of pharmaceutical chemistry, which is presented only in the form of graduation qualification works and involves students only with a high level of rating. The bulk of the student audience does not participate in this type of activity. The main reason for the current situation is the lack of methodological developments in relation to a specific discipline, to its topics and specifics. It is concluded that it is expedient to expand project activities as a level of ICT proficiency, since to implement this, the department has sufficient scientific and pedagogical potential.

Keywords: information and communication technologies, pharmaceutical chemistry, ICT mastery levels, project activities

С момента внедрения компьютерных технологий в образовательную сферу сформировалась отдельная и неразрывно связанная с учебным процессом область знаний и интересов, которую принято называть «цифровое образование». Драйвером цифрового образования является цифровизация мировой экономики – это транснациональная объективная причина, определяющая неизбежность широкого внедрения информационных и коммуникативных технологий (ИКТ) в профессиональное образование [1, 2]. По сути, именно вливание ИКТ в повседневную

жизнь и смещение акцентов в сторону «виртуального пространства» меняют образ жизни современного человека, очевидно, что этот процесс охватывает и образовательную часть его жизни [2].

Согласно классификации В.И. Блинова, цифровую трансформацию профессионального образования обеспечивают четыре группы технологий [1]. По этой систематизации к ИКТ универсального назначения относят различные «офисные программы, графические редакторы, интернет-браузеры, средства организации теле-

коммуникации» и т.п. [1]. Ко второй группе причисляют педагогические технологии, в том числе предполагающие применение ИКТ или основанные на их использовании. В третью группу объединяют специализированные цифровые образовательные технологии, четвертая – это производственные технологии, которые обеспечивают формирование необходимых профессиональных компетенций, знаний, умений и навыков [1]. Следует обратить особое внимание на то, что в условиях «lockdown» использование ИКТ приобрело максимальный размах и подтвердило, что без них исключена любая эффективная профессиональная деятельность, и только высокий уровень владения ИКТ педагогами – от школьных учителей до преподавателей вузов – обеспечивает качество образовательного процесса. Категории освоения ИКТ преподавателями можно подразделить на уровни, или форматы: первый – получение знаний, второй – освоение знаний и третий – создание знаний [3]. Несмотря на то что эта градация является рекомендательной и приведена для школьных учителей, она справедлива для любого преподавателя, поскольку от того, на каком уровне владения ИКТ находится педагог, зависит эффективность профессионального обучения в цифровом обществе.

Согласно ФГОС ВО по специальности 33.05.01 Фармация «Фармацевтическая химия» является одной из ведущих дисциплин, формирующих общепрофессиональные компетенции провизора [4]. Кафедра фармацевтической химии Пятигорского медико-фармацевтического института (ПМФИ) демонстрирует высокий традиционный методический опыт преподавания этой дисциплины [4]. Вместе с тем ориентация ФГОС нового поколения на компетентностное освоение профессиональных навыков обуславливает необходимость смещения педагогических технологий в сторону более прогрессивных [4]. Педагоги, преподающие фармацевтическую химию в различных вузах, публикуют положительные результаты своего новаторского опыта [5–7]. Однако за последние 5 лет не опубликовано работ, посвященных критическому анализу уровней освоения ИКТ преподавателями кафедр фармацевтической химии или других специализированных фармацевтических кафедр [8], хотя это важно, поскольку подавляющее большинство педагогов – это представители доцифрового поколения [1]. Для успешного продвижения инновационных методических решений в учебный процесс необходимо понять, способны ли его участники, и в первую очередь преподаватели, принять даже самую неболь-

шую модернизацию методической работы в целом или ее конкретного участка; кроме того, новшество должно быть приемлемо для конкретной кафедры и дисциплины. Любое нововведение требует обоснования необходимости таких действий, поскольку провозгласить новаторскую идею несложно, главное – наличие преподавательского потенциала, который способен довести ее до качественного практического воплощения. Внедрение методических преобразований в преподавание фармацевтической химии, на наш взгляд, должно иметь следующую архитектуру: «анализ уровня освоения ИКТ преподавателями → рекомендации по реализации новой методической идеи или модернизация имеющегося педагогического опыта → разработка нового или оптимизация имеющегося методического обеспечения → апробация и/или практическое внедрение в образовательный процесс → анализ результатов нового методического опыта → дальнейшее совершенствование или отказ от нововведения». Возможно, что такой подход является дискуссионным. Однако, если будут получены результаты и рекомендации по каждому этапу применительно к нашей кафедре или преподаватели фармацевтической химии других вузов проведут аналогичные исследования, произойдет обмен информацией на уровне публикаций, и тогда анализ общих данных позволит объективно и эффективно продвигать новые методические решения для освоения дисциплины «Фармацевтическая химия», сохранения положительного педагогического опыта предыдущих поколений педагогов. В связи с тем, что наша кафедра имеет устоявшиеся и положительно зарекомендовавшие себя методические традиции [4], но внедрение новых подходов, форм и приемов обучения неизбежно и неотвратимо, важно понимать, каков уровень освоения ИКТ профессорско-преподавательским составом (ППС) кафедры, чтобы нововведения органично вписались в общую методическую концепцию и получили дальнейшую положительную практическую реализацию.

Цель исследования – определить уровень освоения преподавателями кафедры фармацевтической химии ИКТ для принятия рекомендаций по расширению их использования.

Материалы и методы исследования

В работе использованы методы анализа, обобщения, систематизации и сравнения. Материалом послужил процесс использования ИКТ в работе преподавателей кафедры фармацевтической химии ПМФИ.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе были рассмотрены характеристики ППС кафедры фармацевтической химии ПМФИ с точки зрения научного и педагогического потенциала. На кафедре работают 17 сотрудников со 100%-ной острепенностью: 3 доктора фармацевтических наук и 14 кандидатов фармацевтических наук. Должностное распределение имеет следующий вид: 3 профессора, 13 доцентов и 1 старший преподаватель. Ученые звания профессора имеют 2 сотрудника, доцента – 5 преподавателей, 9 членов кафедры не имеют ученых званий. Анализ показал, что ППС кафедры имеет высокий научный и педагогический потенциал для реализации новых методических решений.

Далее анализировались все направления методической деятельности преподавателей нашей кафедры с точки зрения уровня освоения ИКТ. Следует пояснить, что эти уровни (подходы, форматы) не взаимоисключаемы, т.е. педагог может применять навыки или только одного уровня, или сочетать два подхода, или работать на всех трех уровнях владения ИКТ [3]. Иначе можно сказать, что степень владения и использования ИКТ преподавателями (уровень освоения ИКТ) отражает качество цифровизации образовательного процесса по преподаваемой дисциплине. Все преподаватели нашей кафедры самостоятельно используют офисные программы, графические и химические редакторы, поисковые системы и иное для развития индивидуальных профессиональных и педагогических навыков, расширения научного кругозора, что соответствует первому уровню владения ИКТ – получение знаний.

Необходимо отметить, что работа преподавателя как исследователя и ученого во многом обуславливает его профессиональный авторитет среди коллег и студентов, делает самого преподавателя более требовательным к профессиональным и педагогическим достижениям. Владение преподавателями ИКТ в формате «освоение знаний» демонстрируется умением ППС кафедры использовать наукоемкие электронные площадки, например научную электронную библиотеку [8]. Безусловно, что на этом уровне используются технические средства предыдущего уровня ИКТ. К специализированным цифровым средствам, которые дополнительно осваивают преподаватели нашей кафедры, можно отнести постоянно усложняющееся программное обеспечение приборной и аппаратурной базы, например спектрометров, хроматографов, которые ис-

пользуются при проведении лабораторных занятий и научных исследований. Кроме того, навык получения, обработки и обмена качественной профессиональной информацией позволяет преподавателям кафедры вести активную научную работу и вовлекать в нее студентов, поддерживая при этом свой научный и педагогический статус. Положительным практическим результатом такой деятельности можно считать значительную публикационную активность сотрудников кафедры. При этом за последние годы возросло число научных статей сотрудников, соавторами которых являются студенты [8].

Еще одним показателем освоения ИКТ на уровне «освоение знаний» является использование дистанционных коммуникативных технологий при проведении занятий в дистанционном формате. Специфика проведения практической части занятия по фармацевтической химии обуславливает применение, кроме часто используемых мессенджеров, программ для организации видеоконференций. Как показал наш опыт проведения занятий в период жесткого «lockdown» на кафедре фармацевтической химии, который суммарно продлился целый семестр, студенты значительно активнее общаются с преподавателем именно в виртуальной среде, отдавая при этом предпочтение мессенджерам или личным чатам в видеоконференции. С нашей точки зрения, это имеет два основных объяснения: 1) для многих студентов виртуальное общение привычнее и комфортнее, поскольку снимаются личностные эмоциональные ограничения (природная робость, боязнь аудитории и др.); 2) используя виртуальное пространство, студент может задать вопрос преподавателю практически в любой момент времени, для этого ему не нужна личная встреча с педагогом, т.е. коммуникация в системе «преподаватель – студент» максимально высокая. Вероятнее всего, именно поэтому такой дополнительный формат общения преподавателей нашей кафедры и студентов «прижился» и при очной форме обучения. Все преподаватели кафедры отмечают интересный положительный и вместе с тем неожиданный практический педагогический результат: студенты имеют специфическую, «виртуально-сленговую» манеру общения в мессенджерах, а педагог, являясь примером культуры общения, демонстрирует ее в ходе переписки или во время конференции. Как оказалось, виртуальное общение быстрее оказывает положительное влияние на стиль общения большинства студентов. Очевидно, что такой формат общения является примером партнерского типа отношений преподавателя и студента, не все пред-

ставители доцифрового поколения с ним соглашаются и его принимают, однако как положительный методический опыт этот формат можно рекомендовать для дальнейшего использования и развития. Главным условием для успешного развития формата «вопрос – ответ» в виртуальном пространстве служат укрепление и развитие традиционных общекультурных навыков общения у поколения Z, что является частью воспитательной функции преподавателя.

Примером владения ИКТ на уровне «создание знаний» является способность выбирать и использовать все доступные технические средства для решения конкретных задач. Первая из них – обучение фармацевтической химии, в частности формирование профессиональных компетенций провизора, вторая задача – проведение совместной научной работы со студентами [4]. Этот уровень освоения ИКТ, в первую очередь, реализуется в процессе подготовки лекционного материала для студентов 3-го, 4-го и 5-го курсов. Особенность дисциплины «Фармацевтическая химия» требует обязательной визуализации информации химическими формулами, схемами синтеза, уравнениями химических реакций, что невозможно без владения специализированными программами. В свою очередь, работа в условиях дистанционного формата потребовала «озвучивания» всего лекционного курса по фармацевтической химии и освоения соответствующих программ. Другим видом методической работы каждого преподавателя нашей кафедры является подготовка к лабораторным занятиям. В течение семестра каждый преподаватель занимается подготовкой материалов для 2–4 занятий. Составление, адаптация, презентация информационного материала, индивидуальных заданий к еженедельным лабораторным занятиям в очном режиме, разработка симуляционных индивидуальных вариантов для обучения в условиях дистанционного формата составляют большую часть методической работы педагога. Качественная практическая реализация такого вида методической деятельности полностью зависит от уровня освоения ИКТ. Весь информационный материал доступен каждому студенту на информационной платформе [9]. Такая форма донесения информации показала практический результат, который мы ожидали: число просмотров и скачиваний всех файлов возросло до 90% [9]. По данным прошлых лет, информацию с бумажных носителей, например в библиотеке, «считывали» только около 70% студентов. Представление всего комплекса информационных материалов в виртуальной среде мы отмеча-

ем как положительный методический опыт и объясняем тем, что поколение Z предпочтительно использует и усваивает информацию, полученную из цифровой среды, нежели на бумажном носителе. Другим примером, демонстрирующим высокий уровень владения ИКТ, является онлайн-тестирование как промежуточный этап оценки усвоения материала по дисциплине «Фармацевтическая химия» на учебном портале E-LEARNING [9]. На кафедре фармацевтической химии такой вид контроля проводится, как правило, в конце каждого семестра. Однако при наличии банка тестовых заданий и необходимой технической оснащенности эту достаточно быструю форму контроля можно рекомендовать и для каждого занятия. Уровень владения ИКТ ППС кафедры фармацевтической химии ПМФИ позволяет рекомендовать разработку банка «поурочных» тестовых заданий по тематике учебной программы дисциплины.

Технические средства, применяемые на разных уровнях использования ИКТ, реализуются преподавателями нашей кафедры в рамках традиционных форм обучения фармацевтической химии. Признанным видом инновационного обучения является метод проектов, который объединяет и индивидуальные, и командные виды деятельности [10]. Использование ИКТ в проектной работе студентов и в совместной научной деятельности – это формат «создание знаний». Аналогом такого вида работы можно признать выполнение студентами выпускных квалификационных работ (ВКР), но эта форма обучения развивает, как правило, только индивидуальные профессиональные качества студента. С одной стороны, решение поставленных научных задач как теоретического, так и практического характера в рамках выполнения ВКР под руководством опытного педагога, безусловно, вырабатывает у студента научное мышление, умение решать поставленные практические экспериментальные задачи и в большинстве случаев формирует будущего аспиранта. С другой стороны, этот вид учебной деятельности не развивает навыка работы в команде. По нашему мнению, минус ВКР – основная часть обучающихся не задействована в таком виде проектной деятельности, поскольку к выполнению ВКР допускаются студенты только с самым высоким уровнем рейтинга. Несмотря на широкий арсенал информационных и дистанционных технологий, которые используются на нашей кафедре, именно формат «проектного обучения» вне рамок выполнения ВКР пока не нашел своего применения. Отсутствие публикаций по этой

проблеме [8] свидетельствует, что, вероятнее всего, аналогичная ситуация сложилась и на кафедрах фармацевтической химии и других вузов.

Мы видим несколько начальных шагов для решения данной проблемы: необходимо обосновать перечень относительно универсальных тем проектных курсов по дисциплине; следует разработать четкую методическую концепцию реализации этих проектов применительно к конкретной кафедре и темам с учетом положительного многолетнего опыта выполнения ВКР, который имеют кафедры фармацевтической химии всех вузов; для практической реализации проектов нужно разработать методическое обеспечение в контексте специфики дисциплины, но опираясь на общетеоретические положения проектной деятельности [10]. Именно отсутствие решений по перечисленным направлениям, вероятнее всего, является препятствием для более широкого использования ИКТ в формате «создание знаний» в рамках проектных курсов по фармацевтической химии.

Заключение

ППС кафедры фармацевтической химии ПМФИ имеет высокий научный потенциал и уровень освоения ИКТ для продвижения широкой проектной деятельности. Этот шаг позволит «сократить разрыв» между студентами с различным уровнем рейтинга и решит вопрос «пассивного обучения». Реализация проектной задачи поможет утвердиться среднестатистическому студенту, а в некоторых случаях – найти свой путь или применение в дальнейшей профессии. Лидеры, участвуя в общей проектной работе, приобретут новые командные качества, которые они не могут выработать при выполнении индивидуальной ВКР. Необходимыми условиями для внедрения проектной формы в обучение фармацевтической хи-

мии являются создание методического обеспечения с учетом специфики дисциплины, его апробация и обмен педагогическим опытом по этому вопросу.

Список литературы

1. Биленко П.Н., Блинов В.И., Дулинов М.В., Есенина Е.Ю., Кондаков А.М., Сергеев И.С. Дидактическая концепция цифрового профессионального образования и обучения / Под науч. ред. В.И. Блинова. М., 2020. 98 с.
2. Бардаков Н.Д. Цифровая трансформация образования и/или образование устойчивого развития // Инновационные научные исследования. 2021. № 4–3 (6). С. 167–172. DOI: 10.5281/zenodo.4782149.
3. Рекомендации ЮНЕСКО UNESCO ICT Competency Framework for Teachers. Франция. Париж. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://iite.unesco.org/pics/publications/ru/files/3214694.pdf> (дата обращения: 23.09.2021).
4. Айрапетова А.Ю., Гольбякова 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> (дата обращения: 21.09.2021).
5. Попова А.П., Чернышева О.В. Реализация технологии web-quest в преподавании фармацевтической химии // Информатизация образования: теория и практика: сборник материалов международной научно-практической конференции. 2015. С. 122–124.
6. Саттарова О.Е., Ярыгина Т.И., Перевозчикова Г.Г. Использование социальной сети в учебном процессе фармацевтического вуза // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9492> (дата обращения: 18.09.2021).
7. Агафонова И.П. Методика проблемно-интегративного обучения химии студентов фармацевтического колледжа // Фундаментальные исследования. 2014. № 1. С. 103–108.
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 23.09.2021).
9. Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России, Учебный портал E-LEARNING [Электронный ресурс]. URL: <https://do.pmedpharm.ru>. (дата обращения: 22.09.2021).
10. Субботина О.И. Проектная деятельность как средство формирования готовности к профессиональной деятельности // Образование: ресурсы развития. Вестник ЛОИРО. 2017. № 2. С. 67–72.

УДК 378.147:37.026:37.086

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КАТЕГОРИИ «В» ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ, ОБОРУДОВАННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ДЛЯ ПОДАЧИ СПЕЦИАЛЬНЫХ СВЕТОВЫХ И ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

Литвинов А.В.

ФГКОУ ВО «Омская академия МВД России», Омск, e-mail: oma@mvd.ru

Работа посвящена вопросам подготовки водителей транспортных средств категории «В», оборудованных устройствами для подачи специальных и звуковых сигналов. Особое внимание уделено разделу Практической подготовки программы обучения, поскольку данный раздел является самым большим по объему учебных часов и направлен на формирование умений и навыков по безопасному управлению транспортным средством категории «В». Наблюдения, проведенные в ходе подготовки слушателей по Программе, показали необходимость выбора интерактивного метода в рамках контекстного обучения, где раскрывается содержательная сторона блоков Практической подготовки и определяется их связь с будущей профессиональной деятельностью. Опыт реализации Программы показал, что основной проблемой в ходе обучения является освоение такого блока Практической подготовки, как «Руление». В этой связи предлагается последовательность блоков прохождения обучения, при которой каждому последующему блоку предшествует блок «Руление». Указанная последовательность реализации Практической подготовки позволит добиться необходимых скоростных качеств управления рулевым колесом и будет способствовать целостному пониманию взаимосвязи всех блоков Программы и важности каждого из них. Проведен опрос обучающихся, по результатам которого получен ряд предложений по совершенствованию системы их подготовки, стоит отметить, что многие из этих мероприятий должны быть приняты во внимание и могут способствовать существенному повышению качества подготовки специалистов.

Ключевые слова: практическая подготовка, техника управления, тактика управления, транспортное средство, водитель, специальные сигналы, проблемные аспекты

PRACTICAL TRAINING OF DRIVERS OF CATEGORY «B» VEHICLES FOR DRIVING VEHICLES EQUIPPED WITH SPECIAL LIGHT AND SOUND SIGNALS

Litvinov A.V.

Federal state educational institution of higher education Omsk Academy of the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation, Omsk, e-mail: oma@mvd.ru

The work is devoted to the training of drivers of category «B» vehicles equipped with devices for delivering special and audible signals. Particular attention is paid to the section on practical preparation of the training program, since this section is the largest in terms of the amount of training hours and is aimed at developing skills and skills in safe driving of a category «B» vehicle. The observations made during the training of trainees under the Programme showed the need to choose an interactive method within the context of the training, which reveals the content of the Practical Training units and determines their relationship to future professional activities. Experience in the implementation of the Program has shown that the main problem in the course of training is the mastering of the Practical Training Unit such as «Taxiing.» In this connection, a sequence of learning blocks is proposed, in which each subsequent block is preceded by a «Steering» block. This sequence of implementation of the Practical Training will achieve the necessary speed qualities of steering wheel control and will contribute to a holistic understanding of the relationship of all units of the Program and the importance of each of them. A survey of trainees was conducted, the results of which resulted in a number of proposals for improving their training system, it is worth noting that many of these activities should be taken into account and can contribute to a significant improvement in the quality of training of specialists.

Keywords: practical training, control technique, control tactics, vehicle, driver, special signals, problematic aspects

Практическая подготовка является одним из элементов программы профессионального обучения (повышение квалификации) водителей, управляющих транспортными средствами категории «В», оборудованными устройствами для подачи специальных световых и звуковых сигналов (далее – Программа), которая направлена на приобретение практических навыков безопасного управления транспортным средством категории «В» в различных условиях. Практическая подготовка, как элемент Программы, составляет основной

объем практических занятий, и по своей сути от того, насколько правильно будет донесена информация и построена работа по данному разделу, зависит в целом успешное ее освоение. Уникальность раздела заключается в том, что занятия могут быть построены различным образом в зависимости от материальной базы, имеющегося опыта педагогического персонала и квалификации кадров, проходящих обучение. Многообразие блоков, изучаемых в ходе освоения Практической подготовки, направлено на формирование и коррек-

рование всех элементов подготовки профессионального водителя, начиная от правильной посадки за рулем транспортного средства, хвата рулевого колеса и способов его вращения в различных условиях, заканчивая маневрированием, развитием чувства габарита транспортного средства и применением разнообразных приемов воздействия на органы управления при торможении. В результате изучения раздела Практической подготовки Программы обучающийся должен обладать способностью использовать в своей профессиональной деятельности приемы безопасного управления транспортным средством, самостоятельно применять приемы скоростного руления при возникновении аварийных ситуаций, самостоятельно определять возникновение и знать способы предотвращения таких нежелательных явлений, как занос и снос автомобиля.

Каждый из разделов Программы, в частности Практическая подготовка, по сути, уже имеет определенную структуру, которую можно использовать в своей работе для подготовки обучающихся [1]. Исследуемый раздел Практическая подготовка состоит из нескольких блоков. Каждый блок имеет свое название и включает несколько упражнений (табл. 1).

Приведенный в табл. 1 перечень упражнений автором самостоятельно был разбит на этапы: подготовительный, исполнительный и контрольный; полное описание названий упражнений раздела Практической подготовки Программы представлено в источнике [1]. Нами были изучены различные комбинации Блоков Программы, прорабатывались последовательность выполнения упражнений и их продолжительность, учитывая длительность процесса обучения и квалификацию обучающихся.

Таблица 1

Упражнения Практической подготовки

№ п/п	Блоки Практической подготовки	Упражнения
1	Руление	<i>Подготовительные упражнения:</i> маятники поочередно одной, двумя руками на различные углы поворота рулевого колеса. <i>Исполнительные упражнения:</i> силовое руление, руление перекрестным хватом с перехватом на боковом секторе рулевого колеса, руление одной рукой с перекатом через тыльную сторону ладони. <i>Контрольные упражнения:</i> скоростное руление перекрестным хватом с перехватом на боковом секторе рулевого колеса, скоростное руление одной рукой с перекатом через тыльную сторону ладони.
2	Маневрирование	<i>Подготовительные упражнения:</i> маневрирование в условиях объезда препятствий с отработкой техники управления рулевым колесом одной рукой, двумя руками, маневрирование задним ходом. <i>Исполнительные упражнения:</i> усложнение условий реализации <i>подготовительных упражнений</i> (различные вариации упражнений «змейка») путем увеличения скорости прохождения, изменения работы рук при работе с рулевым колесом, последовательности работы с педалями тормоза и газа. <i>Контрольные упражнения:</i> скоростное прохождение «змейки» стандартной, с укороченным шагом, со смещенным шагом при соблюдении техники управления рулевым колесом, скоростное вхождение в поворот, серия разворотов с изменяющейся траекторией движения.
3	Торможение	<i>Подготовительные упражнения:</i> торможение плавное, с постоянным нажатием педали тормоза, с переменным нажатием педали тормоза на минимальной скорости. <i>Исполнительные упражнения:</i> торможение плавное, с постоянным нажатием педали тормоза, с переменным нажатием педали тормоза на минимальной скорости, комбинированный способ торможения, торможение при изменении траектории движения при условии увеличения скорости движения по отношению к подготовительному этапу данного блока. <i>Контрольные упражнения:</i> самостоятельный выбор способа торможения для конкретной ситуации, моделируемой преподавателем.
4	Габаритная подготовка	<i>Подготовительные упражнения:</i> перемещение между стойками-ограничителями для развития чувства габаритов автомобиля. <i>Исполнительные упражнения:</i> прохождение габаритных коридоров на различных скоростях передним и задним ходом. <i>Контрольные упражнения:</i> скоростное прохождение габаритных коридоров, ворот, «туннелей» и остановок в заданном месте на заданном преподавателем расстоянии.

Цель исследования: исследование возможных направлений повышения качества подготовки обучающихся в ходе обучения по разделу Практической подготовки на основании наблюдений, полученных за различными категориями обучающихся, и предложений, полученных от них, в зависимости от изменяющихся условий ее реализации.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования служат результаты наблюдений, полученные в ходе проведения опросов, теоретических и практических тестирований, в ходе обучения по Программе. При этом указанные методы исследований применялись в качестве входного, промежуточного и выходного контролей.

Для получения результатов наблюдений с целью совершенствования Программы подготовки водителей занятия проводились интерактивным методом, который направляет обучающихся на достаточно интенсивную работу друг с другом и преподавателем. Не менее важным является контекстное обучение, в котором на языке наук (результаты судебной практики, научные публикации, исследования тактики и способов безопасного управления транспортным средством) и с помощью традиционных и новых средств и форм обучения в учебной деятельности обучающихся последовательно определяется содержание и специфика их профессиональной деятельности [2; 3].

Результаты исследования и их обсуждение

Применение интерактивного метода в рамках контекстного обучения способствовало логическому осмыслению упражнений Практической подготовки. На наш взгляд, исключение такой специфики преподнесения информации существенно снизит эффективность Программы. Здесь, конечно же, следует выбрать «золотую середину» между теоретическим осмыслением предназначения представленных в табл. 1 упражнений и их практической реализацией.

Необходимость теоретического осмысления подтверждается периодическим проведением тестирования с последующим обсуждением результатов. За основу взят тест, который применяется для проверки знаний обучающихся курсов контраварийной подготовки, которые, безусловно, вызвали весьма оживленное обсуждение и по сути могут быть поняты неоднозначно, нами были исключены из точечного оценивания. Однако стоит представить ряд достаточно однозначных вопросов, которые, по нашему мнению,

могут быть соответствующим индикатором уровня теоретической и по большому счету практической подготовки обучающихся Программы.

Вопрос, связанный со способом удержания рулевого колеса в зависимости от скорости движения двумя руками вызывает достаточно много споров о том, сколько пальцев должно обхватывать обод рулевого колеса и как это влияет на безопасность управления транспортным средством, по большому счету раскрывается лишь при непосредственном выполнении упражнений по блоку «Маневрирование».

Нами отмечено, что большинство обучающихся так или иначе задействуют лишь один или два способа торможения вне зависимости от условий покрытия дорожного полотна. Мы пришли к выводу, что изменить представление о способах торможения необходимо первоначально на теоретическом уровне, когда демонстрируются статистические данные по применению способов торможения в различных условиях. Только после этого необходимо переходить к практике.

Достаточно много вопросов вызывает способ стабилизации траектории движения автомобиля после реакции на такие нежелательные явления, как занос и снос. Здесь, как и ранее было отмечено, вначале применяется теоретический подход к раскрытию темы, который, безусловно, не должен иметь затяжной характер, далее – практика.

Представленный круг вопросов охватывает вопросы техники и тактики управления рулевым колесом, тактики управления транспортным средством в условиях маневрирования, торможения и стабилизации автомобиля после такого нежелательного явления, как занос автомобиля.

Отмечая во вводной части настоящей работы, что следует обратить внимание на последовательность расстановки блоков Программы Практической подготовки, а также последовательность выполнения упражнений в них, мы представили алгоритм реализации Практической подготовки по блокам (рисунок).

Главной особенностью предлагаемой блок-схемы реализации Практической подготовки Программы является работа обучающихся по освоению блока «Руление» перед каждым из последующих блоков. Наблюдения показывают, что на первоначальном этапе освоения блока «Руление» требуется выполнение полного комплекса упражнений, данный этап по сути является ознакомительным, поскольку он позволяет лишь акцентировать внимание обучающихся на важности отдельных элементов и всей техники управления рулевым колесом в целом.

При этом отмечается, что на первоначальном этапе Практической подготовки «Руление» слушателями воспринимается весьма скептически. По мере освоения Программы, в особенности перед основной частью блока «Маневрирование», слушатели начинают понимать ценность и важность такого блока Практической подготовки, как «Руление» [4].

Габаритная подготовка следует сразу после тренажерной подготовки, представленной блоком «Руление». Во время данного этапа используются ограничители габаритов (конусы с палками, регулируемые по высоте). В результате освоения данного этапа следует обучить слушателей чувству центра автомобиля и его габаритов (слева и справа) спереди и сзади автомобиля. Усложнение выполнения упражнений производится путем увеличения скорости движения транспортного средства и уменьшения расстояния между автомобилем и ограничителями [5].

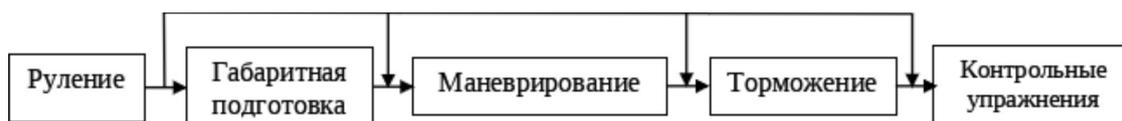
Маневрирование проводится в несколько этапов [6]. Основным упражнением данного блока является «классическая змейка», при которой обучающиеся совершенствуют как габаритную подготовку, технику руления, так и слаженную работу других органов управления транспортным средством. В ходе наблюдений установлено, что данное упражнение возможно проводить как минимум в трех вариациях: при постоянной скорости движения, с загрузкой автомобиля: путем нажатия на педаль тормоза или торможения двига-

телем [7]. В последующем следует переходить к повышению сложности выполнения упражнения путем увеличения скорости движения транспортного средства и увеличения расстояния между ограничителями. В дальнейшем возвращаемся к блоку «Руление», после освоения которого следуем согласно оставшимся упражнениям программы блока «Маневрирование».

Блок «Торможение» осваивается в той же последовательности, как это определено в Приказе 161 Минобрнауки [1]. При этом обращается внимание слушателей на необходимость соблюдения правильной посадки и готовности к корректирующим действиям рулевым колесом.

Следует отметить, что результаты исследования, направленные на выявление проблемных аспектов реализации раздела Практической подготовки программы подготовки водителей транспортных средств категории «В», оборудованных устройствами для подачи специальных световых и звуковых сигналов, и разработку предложений по совершенствованию раздела Практической подготовки водителей, получены в ходе проведения наблюдений за более чем 200 слушателями Программы.

Проведенные опросы слушателей для выявления возможных направлений улучшения показателей эффективности реализации Программы в части Практической подготовки сведены в табл. 2. В табл. 2 были объединены наиболее часто встречающиеся предложения.



Блок-схема реализации Практической подготовки Программы

Таблица 2

Результаты опроса по совершенствованию Программы

№ п/п	Перечень предложений, высказанных слушателями по совершенствованию Программы	Процент опрошенных
1	Совершенствование полигона: увеличение количества мест для упражнений, возможных скоростей с учетом обеспечения безопасности	35
2	Возможность реализации Практической подготовки на автомобилях с различным типом привода	12
3	Увеличение количества часов на Практическую подготовку	8
4	Возможность реализации Практической подготовки на служебных автомобилях	27
5	Сезонное прохождение Практической подготовки (летний и зимний период)	11
6	Дополнение программы упражнениями по вождению автомобиля в особых условиях (песка, гравия, грязи и т.д.)	7

Заключение

В результате проведенного исследования расставлены акценты по проблемным вопросам совершенствования раздела Практической подготовки. На основании полученных данных в ходе проведения опросов, в результате наблюдений за работой различных категорий слушателей, с учетом их мнений по вопросам совершенствования Программы был предложен алгоритм реализации Практической подготовки. Стоит отметить, что отмеченный выше алгоритм проведения занятий по Практической подготовке достаточно успешно применяется в рамках учебного процесса. Педагогические исследования в рамках повышения качества подготовки специалистов по отмеченной Программе продолжают. Мы полагаем, что совершенствование Практической подготовки водителей может быть достигнуто путем установления оптимальной периодичности прохождения обучения, учитывая особенности выполняемых служебных обязанностей, сезонность отработки навыков безопасного управления транспортным средством.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 1 марта 2018 г. N 161 «Об утверждении примерных программ повышения квалификации водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий». Зарегистрировано в Минюсте РФ 10 мая 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/71942062/paragraph/1:0> (дата обращения: 28.09.2021).
2. Чибиков А.С. Формирование понятийных и образных представлений при изучении основ законодательства в сфере дорожного движения // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 4–1. С. 191–195.
3. Яшина Л.И. Внедрение инноваций как способ обеспечения качества образования студентов // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 4–1. С. 202–206.
4. Белоусова С.В., Цыганков Э.С., Зудин В.Н. Обучение сотрудников военной автомобильной инспекции Министерства обороны Российской Федерации приемам скоростного руления // Экстремальная деятельность человека. 2015. № 4 (37). С. 3–6.
5. Горбачев М.Г. Что не расскажет инструктор по вождению. М.: Эксмо, 2008. 48 с.
6. Гоннов Р.В., Шаров Е.Н., Иноценко В.А. Автомобильная и контраварийная подготовка сотрудников полиции // Актуальные вопросы права и правоприменения: электронный сборник материалов всероссийской научно-практической конференции. Ставрополь: Краснодарский университет внутренних дел Российской Федерации, Ставропольский филиал, 2017. С. 302–310.
7. Цыганков Э.С. Контраварийная подготовка водителей: (15 приемов стабилизации автомобиля). М.: Транспорт, 1993. 78 с.

УДК 37.026.7:378

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ РАБОТЫ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАКАЛАВРА

Одинцова Л.А., Бронникова Л.М.

*ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет»,
Барнаул, e-mail: lubo.odintsova@yandex.ru*

В настоящей статье описана педагогическая модель деятельности научного руководителя по управлению и развитию исследовательской деятельности студента в процессе выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра. В качестве методологической базы выступили основные положения компетентностного, деятельностного и системного подходов в образовании, приоритетные положения теории гармонизации теоретической и практической составляющих подготовки будущего учителя математики, основы управления образовательным процессом. Проектирование предложенной педагогической модели основывается на принципах системности, деятельности, профессиональной направленности, гармонизации усвоения теоретических знаний и приобретаемого профессионально-педагогического опыта, управляемости процессом исследовательской деятельности студента при выполнении выпускной квалификационной работы. Авторами выделены и описаны компоненты модели деятельности научного руководителя по управлению и развитию исследовательской деятельности студента в процессе выполнения выпускной работы бакалавра: системообразующий, постановочный, аналитико-распределительный, формирующе-концептуальный, теоретико-преобразовательный, практико-преобразовательный, внедренческий, итоговый. Каждый компонент направлен на решение частных задач, конкретизирующих общую цель исследования. Разработанная модель прошла апробацию при подготовке бакалавров педагогического образования, в результате которой была констатирована положительная динамика уровня организованности, познавательной активности студентов, ответственности за качество своего учебно-исследовательского труда.

Ключевые слова: исследовательская деятельность студента, управление образовательным процессом, выпускная квалификационная работа бакалавра, педагогическая модель, деятельность научного руководителя

MANAGEMENT OF THE SCIENTIFIC LEADER OF THE PROCESS OF PERFORMANCE OF THE GRADUATE WORK AS A MEANS OF DEVELOPING THE RESEARCH ACTIVITY OF THE BACHELOR

Odintsova L.A., Bronnikova L.M.

Altai State Pedagogical University, Barnaul, e-mail: lubo.odintsova@yandex.ru

This article describes the pedagogical model of the activity of the supervisor for the management and development of the student's research activities in the process of completing the bachelor's final qualifying work. The methodological basis was the main provisions of competence, activity and system approaches in education, the priority provisions of the theory of harmonization of theoretical and practical components of the training of a future mathematics teacher, the basics of educational process management. The design of the proposed pedagogical model is based on the principles of consistency, activity, professional orientation, harmonization of the assimilation of theoretical knowledge and acquired professional and pedagogical experience, controllability of the student's research activity during the final qualifying work. The authors have identified and described the components of the activity model of the supervisor for the management and development of the student's research activity in the process of completing the bachelor's final work: system-forming, staging, analytical-distributive, formative-conceptual, theoretical-transformative, practical-transformative, implementation, final. Each component is aimed at solving specific problems that specify the overall purpose of the study. The developed model was tested during the preparation of bachelors of pedagogical education, as a result of which positive dynamics of the level of organization, cognitive activity of students, responsibility for the quality of their educational and research work was established.

Keywords: student research activities, management of the educational process, bachelor's final qualification work, pedagogical model, activities of a scientific advisor

В современных условиях развития науки и технического прогресса в различных сферах производства находят применение новейшие достижения науки и техники, развиваются инновационные процессы и требуются высококвалифицированные специалисты с высшим образованием, способные и готовые вести исследовательскую деятельность, внедрять ее результаты в производство и отслеживать эффективность функционирования внедряемых новшеств.

Это в полной мере относится и к сфере образования, о чем говорят требования к подготовке выпускника в Федеральном государственном образовательном стандарте (ФГОС) по направлению «Педагогическое образование» [1], и профессиональные компетенции, выделенные профессиональными стандартами [2, 3] (соотнесенными с ФГОС соответствующего направления и профиля). Опираясь на многолетний опыт организации исследовательской деятель-

ности, включая подготовку выпускной квалификационной работы (ВКР) студентов педвуза, можем утверждать, что она требует системного подхода, создания тщательно продуманного содержания и структуры, необходимого дидактического инструментария. Исследованием проблемы развития исследовательской деятельности студентов бакалавриата авторы занимаются с 2000 г. В результате выявлены уровни ее развития: 1) пропедевтический, реализуемый в преподавании профильных дисциплин путем решения задач исследовательского типа, требующих постановки проблемы и поиска способов решения; 2) пробный, на котором в качестве контрольных срезов предлагаются задания поисково-исследовательского характера, выполнение курсовых работ, где используются умения, сформированные на предыдущем уровне; 3) формирующе-развивающий, на котором формируемые умения применяются в новых условиях для решения реальной проблемы конкретной ВКР. Управление процессом организации и выполнения ВКР осуществлялось на уровне деканата и кафедры. Итоги сформированности исследовательских умений подводились по результатам анализа текстов и защиты ВКР. Критериями оценивания являлись совокупные показатели сформированности умений выполнять основные этапы исследования: 1) постановочный, 2) исследовательский, 3) оформительно-внедренческий. Сравнительный анализ качества выполнения ВКР (по 120 работ в год), подготовленных и защищенных в 2005–2010 гг., показал положительную динамику сформированности исследовательских умений, но в то же время наличие некоторых пробелов в овладении исследовательской компетенцией определенной частью выпускников. Тогда и возникла идея поиска приемов, способов и средств управления процессом формирования исследовательской деятельности при выполнении ВКР.

Выпускная работа бакалавра имеет статус квалификационной и носит исследовательский характер, следовательно, ее структура, содержание, оформление, представление и защита должны свидетельствовать о владении ее автором всеми компетенциями, обозначенными в качестве обязательных ФГОС, и в то же время отвечать требованиям к исследовательским работам: формирование методологического аппарата, концептуальных основ исследования, разработка теоретической идеи преобразования объекта исследования и инструментария ее практического внедрения в школьную практику, организацию отслеживания эффективности разработанных новшеств,

подведение итогов исследования. С такой работой исследовательского характера, достаточно большой по объему, уровню самостоятельности, сложности и трудности решаемых задач, студент встречается впервые. Ранее он с помощью преподавателей на занятиях по профильным дисциплинам учился ставить, искать пути решения различных учебных проблем. При выполнении ВКР перед ним возникает проблема, которую нужно изучить и предложить решение в реальных педагогических условиях.

В современной педагогической литературе есть достаточно источников, посвященных формированию исследовательской деятельности будущего учителя при изучении профильных дисциплин. Есть работы по организации управления исследовательской деятельностью студентов на уровне деканата и кафедры. Наиболее интересные идеи организации управления исследовательской деятельностью представлены в статье Х.Х. Игамбердиева и Б.У. Кобилова [4]. Из всех работ, посвященных управлению образовательными системами, следует выделить работу Т.И. Шамовой [5], в которой урок рассматривается как педагогическая система и раскрываются возможности управления учителем образовательным процессом на уроке. Настоящее исследование является продолжением исследования авторов, нашедшего отражение в статье [6], представляющей общественности систему формирования исследовательской деятельности будущего учителя, имеющую двухступенчатый характер (охватывает только первые две ступени). Однако более глубокие работы, раскрывающие суть, содержание, приемы и средства управления образовательным процессом на уровне преподавателя, необходимое дидактическое сопровождение, практически отсутствуют. Студенту, приступающему к выполнению ВКР, необходимо систематизировать, обобщить и применить приобретенные ранее исследовательские знания и умения. Организовать и направлять эту деятельность призван научный руководитель, который (особенно начинающий) не всегда хорошо владеет приемами управления учебной и учебно-исследовательской деятельностью обучающихся. В то же время в современной научно-педагогической литературе не раскрыта в полной мере проблема управления преподавателем учебным процессом, в том числе и научно-исследовательской работой студента.

Цель исследования – выявить приемы и средства управления процессом выполнения выпускной квалификационной работы, обеспечивающие активизацию и развитие исследовательской деятельности студента.

Материалы и методы исследования

Теоретическую базу исследования составили:

– основы компетентного, деятельностного и системного подходов в образовании, разработанные в трудах И.А. Зимней и В.А. Хуторского [7, 8];

– приоритетные положения теории гармонизации теоретической и практической составляющих подготовки учителя математики, представленные в работе Г.И. Саранцева [9];

– основы управления образовательным процессом, разработанные Т.И. Шамовой [5].

Основные методы, используемые в данном исследовании: анализ, синтез, моделирование. Первые два работают при изучении литературы и формировании теоретической базы и цели исследования, обосновании средства достижения цели, формировании содержания компонентов модели, организации мониторинга и подведения итогов функционирования созданной модели, метод моделирования – при конструировании модели.

Результаты исследования и их обсуждение

Опираясь на выделенную теоретическую базу исследования, в качестве средства достижения поставленной цели считаем целесообразным выбрать создание «Модели управления развитием исследовательской деятельности студента», а в качестве принципов ее конструирования – следующие положения: системности, деятельности, профессиональной направленности, гармонизации усвоения теоретических знаний и приобретаемого профессионально-педагогического опыта, управляемости процессом исследовательской деятельности студента при выполнении ВКР.

Исходя из выдвинутых принципов управления процессом выполнения ВКР, оно должно носить строго структурированный системный характер, содержащий все необходимые содержательные, деятельностные, обобщающие, систематизирующие, направляющие, корректирующие компоненты, позволяющие оперативно реагировать на малейшие отклонения от движения к намеченной цели. А для этого процесс выполнения ВКР должен реализовываться в условиях непрерывного взаимодействия двух его субъектов: студента и научного руководителя. В ходе организации исследовательской деятельности студента научный руководитель ненавязчиво иллюстрирует процесс управления (набор заданий и последовательность выполнения управленческих действий), постепенно включая сту-

дентов в процесс самоуправления своей исследовательской деятельностью. По мере освоения студентами умений самоорганизации, самоконтроля и саморегулирования собственной исследовательской деятельности, выработки чувства ответственности за ее результаты, в арсенале деятельности научного руководителя остаются функции выдачи исследовательских заданий более высокого уровня, направления деятельности студента в нужное русло и консультирования. Поскольку исследовательские задачи возникают по мере перехода с одного этапа исследовательской деятельности на другой – более высокий, то планирование и реализацию совместной деятельности студента и научного руководителя целесообразно осуществлять поэтапно в соответствии с этапами выполнения выпускного исследования. Поэтому в формируемой модели выделяем компоненты, соответствующие этапам выполнения ВКР, разделив каждый этап исследовательской деятельности на части, примерно одинаковые по объему и относительно самостоятельные по содержанию.

Приступая к описанию построения модели, выделим системообразующий компонент, который будет включать генеральную цель управления процессом выполнения ВКР: «Развитие исследовательской деятельности будущего специалиста в области образования» путем включения его в выполнение соответствующей деятельности, самому принимать участие в реализации управления исследовательской деятельностью (планировании, организации, осуществлении, контроле, анализе результатов деятельности, корректировании), что способствует овладению умением самоуправления собственной исследовательской деятельностью, посвященной решению конкретной исследовательской педагогической проблемы в конкретных условиях практики. Остальные компоненты «Модели управления развитием исследовательской деятельности студента» должны служить решению различных задач формирования исследовательских знаний и способов деятельности, реализуемых на различных этапах решения конкретной исследовательской проблемы. Иначе говоря, каждый компонент направлен на решение частных задач, конкретизирующих общую цель исследования. Перечислим их:

Постановочный. Предполагает отработку действий по поиску, отбору изученных фактов, приемов, способов их использования при выполнении исследования: выявление противоречий в выбранной объектной области исследования, формулирование проблемы исследования, объекта и предмета исследования, уточнение темы выпуск-

ной работы, постановка цели выпускной работы и конкретизация ее в частных задачах.

Аналитико-распределительный. Данный компонент предназначен для развития действия анализа изученного материала по теме исследования, отбора нужных сведений и определения их функционального назначения в проводимом исследовании (использование для создания теоретической базы исследования или использование идеи формирования методики, технологии организации образовательного процесса в другой предметной области или других педагогических условиях и т.п.).

Концептуально-формирующий. Это компонент возникновения, развития идеи преобразования объекта исследования, завершения формирования гипотезы исследования.

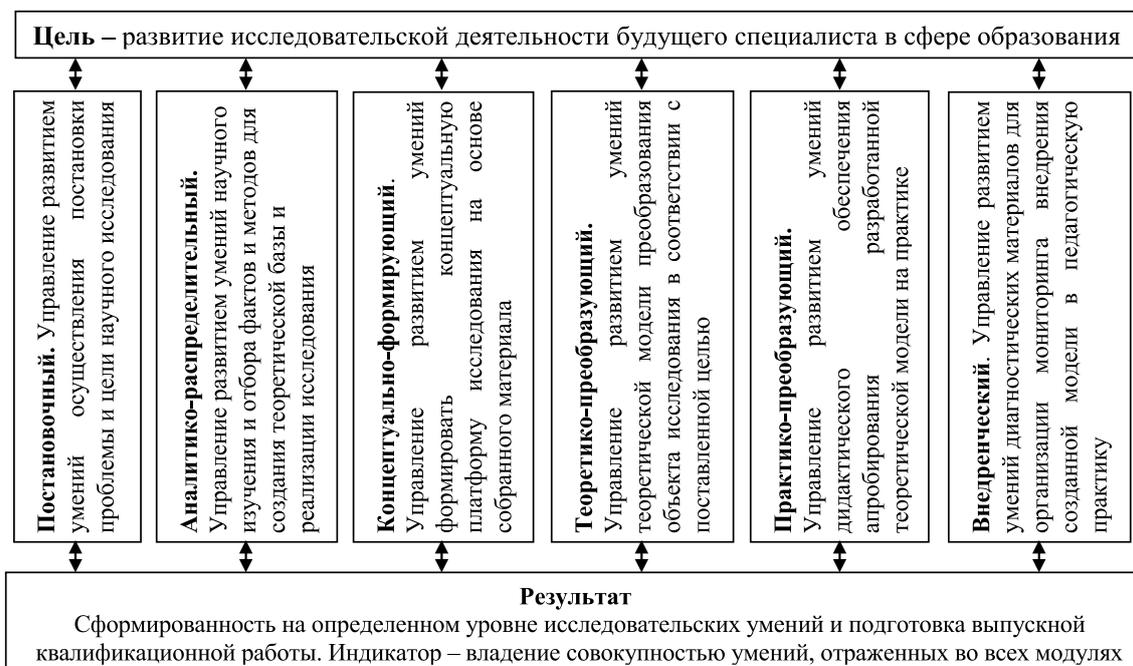
Теоретико-преобразовательный. Создается пакет теоретических разработок, позволяющих внедрить в педагогическую практику возникшие идеи преобразования объекта исследования (виды и типы заданий, методы и приемы работы с ними, способствующие корректному использованию новшества в образовательном процессе).

Практико-преобразовательный. Предусматривает создание необходимого дидактического инструментария внедрения в педагогическую практику разработанных теоретических материалов для достижения цели – задуманного преобразования объекта исследования.

Внедренческий. Создаются диагностические материалы отслеживания эффективности использования теоретически обоснованных содержания и средств преобразования изучаемого объекта и дидактического инструментария их внедрения в педагогическую практику. Адаптируются готовые или создаются новые методики организации опытно-экспериментального исследования эффективности внедрения новшества в школу.

Итоговый. Выбирается или создается новая методика подведения итогов исследования.

Управление выполнением ВКР и развитием исследовательской деятельности студентов осуществляется путем своевременного предоставления студентам: 1) материалов, определяющих содержание и последовательность освоения необходимых исследовательских действий; 2) графика вызывных консультаций, на которых даются индивидуальные уточняющие установки по выполнению каждого этапа исследования и заслушиваются отчеты по выполнению выданных заданий, освоению исследовательских действий из этих заданий. Результаты консультаций фиксируются в специальном журнале научным руководителем и учитываются при оценивании сформированности исследовательской деятельности, уровня самостоятельности на каждом этапе выполнения работы.



Модель управления развитием исследовательской деятельности студента в процессе выполнения ВКР

Приведем примеры реализации отдельных компонентов предлагаемой модели, соответствующих наиболее трудным для студентов этапам выполнения исследовательской деятельности при написании ВКР. Очень сложно дается студентам этап включения в исследовательскую деятельность, поэтому начнем с описания реализации компонента «Постановочный». Наиболее часто встречающейся ошибкой является отсутствие постановки проблемы исследования. Обычно во введении приводится несколько фраз о том, что может дать обучающемуся изучение указанных в теме фактов и способов деятельности, и отсутствует аргументация необходимости для государства, общества и личности введения предлагаемых новшеств. Для осознанного выполнения ВКР студент должен понять суть научной педагогической проблемы, условия её возникновения и роль в научном исследовании. Поэтому первым шагом реализации постановочного этапа исследования является выдача студенту следующих заданий: 1) на повторение ранее изученного раздела «Логика научного исследования» учебной дисциплины «Основы научного исследования в математическом образовании», включающего понятие научного исследования, его этапы, понятие научной проблемы, ее существенные характеристики, условия возникновения, постановка проблемы, формы выражения; понятия объекта, предмета исследования, связь между ними и темой исследования, постановка цели и задач, виды задач в педагогическом исследовании; 2) на поиск литературы и источников по теме исследования, использование изученной литературы для выяснения степени разработанности, постановку проблемы и уточнение темы исследования, постановку цели исследования и конкретизацию ее в задачах. Следующими шагами организации научного исследования являются: а) установление точных сроков отчетностей по полученным заданиям; б) проведение вызывных консультаций для приема отчетностей по заданиям; анализ результатов выполнения заданий; в) выдача, в случае необходимости, коррекционных заданий; г) проверка коррекционных заданий, анализ. Далее следует переход к следующему этапу исследования и организация нового управленческого цикла.

Приведем характеристику компонента «Концептуально-формирующий». Для продолжения исследования студенту важно представить весь процесс преобразования предмета исследования: что и как он будет делать, при помощи каких преобразований и какого инструментария и за счет чего до-

стигнет поставленной цели? Иначе говоря, необходимо организовать осознанную деятельность по формированию научной гипотезы. Для этого студенту выдаются задания: а) на повторение из указанного выше раздела «Логика научного исследования» поэтапной организации процесса создания научной гипотезы; б) на основе повторения и возникшей идеи преобразования (в результате анализа изученной литературы по теме ВКР) охарактеризовать в общих чертах содержание учебного материала, на базе которого будут осуществляться преобразования, формы, методы и средства их реализации, в) на формулирование критериев и показателей достижения цели преобразования; г) предварительное обоснование средств достижения цели. Далее идет осуществление последующих элементов управленческого цикла: установление сроков отчетностей по полученным заданиям, прием отчетностей, анализ результатов выполнения заданий; выдача коррекционных заданий, их проверка и переход к следующему этапу исследования.

Дадим некоторые комментарии к реализации компонента «Теоретико-преобразовательный». Прежде чем внедрять в педагогическую практику преобразования, студент должен теоретически обосновать содержание и средства реализации планируемого новшества. С этой целью он получает задания: а) на создание системы заданий, позволяющих изменить старые свойства предмета исследования на новые, предусмотренные поставленной целью; б) выбор или создание форм, методов и средств работы с разработанными учебными заданиями, которые корректно и достаточно быстро приведут к необходимому результату. Завершается этот компонент (как и другие) проверочным, коррекционным и аналитическим элементами управленческого цикла.

Четкое фиксирование выполнения заданий на каждом этапе, возникающих у студента идей использования наработок при реализации плана ВКР позволяет научному руководителю включить студента в написание чернового варианта работы, не дожидаясь полного укомплектования собранных материалов для написания всей работы или главы. Практика руководства выпускными работами свидетельствует, что многие студенты испытывают затруднения в проведении анализа научного текста, сравнении различных формулировок одного понятия, характеристик различных методов работы с определениями и утверждениями, грамотном изложении своих соображений по выбору рабочего определения ведущего понятия своей работы или наибо-

лее эффективного метода работы с ним. Поэтому отрабатывать научный язык и стиль изложения необходимо уже при выполнении постановочного этапа исследования. Чем быстрее студент научится анализировать созданный другим автором текст, т.е. осуществлять критический подход к его изучению, тем быстрее он осознает необходимость критического отношения к своему подготовленному материалу и научится самостоятельно находить ошибки в своем тексте и править его. Весьма полезно в журнал учета выполнения ВКР включать результаты выполнения научно-исследовательских и преддипломной практик. Принимая отчет о прохождении соответствующей практики, научный руководитель имеет возможность проверить уровень овладения студентом типами исследовательских действий, которые он выполнял на ней.

Описанная в статье «Модель управления развитием исследовательской деятельности студента», разработанная сотрудниками УНИЛ «Дидактическое обеспечение развития непрерывного физико-математического образования» Алтайского государственного педагогического университета, прошла экспериментальную проверку в бакалавриате вуза по направлению «Педагогическое образование» (профили «Математика и информатика», «Физика и информатика») в течение последнего пятилетия. Для подведения итогов были выбраны два последних выпуска (всего 180 чел.) в каждом из них выделены экспериментальная и контрольная группы по 45 чел. каждая, примерно одинаковые по успеваемости. Критериями оценивания являлись совокупные показатели сформированности умений выполнять основные этапы исследования: 1) постановочный, 2) исследовательский, 3) оформительно-внедренческий. Каждый критерий характеризовался некоторой совокупностью показателей сформированности определенных составляющих исследовательской деятельности, формируемых на соответствующем этапе. По завершению работы должны быть сформированы все составляющие исследовательской деятельности. Каждой составляющей исследовательской деятельности экспертным советом присваивается определенный балл. Выделены три уровня сформированности исследовательской деятельности; достижение каждого из них оценено в баллах (указаны нижний и верхний порог каждого уровня). Поскольку все студенты прошли предварительную подготовку в форме изучения дисциплины «Основы исследования в области образования», на входном контроле они пишут prospect своей ВКР, указывая,

какие компоненты исследовательской деятельности и как они будут выполнять. Оценивался входной и итоговый контроль (готовый текст ВКР) в контрольной и экспериментальной группах по одинаковым показателям. В экспериментальной группе научные руководители осуществляли управление развитием исследовательской деятельностью студентов с использованием разработанной модели, в контрольной – нет. На этапе входного контроля с помощью U-критерия Манна – Уитни доказана однородность контрольной и экспериментальной групп по уровню сформированности исследовательской деятельности студентов с достоверностью 95%. Сравнительный анализ входного и итогового контроля в экспериментальной группе показал существенный рост студентов с высоким уровнем развития исследовательской деятельности и резкое снижение с низким уровнем. U-критерий Манна – Уитни позволил констатировать статистически значимые изменения в экспериментальной группе с достоверностью 99%. В контрольной группе произошел незначительный рост числа студентов с высоким и средним уровнем. Итоги защиты показали высокий уровень теоретических знаний в области организации и осуществления научно-педагогического исследования, грамотное последовательное выполнение всех этапов исследования, четкое глубокое представление материалов, вынесенных на защиту. Государственной экзаменационной комиссией отмечено высокое качество выполнения и защиты работы каждым членом экспериментальной группы.

Заключение

Подводя итоги всего вышеизложенного, заключаем: разработанная и прошедшая апробацию «Модель управления развитием исследовательской деятельности студента» способствует повышению организованности, познавательной активности, ответственности за качество своего учебно-исследовательского труда и овладение педагогическим исследовательским опытом. Действительно: 1) реализация компетентного, системного и деятельностного подходов к построению модели позволяет, поставив задачу, подготовить компетентного специалиста в области математического образования, вести научно-исследовательскую деятельность, использовать в совокупности возможности указанных подходов, готовить студентов к реализации исследовательской деятельности (включая учебно-научно-исследовательскую), решая при этом еще одну важную задачу – выполнение ВКР;

2) реализация принципа гармонизации теоретической и практической подготовки помогает использовать результаты повторения теоретического материала по организации научного исследования в практических целях: формирования исследовательских умений и их использования при выполнении исследовательской деятельности в процессе подготовки ВКР; 3) реализация управления процессом выполнения ВКР на основе используемых подходов позволяет выработать трудолюбие, четкость и своевременность выполнения заданий, ответственность за качество выполнения деятельности.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 22 февраля 2018 г. № 125 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71797864/> (дата обращения: 14.08.2021).
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н «Профессиональный стандарт «Педагог (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель)» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70435556/> (дата обращения: 14.08.2021).
3. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 8 сентября 2015 г. № 608н «Профессиональный стандарт «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования» [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201509280022> (дата обращения: 14.08.2021).
4. Игамбердиев Х.Х., Кобилов Б.У. Организация и управление научно-исследовательской работой студентов // Science and Education. 2021. № 2 (5). [Электронный ресурс]. URL: <https://openscience.uz/index.php/sciedu/article/view/1480> (дата обращения: 14.08.2021).
5. Шамова Т.И., Третьяков П.И., Капустин Н.П. Управление образовательными системами: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. Т.И. Шамовой. М.: Издательский центр «Академия», 2014. 384 с.
6. Одинцова Л.А. Основные принципы и факторы формирования исследовательской деятельности будущих бакалавров педагогического образования // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=15357> (дата обращения: 14.08.2021).
7. Зимняя И.А. Компетентность и компетентность в контексте компетентностного подхода в образовании // Ученые записки национального общества прикладной лингвистики. 2013. № 4 (4). С. 16–31.
8. Хуторской А.В. Методологические основания применения компетентностного подхода к проектированию образования // Высшее образование в России. 2017. № 12. С. 85–91.
9. Саранцев Г.И. Гармонизация профессиональной подготовки бакалавра по направлению «Педагогическое образование» // Интеграция образования. 2016. Т. 20. № 2. С. 211–219.

УДК 378.147.88

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЕТЕНТНО- МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Попов Д.В., Михелькевич В.Н.

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара,
e-mail: Popovgoldmer@mail.ru*

Доминирующим видом профессиональной деятельности специалистов по физическим процессам нефтегазового производства является выполнение экспериментально-исследовательских лабораторных работ. Проведенные экспериментальные исследования свидетельствуют, что специалисты этого профиля 56% своего времени затрачивают на выполнение экспериментально-исследовательских лабораторных работ. Учитывая эту специфику деятельности специалистов, высокую актуальность приобретает проблема подготовки студентов – будущих специалистов этого профиля к выполнению экспериментально-исследовательских лабораторных работ, по формированию у них профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции. В рамках решения этой проблемы в Самарском государственном техническом университете была разработана, апробирована и внедрена в учебный процесс подготовки специалистов по специальности 13.12.01 «Физические процессы нефтегазового производства» технология, в методологическое основание которой были заложены шесть нижеследующих концептуальных положений. Исходным концептуальным положением проектируемой технологии является системный подход, при котором технология выполнения лабораторной экспериментально-исследовательской работы рассматривается как дидактическая система с присущими ей элементами/подсистемами и связями между ними. Сущность второго концептуального положения состоит в диверсификации – в расчленении целостной технологии формирования у студентов профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции на три локальных технологии: технологию планирования и подготовки профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции, при котором она представляется в виде трех учебных модулей, реализующих соответствующие локальные технологии – такова суть третьего концептуального положения. Четвертое концептуальное положение – использован процессный подход к целеполаганию, при котором главной целью выполнения лабораторного эксперимента является формирование у студентов профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции, а сопутствующей – получение экспериментальных данных о состоянии и параметрах исследуемого физического процесса. Пятое положение заключается в использовании методологического приема постепенного перенесения ответственности за выполнение отдельных действий, операций и процедур по выполнению лабораторных работ от ведущего преподавателя к непосредственным исполнителям этих работ – студентам. Необходимость непрерывного наблюдения и систематического мониторинга результативности развития и формирования профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции и опосредованного ею развития и формирования личностных профессионально значимых качеств составляет суть последнего концептуального положения.

Ключевые слова: студенты, профессиональная компетенция, компетентностно-модульная технология, проектирование, концептуальные положения

CONCEPTUAL PROVISIONS FOR DESIGNING AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF COMPETENCE-MODULAR TECHNOLOGY OF STUDENTS' PROFESSIONAL EXPERIMENTAL AND RESEARCH COMPETENCE DURING PERFORMANCE OF LABORATORY WORKS

Popov D.V., Mikhelkevich V.N.

Samara State Technical University, Samara, e-mail: Popovgoldmer@mail.ru

The dominant type of professional activity of specialists in the physical processes of oil and gas industry is the performance of laboratory and experimental works. Experimental studies show that specialists spend 56% of their time on performing laboratory and experimental works. Taking into account the specifics of this work, competence approach to professional training of specialists in physical processes of oil and gas industry becomes highly relevant. As part of solving this problem Samara State Technical University has developed, approved and introduced the educational process of training specialists in the specialty 13.12.01 «Physical processes of oil and gas industry» including six conceptual provisions. The initial conceptual position of the designed technology is a systematic approach in which the technology for performing laboratory experimental and research work is considered as a didactic system with its inherent elements / subsystems and connections between them. The essence of the second conceptual position consists in diversification. The technology of forming students' professional experimental and research competence includes three local technologies: technology of planning and preparing an experiment; technology of direct experiment execution; processing technology of experimental data and preparation of a report on the work. The essence of the third conceptual position presents the modular format of mastering the technology for the formation of professional experimental research competence as the form of three training modules that implement the corresponding local technologies. The fourth conceptual position is the process approach to goal, in which the main goal is formation of students' professional experimental and research competences, and the accompanying one is to obtain experimental data on the state and parameters of the physical process. The fifth provision is to use the methodological technique of a gradual permanent transfer of responsibility for the performance of individual actions, operations and procedures of laboratory work from the teacher to students. Continuous observation and systematic monitoring of the effectiveness of the development and formation of professional experimental and research competence and the development and formation of personal professionally significant qualities are the essence of the last conceptual position.

Keywords: students, professional competence, competence-modular technology, design, conceptual provisions

Основным видом профессиональной деятельности горных инженеров по специальности «Физические процессы в нефтегазовом производстве» является экспериментально-исследовательская научная деятельность [1]. Проведенные нами экспериментальные исследования с привлечением в качестве экспертов опытных и высококомпетентных специалистов нефтегазовых предприятий позволили установить, что специалисты – инженеры этого профиля 56% своего служебного времени уделяют проведению лабораторных и натурных экспериментально-исследовательских работ [2]. Принимая во внимание этот существенный фактор профессиональной деятельности специалистов по физическим процессам нефтегазового производства, особо высокую актуальность приобретает потребность и необходимость формирования у студентов технического вуза, обучающихся по специальности «Физические процессы нефтегазового производства» профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции. При этом под термином «профессиональная экспериментально-исследовательская компетенция» студента – будущего горного инженера по физическим процессам нефтегазового производства» как интегративная многокомпонентная субстанция, адекватно отражающая его готовность на основе приобретенных знаний, умений, навыков и личностных профессионально значимых качеств планировать и подготавливать лабораторный либо натурный эксперимент, корректно и адекватно цели и задачам эксперимента выполнять комплекс мыследеятельностных, психомоторных и тактильных операций и процедур; выполнять статистическую обработку и оценку полученных экспериментальных данных, эффективно и аргументированно проводить их презентацию/защиту.

Целью данного исследования является разработка основных концептуальных положений по проектированию и практической реализации компетентностно-модульной технологии формирования студентов – будущих горных инженеров по физическим процессам нефтегазового производства профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции в процессе выполнения лабораторных работ.

В процессе выполнения исследований авторы опирались на основополагающие теоретико-методологические положения отечественной и мировой педагогической науки по проблеме проектирования образовательных технологий, на современную методологию планирования и организацию выполнения экспериментальных научных

исследований, методику статистической обработки и интерпретации экспериментальных данных [3, 4].

Отвечая на вызов времени в соответствии с поставленной целью исследования, в Самарском государственном техническом университете была разработана, апробирована и внедрена в учебный процесс подготовки специалистов по специальности «Физические процессы нефтегазового производства» компетентностно-модульная технология формирования у студентов профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции в процессе выполнения лабораторных работ [5, 6], базирующаяся на шести нижеследующих компетентностных положениях.

1. При проектировании технологии формирования у студентов профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции используется системный подход, при котором технология выполнения лабораторно-исследовательской работы рассматривается как дидактическая система с присущими ей структурами элементами/подсистемами и связями между ними. При этом в качестве управляющего воздействия на систему выступает цель проведения лабораторной работы, а в качестве выходного, управляемого воздействия – результат выполнения лабораторной работы. Процедура контроля состояния управляемого результата в этой системе представлена каналом отрицательной обратной связи.

2. При проектировании технологии был использован методологический прием диверсификации, в соответствии с которым целостная технология формирования у студентов профессиональных экспериментально-исследовательских компетенций в процессе выполнения лабораторных работ расчленяется на три локальные последовательно и преемственно реализуемые технологии, каждая из которых имеет своё локальное функциональное предназначение, свою локальную дидактическую ценность:

– технология П – планирования и подготовки к проведению лабораторного исследовательского эксперимента;

– технология В – непосредственное выполнение лабораторного эксперимента на лабораторном столе / специализированном стенде путем проведения определенных операций и процедур, обеспечивающих получение необходимой и минимально достаточной информации о состоянии и параметрах исследуемого физического процесса;

– технология ОО – статистической обработки полученных экспериментальных данных, анализа и оценивания результатов, их презентация/защита.

Диверсификация целостной технологии на локальные технологии П, В и ОО позволяет выявить содержание и специфику деятельности исполнителей лабораторной работы при реализации каждой локальной технологии, установить состав действий, операций и процедур (мыследеятельностных, психомоторных, тактильных, коммуникативных, управленческих) по отработке этих технологий, что в свою очередь обеспечивает возможность системно и целенаправленно управлять ими [7].

3. Технология формирования у студентов профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции сконструирована в модульном формате, в соответствии с которым в её структуре содержится три последовательно и преемственно реализуемых учебных модуля МП, МВ и МОО. Эти учебные модули обеспечивают изучение и практическое освоение студентами трех соответствующих локальных технологий выполнения экспериментально-исследовательских лабораторных работ П, В и ОО. При этом интегрирующей дидактической целью учебного модуля МП является овладение студентами знаниями, умениями и навыками планирования лабораторной работы, обоснование квалитетических требований и выбор измерительных инструментовальных средств, планирование безопасности жизнедеятельности при выполнении эксперимента. Интегративной дидактической целью учебного модуля МВ является освоение знаний о способах и средствах получения необходимой и минимально достаточной экспериментальной информации о состоянии и параметрах исследуемого физического процесса освоения умений и практических навыков выполнения мыследеятельностных, психомоторных и тактильных операций и процедур по воздействию на исследуемый физический процесс, по наблюдению и фиксации изменяющихся при этом его состояния и параметров. Интегрирующая дидактическая цель учебного модуля МОО состоит в освоении студентами знаний, умений и навыков статистической обработки экспериментальных данных, анализа и оценки полученных результатов эксперимента, оформления аргументированных технических отчетов по выполнению лабораторных работ.

В составе учебных модулей содержатся соответствующие дефиниции интегральных целей модулей, списки рекомендуемой учебно-методической литературы по подготовке студентов к проведению лабораторных работ, задания по выработке умений выполнения некоторых специфических технологических операций и процедур, кон-

трольные вопросы для самопроверки готовности к выполнению лабораторной работы.

4. При планировании и реализации технологии формирования у студентов профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции используется процессный подход к целеполаганию. Сущность этого подхода проистекает из того, что выполнение любой лабораторной работы обеспечивается достижением двух целей – главной и сопутствующей. При выполнении традиционных лабораторных работ на примере общей физики главной целью является выполнение за счет выполнения в процессе эксперимента определенных операций и процедур, наблюдения и измерения необходимой и достаточной информации, которая после её статистической обработки раскрывает закономерности состояния и параметров исследуемого физического процесса или материального объекта. Сопутствующей же целью лабораторного эксперимента является приобретение знаний, умений и навыков в планировании и выполнении эксперимента.

При выполнении же экспериментально-исследовательских лабораторных работ студентами специальности «Физические процессы нефтегазового производства» главной целью является овладение знаниями, умениями, навыками планирования и подготовки эксперимента, овладение навыками выполнения технологических операций и процедур по получению статистической информации о состоянии и параметрах исследуемого процесса; овладение навыками статистической обработки опытных данных, оценки и презентации/защиты результатов эксперимента, то есть развитие и формирование профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции. Сопутствующей же целью лабораторного исследовательского эксперимента является результат её выполнения. Здесь следует заметить, что такая расстановка приоритетов в целеполагании не отражается на результатах эксперимента, поскольку согласно одному из базовых постулатов теории менеджмента качества, если все процессы технологии будут выполнены на заданном высоком качестве, то и конечный результат будет гарантированно качественным.

5. Используется методологический прием последовательного перманентного перенесения ответственности за выполнение всех действий, операций и процедур по планированию и подготовке лабораторного экспериментально-исследовательского эксперимента, по организации его проведения, по статистической обработке,

анализу и оценке экспериментальных данных от ведущего преподавателя к непосредственным исполнителям работы – студентам, вплоть до полного освоения ими всех действий, операций и процедур в режиме самоуправляемой самостоятельной работы. Реализация этого приема обеспечивается за счет условного разделения целостного процесса на конечный ряд универсальных действий (УУПД). При организации и проведении традиционных лабораторных работ часть УУПД выполняется ведущим преподавателем, другая большая часть – обучающимися-студентами. При перманентном многосеместровом выполнении студентами специальности «Физические процессы нефтегазового производства» лабораторных экспериментально-исследовательских работ они постепенно под наблюдением ведущих преподавателей осваивают новые для них виды УУПД и, как правило, уже при обучении на пятом курсе выполняют полностью самостоятельно такие лабораторные работы.

Важнейшим фактором, определяющим результативность формирования у студентов личностного профессионально значимого качества – самостоятельности в планировании и организации экспериментально-исследовательских лабораторных работ и ответственности за результаты их выполнения и обеспечение безопасности при проведении необходимых операций и процедур на лабораторных установках/стендах, является непрерывность и долговременность (в течение всех десяти семестров) выполнения студентами комплекса лабораторных работ.

Высокие требования работодателей к экспериментально-исследовательской подготовке будущих специалистов по физическим процессам нефтегазового производства, изложенные в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования по направлению подготовки 13.12.01 – «Физические процессы нефтегазового производства», получили адекватное отражение в учебном плане и рабочих программах учебных дисциплин общенаучного и профессионального циклов.

Базовый фундаментальный курс «Физика», преподаваемый в течение трех семестров, предусматривает выполнение лабораторных работ с элементами и фрагментами исследований в объеме более 100 ч. Цикл специальных дисциплин по физическим процессам нефтегазового производства» содержит пять курсов, в структурах которых имеются лабораторные экспериментально-исследовательские работы:

– физика горных пород (4 семестра);

– механика многофазных сред (5 семестр);
– минералого-физические методы исследования минералов (6 семестр);
– молекулярная механика вязкости (7 семестр);

– газовая динамика (8 семестр).

В дисциплине «Учебная научно-исследовательская работа» (9 и 10 семестры), объем которой составляет 158 ч, на выполнение экспериментально-исследовательских лабораторных работ отводится 55 ч аудиторного времени.

Таким образом, студенты перманентно, в течение десяти семестров, продельвают комплекс экспериментально-исследовательских работ, в процессе которых у них устойчиво и на высоком уровне формируется профессиональная экспериментально-исследовательская компетенция и способность самостоятельно и ответственно организовывать и качественно выполнять экспериментально-исследовательские лабораторные работы.

6. Последнее концептуальное положение по проектированию и практической реализации компетентностно-модульной технологии формирования у студентов профессиональных экспериментально-исследовательских компетенций определяет необходимость непрерывного наблюдения и систематического мониторинга (в конце каждого из десяти семестров) результативности развития и формирования у студентов профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции и опосредованного ею развития и формирования личностных профессионально значимых качеств. Работодатели при конкурсном приеме на работу выпускников вузов предъявляют высокие требования не только к составу и уровню сформированности у них универсальных и профессиональных компетенций, но к их личностным и профессионально значимым качествам. В то же время федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования определяют в качестве результата освоения студентами основных образовательных программ сформированные у них универсальные и профессиональные компетенции, но не оговаривают требования по формированию у них личностных профессионально значимых качеств, поскольку они являются надпредметными образованиями/категориями и развиваются опосредованно в процессе формирования им профессиональных компетенций [8, 1]. Поэтому личностные профессионально значимые качества горного инженера по физическим процессам нефтегазового производства

были определены путем проведения экспертных исследований, в которых приняли участие в качестве экспертов 66 высококомпетентных специалистов производственных предприятий, 16 научных работников отраслевого проектно-конструкторского института нефтегазовой промышленности; 24 профессора и преподавателя нефтетехнологического факультета Самарского государственного технического университета. По результатам статистической обработки экспертных мнений было обосновано и принято к реализации десять личностных профессионально значимых качеств: ответственность, дисциплинированность, аккуратность, уверенность в себе, коммуникабельность, системность мышления, нацеленность на результат, стрессоустойчивость, инициативность, умение принимать других.

По результатам наблюдения за развитием и формированием у студентов личностных профессионально значимых качеств преподаватели, ведущие лабораторные работы, корректно направляют и мотивируют студентов на более высокий результат.

Заключение

1. Разработаны концептуальные положения по проектированию и практической реализации компетентностно-модульной технологии формирования у студентов профессиональных экспериментально-исследовательских компетенций в процессе перманентного выполнения лабораторных работ.

2. На основе и полном соответствии с разработанными концептуальными положениями спроектирована, апробирована и внедрена в учебный процесс подготовки горных инженеров по специальности «фи-

зические процессы нефтегазового производства» в Самарском государственном техническом университете компетентностно-модульная технология формирования у студентов профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции в процессе перманентного выполнения лабораторных работ.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 13.12.01 «Физические процессы нефтегазового производства». М.: Министерство образования и науки РФ, 2019. 52 с.
2. Посталюк Н.Ю., Прудникова В.А. Профессионально значимые качества специалиста: Методологические подходы, методы, российские практики развития // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2020. № 3 (39). С. 86–94.
3. Евсюков В.Н. Основы научных исследований. Методическое пособие. Оренбург: Издательство Оренбургского государственного университета, 2011. 316 с.
4. Новиков А.М. Основание педагогики. Пособие для авторов учебников и преподавателей педагогики. М.: Издательство «Эгвес», 2010. 208 с.
5. Михелькевич В.Н., Попов Д.В. Разработка методики оценивания эффективности компетентностно-модульной технологии формирования у студентов профессиональной экспериментально-исследовательской компетенции // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 8. С. 142–146.
6. Современные образовательные технологии. Учебное пособие / Коллектив авторов. Под ред. проф. Н.В. Бордовской. 3-е изд. М.: Изд-во «КНОРУС», 2018. 432 с.
7. Попов С.Е., Терегулов Д.Ф. Теоретические аспекты формирования готовности будущих учителей физики к проведению натурно-вычислительных экспериментов // Научный журнал «Педагогическое образование в России». 2019. № 1. С. 61–67.
8. Михелькевич В.Н., Попов Д.В., Антонов Г.М. Деятельностный подход к формированию у курсантов личностных профессионально значимых качеств: материалы Всероссийской научно-практической конференции «Правовое и духовно-нравственное воспитание Российского офицерства. Самара: Самарский юридический институт, 2015. С. 160–170.

УДК 378.14:616

МЕТОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КАФЕДРЫ СКОРОЙ НЕОТЛОЖНОЙ И АНЕСТЕЗИОЛОГО-РЕАНИМАЦИОННОЙ ПОМОЩИ

Садчиков Д.В., Кулигин А.В., Клоктунова Н.А., Барсукова М.И.,

Лушников А.В., Букин И.А., Подрезова Г.В., Зеулина Е.Е.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им В.И. Разумовского»

Минздрава России, Саратов, e-mail: zeulina@list.ru

Интеграция предметной деятельности кафедр анестезиолого-реаниматологического профиля невозможна без функционального системного подхода в организации учебного процесса, чему и посвящена данная статья, в которой обобщен 30-летний педагогический опыт кафедры скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского, организованной в 1989 г. доктором медицинских наук, профессором Д.В. Садчиковым (1950–2019). Необходимость целостного подхода к проблемам образования и науки, безусловно, была связана со стремительно нарастающим информационным потоком, особенно в активно развивающейся специальности «анестезиология и реаниматология». Одним из векторов адаптивного решения проблем информационного взрыва стало единение образовательного пространства не только с целью создания методологии усвоения информационного потока, но и решения прагматичных социально-экономических проблем, в частности подготовки достаточного количества высококвалифицированных кадров в области анестезиологии и реаниматологии, скорой медицинской помощи и трансфузиологии. Методическая система кафедры, организованная под руководством профессора Д.В. Садчикова, была ориентирована на специфику предметов преподавания кафедры с учетом профессиональных компетенций высокого качества. Таким образом, сведение учебного процесса кафедры скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи в единую функциональную систему профессиональных компетенций было обоснованным и перспективным.

Ключевые слова: преподавание, медицина, учебный процесс

METHODOLOGICAL SYSTEM OF THE DEPARTMENT EMERGENCY, ANESTHESIOLOGY AND RESUSCITATION

Sadchikov D.V., Kuligin A.V., Kloktunova N.A., Barsukova M.I.,

Lushnikov A.V., Bukin I.A., Podrezova G.V., Zeulina E.E.

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky Ministry of Health of Russia,

Saratov, e-mail: zeulina@list.ru

The integration of the subject activity of the departments of anesthesiology and resuscitation profile is impossible without a functional systematic approach to the organization of the educational process, which is what this article is devoted to, which summarizes the 30-year pedagogical experience of the department of emergency emergency and anesthesiology and resuscitation care at Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, organized in 1989 by Doctor of Medical Sciences, Professor D.V. Sadchikov (1950–2019). The need for a holistic approach to the problems of education and science, of course, was associated with the rapidly growing information flow, especially in the actively developing specialty «anesthesiology and resuscitation». One of the vectors of the adaptive solution to the problems of the information explosion was the unification of the educational space, not only for the purpose of creating a methodology for assimilating the information flow, but also for solving pragmatic socio-economic problems, in particular, training a sufficient number of highly qualified personnel in the field of anesthesiology and resuscitation, emergency medical care and transfusiology. The methodological system of the department, organized under the guidance of Professor D.V. Sadchikova was focused on the specifics of the teaching subjects of the department, taking into account professional competencies of high quality. Thus, the reduction of the educational process of the Department of Emergency Emergency and Anesthetic and Resuscitation Aid into a single functional system of professional competencies was reasonable and promising.

Keywords: teaching, medicine, educational process

*Чем больше мы познаем смерть,
тем больше понимаем жизнь.*

Дмитрий Владимирович Садчиков (1950–2019)

Начало XXI в. отличает информационный взрыв различного содержания и различной достоверности, что создает проблемы как в усвоении, так и в обучении различных специалистов, особенно биомедицинского профиля. Процесс обучения сталкивается с необоснованным желанием преподавателя донести до обучающего-

ся чрезмерный информационный поток, что снижает качество обучения не только по психофизиологическим особенностям учащихся (перегрузка), но и по задачам высшего образования по программам специалитета и подготовки кадров высшей квалификации, в которых первоочередными являются универсальные принципиальные положения, базовые понятия и определения, классификации, а также общеспециальные типовые закономерности. Без этих составляющих учебного про-

цесса невозможно охватить объем новой информации. Как следствие, произошло неоправданное смешение двух базовых понятий в учебном процессе – информирование и знание. В основе информирования нарушено принципиальное положение – понимание предмета обучения. Именно дефицит понимания, основанного на методологически правильном создании терминологического аппарата и классификаций любой дисциплины в педагогическом процессе невозможно систематизировать, а значит, и разделить сложное до простого уровня, без чего принципиально невозможно понимание целого. Именно без диалектического понимания взаимодействия целого и частного затруднительно построить содержательную часть педагогического процесса [1–4].

Многогранную и объемную педагогическую деятельность кафедры можно разделить на два основных раздела – организацию педагогической деятельности и содержание предмета обучения. Между этими двумя направлениями должно быть не только взаимодействие, но обязательно и взаимосодействие, направленное на достижение конечного результата, содержание которого кроется в системообразующем факторе (СОФ). Врачевание в первую очередь нуждается в общекультурных (мировоззренческих) и общепрофессиональных компетенциях. Не менее важно точное употребление терминов, понятий и определений, чего невозможно достичь без знания законов формальной, многозначной и диалектической логики. Именно поэтому та необходимость клинического мышления, которое должно быть привито студентам-медикам в качестве придающего целостность и законченность медицинскому знанию, должна строиться не на малопонятном и бессодержательном его определении, а на конкретных знаниях законов мышления, мышления, трансформированных профессиональным врачебным опытом и интуицией. Кроме того, единственно возможным механизмом преодоления взаимоотношения специфического и неспецифического, чрезмерной дифференциации и необходимой интеграции должно быть создание междисциплинарного универсального понимания целого с обязательным формулированием СОФ.

Цель исследования: провести ретроспективный анализ эффективности методической системы кафедры скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского.

Материалы и методы исследования

Специфика учебного процесса кафедры скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи (1989–2019), особенно в преподавании специальности анестезиологии и реаниматологии, связана с патогномичным состоянием, которым является система множественных острых дисфункций, что определяет основополагающие педагогические подходы к рассмотрению учебных вопросов не только по анестезиологии и реаниматологии, но и скорой медицинской помощи и трансфузиологии. Во всех случаях основным предметом изучения является критическое состояние больного, определяющее временные, этиопатогенетические и организационные особенности в целом. Последнее в организации педагогической деятельности было рассмотрено как средство решения практических учебных задач при достижении цели обучения, соответствующей современным требованиям врачевания. Анализ 30-летнего организационно-педагогического опыта кафедры скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи выявил наиболее эффективную форму организации качественного клинического обучения, которое достигается на основе закономерной деятельности в формате методической системы кафедры (МСК). Этому способствовала концепция высшего образования по программам специалитета и подготовки кадров высшей квалификации, в которой профессор Д.В. Садчиков выделял четыре организационно-педагогических этапа. Характерной чертой всех этапов являлась степень объединения учебного процесса:

– комплексирование – объединение, которое предполагало механическое слияние частей предмета, что было рекомендовано к реализации на этапе колледжа и предвуниверсария;

– синдромальное – соединение, сближение частей учебного процесса и содержания предмета преподавания. Термин «синдром» определяется как устойчиво наблюдаемая совокупность симптомов, объединенных одной причиной и общим патогенезом. При этом «синдром» (*древнегреч.* – скопление, стечение) предполагает и совокупность признаков, близких по происхождению [5];

– модуль – наиболее тесное объединение образовательных программ учебного процесса на основе анатомо-физиологического понимания организма в целом;

– функциональная система – различна по происхождению, но едина по определению конечного результата – СОФ, обеспечивающего целостное представление о состоя-

нии организма с формированием временного конечного результата во взаимодействии различных подсистем и органов.

На этапе образования по программам специалитета и подготовки кадров высшей квалификации при создании и реализации учебных программ было выдержано оптимальное соотношение между объемом и содержанием базовых понятий в общих и профессиональных компетенциях, принципами универсальных классификаций, преемственностью и нарастанием специального содержания и понимания целостного организма – его соотношения с частью, отдельными органами и подсистемами функциональных систем. Это не волюнтаризм, не административный диктат в содержательной части учебного процесса, это только напоминание о необходимости соблюдения принципов мышления, основных понятий диалектики, в первую очередь целостного и частного, структуры и функции и т.п.

Организованная деятельность кафедры скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи заключалась в преемственности четырех этапов, которые были взаимосвязанными и последовательными в универсальных принципах:

- формирования мотива педагогической деятельности;
- установления структурной единицы педагогического процесса (знание, умение, навык, что входит в понятие компетенции);
- обеспечения рационального взаимодействия в формах учебного процесса (лекция, практическое занятие, семинар и т.п.);
- устранения диспропорции между структурными единицами в учебном процессе;
- соблюдения содержательной иерархии в темах, модулях, в анатомо-физиологической и функциональной системах, а также учет психолого-педагогических особенностей обучающихся (акмеология). Так, при подготовке кадров высшей квалификации в форме профессиональной переподготовки приоритет за практическими занятиями, при повышении квалификации специалистов – лекциями, семинарами, круглыми столами и т.п.);
- соблюдения часовой нормированности учебной деятельности;
- обеспечения определенной последовательности и преемственности в программе обучения и другой деятельности (воспитание);
- обеспеченности учебными программами, материальными и наглядными средствами педагогической деятельности;
- применения современных педагогических технологий (дистанционные, очные, очно-заочные и т.п.);

– перспективным направлением по отслеживанию реакции аудитории. Профессор Д.В. Садчиков считал необходимостью внедрение инновационного контроля усвоения учебного материала в формате информационно-измерительной системы (ИИС), на основе фотограмметрических методов и статусных функций [6].

Целостный подход к педагогическому процессу заключался в СОФ с установленными механизмами его достижения, формированием и учетом внешних факторов. Определение СОФ было первоочередной и ключевой проблемой сложного учебного процесса и создания МСК. При этом, безусловно, осуществлялась обратная связь между изложением и усвоением учебного материала (альтернативные вопросы, шлейф-вопросы, ситуационные задачи, тестирование, опрос). Обратная связь имела как положительное, так и отрицательное значение. Обратная связь усиливалась положительным влиянием на первичное действие причины, отрицательная связь – уменьшала этот эффект. В этом и заключается универсальная деятельность любой функциональной системы, в том числе и МСК. Функциональную систему кафедры профессор Д.В. Садчиков толковал не только как направление в реализации вышеперечисленных принципов, но и как целостный метод мотивированной, организованной деятельности в определенных условиях внешней среды преподавателя и обучающегося, направленного на достижение цели обучения, которая достигалась сочетанным использованием следующих учебных технологий:

- словесных (лекция, рассказ, объяснение, инструктаж);
- наглядных (демонстрация больного, муляж, тренажер, мультимедийные технологии и т.п.);
- учебных клинических действий (практикум).

Единство указанных технологий выразилось в знаниях, умениях, навыках и профессиональных компетенциях.

Принципами МСК скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи являлись:

- системообразующий фактор как цель обучения – полезная конечная цель, т.е. профессиональные компетенции (знание, умение, навык). Последние реализовывались в совокупности компетенций: общекультурных (мировоззренческих), общепрофессиональных, профессиональных;
- создание ориентировочной основы деятельности обучающемуся и обучающему;
- построение логико-познавательной функциональной системы;

– определение тех компетенций из общего списка стандарта по направлению (специальности) подготовки, которые более подходят по требованиям к содержанию того или иного модуля;

– отбор и разработка технологий и средств обучения;

– создание системы обратной связи педагога с обучающимися в формате текущего, промежуточного и итогового контроля с перспективой внедрения ИИС на основе фотограмметрических методов и статусных функций.

Методическая система кафедры, созданная профессором Д.В. Садчиковым на закономерно закрепленных за кафедрой дисциплинах, отличалась мобильностью и готовностью к развитию организационно-методологического обеспечения и оптимизации решения следующих задач:

– совершенствование методической работы, закрепленное учебным планом кафедры;

– методическая система должна была рассматриваться как совокупность функциональных обязанностей сотрудников кафедры, причем объем, качество и исполнение индивидуального плана педагогической деятельности – главный критерий оценки деятельности преподавателя, утверждаемый заведующим кафедрой;

– к разработке методики преподавания привлекались как ведущие сотрудники кафедры, так и преподаватели смежных кафедр, факультетов и вузов.

Результаты исследования и их обсуждение

Интеграция содержательной и предметной деятельности кафедры анестезиолого-реаниматологического профиля невозможна без функционального системного подхода в организации учебного процесса, чему и посвящена данная статья, в которой обобщен 30-летний педагогический опыт кафедры скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи Саратовского ГМУ, организованной в 1989 г. профессором Д.В. Садчиковым (1950–2019). Специфика анестезиологии и реаниматологии, скорой медицинской помощи и трансфузиологии с учетом поликаузального и междисциплинарного характера предметов преподавания была основанием для создания МСК. Содержательная часть предметов преподавания организована на основе методологии функционального системного подхода с использованием современных педагогических технологий (компьютеризацией учебного процесса, дистанционными технологиями и другими формами современного учебного процес-

са). При этом профессор Д.В. Садчиков, формируя компоненты МСК, учитывал не только психологию обучающихся, которыми, в частности, занимается акмеология, но и психофизиологию.

Методическая система кафедры включала единство, или целостность, всех форм учебных занятий (аудиторных – лекция, практическое занятие, семинар и т.д. – и внеаудиторных занятий). Помимо того, единство касалось не только аудиторных форм учебных занятий, но и самостоятельного обучения, а также клинической практики.

Целостность предмета врачевания при постоянном нарастании фактической информированности преподавателя определила необходимость применения им точных (правильных) понятий, определений, терминов и классификаций, особенно в базовой части преподавания предметов кафедры. Вместе с тем сохранилась вариативная часть обучения предмету, в которой отражена специфика дисциплин, преподаваемых на кафедре, и современные инновации, касающиеся не только углубления предмета, но и их связи с базовыми положениями. Иными словами, профессор Д.В. Садчиков стремился к гармонии между консервативной и вариативной частями предметов преподавания с соблюдением правил многозначной и теоретико-множественной логики, требований системного и структурно-функционального подходов в изучении медико-биологических систем.

Применение методики функциональной системы требовало от профессорско-преподавательского состава кафедры скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи, в который в разное время входили авторы статьи (доктор медицинских наук А.В. Кулигин (2010–2015), кандидат медицинских наук Е.Е. Зеулина (2010–2019), кандидат медицинских наук А.В. Лушников (1999–2012)), соблюдения принципа единства в базовой части программ предметов преподавания, учебных планов, организации и содержания учебного процесса. Только при сочетании этих направлений возникло единство между педагогикой на специалитете, факультете повышения кадров высшей квалификации и содержанием базовых предметов кафедры. Необходимо отметить, что в создании МСК соблюдалось взаимодействие:

– наглядности, мониторингования не только по принципу «тревога», но и путем постоянного наблюдения, что является основой предвидения;

– сознательности и ответственности профессорско-преподавательского состава кафедры;

– системности, принципа от факта к выводу, от конкретного к абстрактному, от целого к частному и обратно;

– последовательности мышления и познания от реальных ощущений, ведущих к мышлению, суждению и речи.

Все перечисленные принципы легли в основу воспитания обучающегося, что являлось одной из задач кафедры. Следует отметить, что один из факторов, входящих в воспитательную работу профессорско-преподавательского состава кафедры, зависит от возрастной периодизации, наличия медийной среды и умения ее применять при соблюдении общих рекомендаций: быть мудрым, умеренным, мужественным и справедливым. В соотношениях морально-нравственных категорий профессор Д.В. Садчиков учитывал степень демократизации общества, проявляющейся в уменьшении регламентации учебного времени и повышении творчества, кроме того, считал, что учебный материал должен иметь высокое сходство с настоящим положением научных достижений в предмете преподавания, а также выстраивал учебный процесс на тех же мотивах поведения человека, что царят в современном обществе, т.к. учебный процесс не должен выпадать из этого принципа, поскольку преподаватель-врач – тот же продукт социальных отношений, что и общество в целом.

Заключение

Методическая система кафедры скорой неотложной и анестезиолого-реанимационной помощи под руководством профессора Д.В. Садчикова была ориентирована на специфику предметов, преподаваемых на кафедре, в то время как дидактическое содержание оставалось в формате профессиональных компетенций высокого качества, измеренных объективно и достоверно. Сведение учебного процесса в единую си-

стему общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций научно обосновано и перспективно, учитывая, что задача подготовки врача заключается в формировании призвания, воспитании общей культуры, получении многогранных профессиональных знаний и навыков, которые приобретут востребованность и рентабельность в повседневной работе лечебно-профилактических учреждений [7], т.к. высшей ценностью общества является человек независимо от его цвета кожи и мировоззрения. Следовательно, представленная методическая система кафедры – механизм решения одной из проблем организации управления учебным процессом университета как основы подготовки конкурентной квалификационной характеристики специалиста, которая невозможна без улучшения качества преподавания.

Список литературы

1. Новиков А.М. Педагогика: словарь системы основных понятий. М.: ИЭТ, 2013. 268 с.
2. Садчиков Д.В., Кулигин А.В. Актуальные проблемы единой системы подготовки специалиста // Саратовский научно-медицинский журнал. 2012. Т. 8. № 3. С. 871–875.
3. Садчиков Д.В. Функциональный системный подход в реаниматологии // Саратовский научно-медицинский журнал. 2014. Т. 10. № 3. С. 401–403.
4. Хомяков П.М. Системный анализ: экспресс-курс лекций: [в 10 лекциях] / Под ред. В.П. Прохорова. 5-е изд. М.: ЛЕНАНД, 2016. 211 с.
5. Васильков В.Г., Сафронов А.И. Синдромология критических состояний: монография. Пенза: ГБОУ ДПО ПИУВ Минздрава России, 2013. 106 с.
6. Вешнева И.В., Мельников Л.А., Сингатулин Р.А. Разработка информационно-измерительных систем для комплексов дистанционного обучения с обратной связью на основе фотограмметрических методов и статусных функций. Часть 1 // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2015. Т. 3. № 80. С. 118–125.
7. Скибицкий В.В., Запевина В.В., Олейник Н.И., Пашенко Л.С., Ремизова А.И. Роль профессионально-педагогической культуры преподавателя в формировании личности врача-интерниста // Международный журнал экспериментального образования. 2012. № 4–2. С. 219–223.

УДК 378:37.01

МОДЕЛЬ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ К ПЕДАГОГИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ СОВМЕСТНОЙ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЕТЕЙ

Сафарова Е.В.

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского»,
Ярославль, e-mail: va.safarova.1992@mail.ru

В данной статье описана разработанная автором модель подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей. Рассмотрена специфика непрерывного образования студентов, которое представляет собой комплекс образовательных учреждений, обеспечивающих преемственность и взаимосвязь профессионального образования. Модель подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей позволит всесторонне проанализировать процесс и выделить наиболее значимые стороны. Данная потребность возникла в связи с необходимостью выделения наиболее важных аспектов процесса подготовки студентов к определенному виду педагогической деятельности в условиях дошкольной образовательной организации. В статье рассмотрены основные компоненты модели подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей на разных образовательных уровнях (ориентационном, организационно-содержательном, диагностико-результативном), а также их функции. С учетом выделенных функций была разработана классификация видов деятельности студентов. Подготовка студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей рассматривается как непрерывный и последовательный процесс, результатами которого являются саморазвитие, самообразование, самовоспитание, стремление к личностному и профессиональному росту, создание при этом мотивации к обучению каждого студента в благоприятной образовательной деятельности. При этом организация обучения строится таким образом, чтобы студенты являлись субъектами данного процесса. Рассмотренные компоненты модели и результаты реализации процесса подготовки в показателях личностного и профессионального роста будущих педагогов определяют задачи образовательной деятельности на разных ее уровнях.

Ключевые слова: модель, специфика, подготовка студентов, педагогическое регулирование, изобразительная деятельность, компоненты подготовки, показатели профессионального роста студентов

DESCRIPTION OF THE MODEL OF PREPARING STUDENTS FOR PEDAGOGICAL REGULATION OF JOINT IMAGING ACTIVITY OF CHILDRE

Safarova E.V.

Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky, Yaroslavl,
e-mail: va.safarova.1992@mail.ru

This article discusses the developed model of preparing students for the pedagogical regulation of joint visual activity of children. The article considers the specifics of continuing education of students, continuing education is a complex of educational institutions that ensure the continuity and interrelation of professional education. The model of preparing students for the pedagogical regulation of the joint visual activity of children will allow a comprehensive analysis of the process and highlight the most significant aspects. This need arose due to the need for a thorough study and identification of the most important aspects of the process of preparing students. The article considers the main components of the model of preparing students for the pedagogical regulation of joint visual activity of children at different educational levels, such as the orientation component, organizational and content component. Next, the functions of the orientation component and the organizational-content and diagnostic-effective component are considered. Taking into account these functions, a classification of students' activities was developed. The following is a model of preparing students for the pedagogical regulation of the joint visual activity of children. The preparation of students for the pedagogical regulation of the joint visual activity of children is considered as a continuous and consistent process, the components of which are self-development, self-education, self-education, striving for personal and professional growth, while creating motivation for each student to study in a favorable educational activity. At the same time, the organization of training is built in such a way that students are the subjects of this process. The considered components of the model, each of them solves certain tasks in the process of preparing students for the pedagogical regulation of the joint visual activity of children, but only in the unity of implementation will the process be effective and efficient.

Keywords: model, specificity, student training, pedagogical regulation, visual activity, training components

Непрерывное профессиональное образование соответствует потребностям современного педагога, оно способствует постоянному накоплению и обновлению знаний, а также позволяет повысить образовательный уровень и степень квалификации и – наиболее важное, на наш взгляд, – позволяет получить образование для измене-

ния своей профессиональной деятельности. Основной идеей непрерывного профессионального образования является тот факт, что человек не только становится в центре образовательных начал, но и для него создаются дополнительные условия для продолжения собственного развития на протяжении всей жизни. Непрерывное образование

представляет собой комплекс образовательных учреждений, которые обеспечивают преемственность и взаимосвязь профессионального образования. Многоуровневая система педагогического образования позволяет дифференцировать обучение, осуществлять индивидуальный подход, воспитывать такую личность, которая способна саморазвиваться и самосовершенствоваться. Организация такого обучения повышает спрос студентов на образовательные услуги. Многовариантность дает возможность студенту выбирать профессиональное образование, которое отвечало бы таким запросам, как его продолжительность, набор интересующих дисциплин, квалификация и приобретение необходимых знаний, умений и навыков. Разработка и создание модели подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей на разных образовательных уровнях позволяют, с одной стороны, всесторонне проанализировать процесс подготовки будущего педагога с позиций общих требований к его профессиональному образованию, с другой – выделить специфические особенности формирования готовности студентов к регулированию отдельных видов детской деятельности, значимых для развития ребенка.

Цель исследования: создание модели подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей.

Материалы и методы исследования

Для достижения цели в нашей работе использовался теоретический метод – системный анализ литературы.

Результаты исследования и их обсуждение

В связи с необходимостью разработки модели подготовки студентов к педагогическому регулированию необходимо учесть, с одной стороны, специфику возраста детей, с другой – педагогические задачи, возникающие в непосредственно образовательной деятельности в рамках программы дошкольной образовательной организации.

Для формирования модели стоит ввести понятие педагогического регулирования взаимодействия детей со сверстниками.

Педагогическое регулирование – это такое целесообразное внешнее воздействие на образовательно-воспитательную ситуацию, а через нее и на воспитанника, при которой определяются допустимые границы социальных действий, возможные варианты поступков [1]. Следует отметить, что в про-

цессе общения и совместной детской деятельности педагогическое регулирование будет заключаться в осуществлении следующих функций: ограждающей, нейтрализующей, стимулирующей, связующей, координирующей. Поясним, что регулировать с педагогических позиций поведение детей – значит признавать его субъектом рассматриваемого процесса. Однако уточним, что педагог в рассматриваемом случае может восприниматься детьми разнообразно: как педагог, как лидер, как равноправный партнер. Другими словами, педагог в ситуациях общения и совместной деятельности детей всегда выполняет определенную функцию: как участник процесса взаимодействия или как посредник между его участниками. Педагог должен определить не только стратегию процесса развития взаимодействия детей, но и последовательность тактических шагов для достижения продуктивного взаимодействия.

Продуктивные виды деятельности являются важным средством всестороннего развития, отвечают интересам и потребностям детей дошкольного возраста, обладают большими возможностями для умственного, нравственного и эстетического воспитания [2]. Рисование влияет на развитие чувства цвета, учит видеть красоту сочетания разных цветов и оттенков. Лепка позволяет развить чувство формы. Аппликация приводит ребенка к обобщению формы и выражению ее при помощи силуэта. Конструирование помогает обучить ребенка сочетанию разнообразных объемов и форм, что способствует лучшему развитию конструктивного творчества. Все виды продуктивной деятельности при правильной организации влияют на физическое развитие ребенка, способствуют развитию моторики ребенка, что немаловажно для дальнейшего обучения письму в школе.

Разработанная нами модель относится к предметно-символическому типу, поскольку строится на материале педагогической науки и позволяет сравнить результат с идеалом, а также представляется как образец моделируемого процесса обучения студентов. При построении модели подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей на разных образовательных уровнях мы основывались на идее С.Я. Батышевой, что: «Модель – это мысленно представляемая или материально реализованная система, которая отображает или воспроизводит объект исследования и способна замещать его так, что ее изучение дает новую информацию об этом объекте» [3].

Рассмотрим основные компоненты модели, такие как: ориентационный компонент, организационно-содержательный и диагностико-результативный. Перечисленные компоненты представлены схематично на рис. 1.

Ориентационный компонент ориентирован на формирование у студентов ценности самостоятельной творческой деятельности, концентрации на педагогическую цель, определение мотивов в приобретении студентами навыка в области педагогического регулирования совместной изобразительной деятельности. Организационно-содержательный компонент осуществляется исходя из нескольких направлений: во-первых, теоретическая ориентация студента в вопросах о педагогическом регулировании совместной изобразительной деятельности детей с учетом особенностей этой деятельности; во-вторых, осмысление сущности изобразительной деятельности детей, необходимых профессиональных умений ее организации и регулирования (выполнению данных компонентов могут способствовать специальные дисциплины: «Подготовка студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей дошкольного возраста в условиях непрерывного профессионального образования», «Теория и технологии развития детской изобразительной деятельности», «Специфика продуктивных видов деятельности», «Практикум по изобразительной деятельности», а также учебные и производственные практики); в-третьих, усиление профессиональной направленности, что отражается в процессах самообразования, саморазвития, самосовершенствования студента, способности к творчеству и самоуправлению [4]. Диа-

гностико-результативный компонент включает оценку уровня подготовленности студента к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей и коррекции.

Каждый компонент в процессе подготовки студентов выполняет определенные функции, представленные на схемах.

Рассмотрим следующие функции ориентационного компонента, представленные на рис. 2. Мотивационная функция повышает интерес студентов, формирует положительную мотивацию к изучению педагогического регулирования совместной изобразительной деятельности детей, корректирует взаимодействие между участниками образовательного процесса. Стимулирующая функция побуждает студентов к самостоятельной творческой деятельности, осуществляет подбор и использование стимулов для овладения навыков взаимодействия с детьми [4]. Направляющая функция предопределяет цель и организует регламент потребностей студентов. Целеобразующая функция устанавливает взаимодействие в совместной деятельности.

Развитие мотивации является частью процесса профессиональной подготовки студентов на разных образовательных уровнях, следовательно, и процесса подготовки студента к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей. Интерес к профессиональной творческой деятельности создают как условия обучения, так и внешние факторы. Присутствие познавательного интереса у студентов симулирует и облегчает обучение, позволяя студенту более подробно изучать сложные дисциплины.



Рис. 1. Компоненты модели подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей на разных образовательных уровнях



Рис. 2. Функции ориентационного компонента



Рис. 3. Организационно-содержательный компонент

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что студентам необходимо создавать устойчивые профессиональные мотивы и давать четкие представления о будущей педагогической деятельности. При концентрации данных факторов отмечается, что студенты нацелены на постоянный интерес к новым знаниям, к самосовершенствованию. Именно профессиональная мотивация студентов на разных образовательных уровнях выступает как фактор, побуждающий и направляющий к осознанию будущей профессиональной деятельности.

Рассмотрим функции организационно-содержательного компонента (рис. 3). Организационная функция – конкретизация цели, задач и определение деятельности, а также формирование групп и схем взаимодействия студентов. Координационная функция понимается нами как взаимодействие педагога и студента в учебном процессе. При этом происходит распределение деятельности всех участников образовательного процесса для достижения поставленной цели. Функция обучающая предполагает формирование определенной суммы знаний, умений и навыков в профессиональной педагогической деятельности. Воспитывающая функция заключается в построении системы профессиональных ценностей, которые могут быть транслированы в педагогический процесс [5].

Организационно-содержательный компонент содержит в себе формы, методы

и средства процесса обучения студентов. В работе с обучающимися использовались такие формы работы, как лекции, практические занятия, индивидуальные и групповые консультации, внеаудиторная работа. Содержание работы позволяет студентам в большей степени самостоятельно выстраивать индивидуальный маршрут, а также формирует у них набор профессиональных компетенций. В процессе обучения студентов нами были использованы активные методы, такие как деловая игра, решение педагогических задач, проектный метод. Данные методы работы позволяют научить студента нестандартным решениям ситуационных и учебно-профессиональных задач, а также развивают элементы аналитических способностей. На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что применение активных методов обучения способствует повышению результативности обучения и дает возможность получения опыта решения задач практической направленности.

Функции диагностика-результативного компонента: диагностическая, с помощью которой возможно оценить уровень профессиональных качеств студентов; корректирующая функция направлена на внесение изменений в процесс развития и становления самостоятельной деятельности студента; оценочная функция призвана выявить уровень сформированных компетенций при подготовке будущих педагогов дошкольного образовательного учреждения.



Рис. 4. Функции диагностико-результативного компонента

Способы организации студентов в рамках обучения по специальному курсу

Вид деятельности	Содержание деятельности
Руководство педагога	Учебная и практическая деятельность студентов должна находиться под постоянным контролем педагога. В процессе субъект-субъектных отношений в рамках учебной деятельности происходит взаимодействие, позволяющее получить новые знания в рамках изучаемой дисциплины
Самостоятельная деятельность	Самостоятельная поисковая деятельность студентов направлена на выполнение специально сконструированных заданий, позволяющих усваивать курс для организации взаимодействия детей со сверстниками в рамках продуктивных видов деятельности, на практике. Значимым моментом описанной деятельности являются консультирование и сопровождение педагога на протяжении освоения учебного курса
Самостоятельная индивидуальная деятельность	Самостоятельная индивидуальная деятельность является одной из форм обучения и предполагает активную деятельность в процессе анализа учебной информации и синтеза новых знаний для учащегося. Консультирование в рамках данной деятельности может осуществляться как педагогом от университета, так и специалистами из ресурсных центров, привлекаемыми для совершенствования практической деятельности
Групповая деятельность	Групповая деятельность включает в себя деятельность, направленную на формирование умений работать в коллективе, принимать на себя различные роли и функции управляющего и выполняющего
Индивидуальная деятельность	Индивидуальная деятельность призвана побудить студентов к проявлению творческих способностей в обучении детей продуктивным видам деятельности

В целом, рассматривая диагностико-результативный компонент, мы пришли к выводу, что он основан на получении своевременной информации по уровню развития и развитости компетенций у обучающихся. Данная информация позволяет выявить пробелы в усвоении теоретического и практического материала, а также проследить динамику развития мотивации учения. Данный компонент является важным фактором, влияющим на учебную деятельность студентов и углубленное овладение приемами учебной и творческой деятельности.

Нами была разработана классификация видов деятельности студентов с уче-

том компонентов модели подготовки студентов к педагогическому регулированию (таблица).

Наглядно модель подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей [6] на разных образовательных уровнях представлена на рис. 5.

В заключение следует отметить, что подготовка студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей влечет за собой доработку и расширение содержания учебного плана, а именно включение специальных курсов, таких как «Подготовка студентов к педагогическому регулированию совмест-

ной изобразительной деятельности детей дошкольного возраста в условиях непрерывного профессионального образования». Данный курс обеспечивает теоретическую и практическую подготовку бакалавров к самостоятельному решению такой задачи, как развитие общения, взаимодействия и сотрудничества дошкольников в совместной изобразительной деятельности. Основными задачами курса являются:

- понимание научных знаний в области проблемы развития взаимодействия и общения дошкольников;

- овладение навыками: овладение студентами эффективными методами и приемами работы по педагогическому регулированию взаимодействия детей дошкольного возраста в совместной изобразительной деятельности;

- развитие умений: регулирование совместной изобразительной деятельности детей дошкольного возраста.

Важной является и педагогическая практика студентов, целями которой служат закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося и приобретение им практических навыков и компетенций в сфере профессиональной деятельности, а также опыта самостоятельной профессиональной деятельности [6].

Реализация разработанной модели подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей будет эффективной при соблюдении ряда условий:

- стимулирование студента к проявлению индивидуальных особенностей путем проведения конкурсов творческих работ, участия в конференциях по педагогическим практикам, защите мини-проектов, заданий, предполагающих проявление творческого подхода;

- приобретение студентами навыка творчески решать поставленные учебные задачи;

- организация вариативного изучения дисциплины, поощрение свободного выбора форм и методов профессиональной подготовки;

- формирование рефлексии в учебном процессе.

Мы рассмотрели компоненты модели, каждый из них решает определенные задачи в процессе подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей, но только в единстве реализации процесс будет результативным и эффективным.

Подготовка студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей представляется

сложной задачей, теоретические и практические компоненты которой являются как аудиторной работой, так и внеаудиторной.

Компоненты в системе взаимосвязаны, поэтому изменение одного из компонентов влечет за собой изменение последующих. При этом каждый компонент служит показателем и критерием оценки уровня подготовки [6]. Например, показателями подготовленности студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей могут служить: работа студентов, саморазвитие и самообразование, мотивация к получению новых знаний, умений и навыков. Формы, которые способствуют развитию данных показателей, – это участие в конференциях по педагогическим практикам, научно-практических конференциях, проведение открытых занятий в дошкольных учреждениях. Подготовка студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей представляется не только организацией педагогического процесса, но и мотивацией студентов к творческой деятельности, а также к постоянному саморазвитию и самообразованию. Опыт показывает, что такая подготовка студентов способствует развитию эмоциональной сферы личности, создает условия для развития научного и творческого потенциала. Непрерывность и последовательность процесса обучения являются главными условиями в подготовке студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей. Для организации данных условий необходимо сформировать у студентов мотивацию к изучению курса «Подготовка студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей дошкольного возраста в условиях непрерывного профессионального образования», а именно:

- потребность в личностном и профессиональном росте как условия для воспитания и обучения всесторонне развитой личности ребенка дошкольного возраста;

- потребность в самосовершенствовании профессиональных знаний, умений и навыков для проведения творческой деятельности с детьми и организации взаимодействия между ними;

- стремление к постоянному самообразованию и саморазвитию, при этом важны проявление интереса к инновациям, умение отбора достоверной информации, ее анализа и изучения;

- желание внедрять полученные теоретические знания в практическую деятельность, повышая свой собственный уровень.

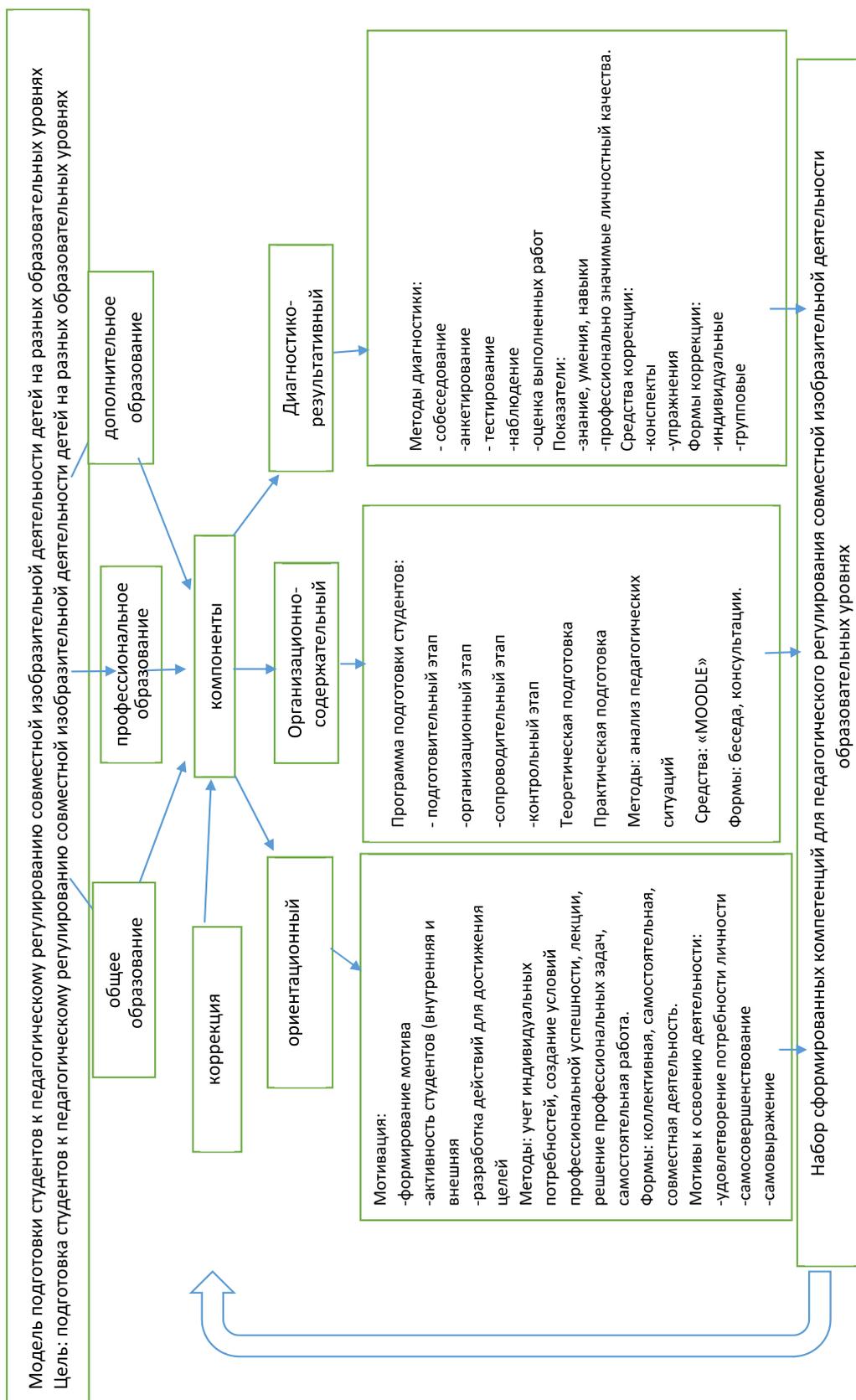


Рис. 5. Модель подготовки студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей на разных образовательных уровнях

Подготовка студентов к педагогическому регулированию совместной изобразительной деятельности детей рассматривается как непрерывный и последовательный процесс, компонентами которого являются саморазвитие, самообразование, самовоспитание, стремление к личностному и профессиональному росту, создание при этом мотивации к обучению каждого студента в благоприятной образовательной деятельности. При этом организация обучения строится таким образом, чтобы студенты являлись субъектами данного процесса. Были выявлены следующие факторы, которые способствуют реализации процесса обучения студентов:

- формирование рефлексивной деятельности в педагогическом процессе, а именно организация критической и аналитической деятельности;
- развитие педагогических и творческих умений и навыков;
- организация педагогического процесса на основе субъект-субъектных отношений между участниками данной деятельности;
- развитие профессиональной уверенности студентов на основе совершенствования способностей, знаний, умений и навыков;
- формирование творческой профессионально-образовательной деятельности.

Статья подготовлена при поддержке гранта на реализацию научного проекта № 19-313-90021 Аспиранты «Формирование профессиональных компетенций у студентов в области педагогического регулирования совместной изобразительной деятельности детей дошкольного возраста». Договор № 19-313- 90021/19.

Список литературы

1. Белкина В.Н. Сафарова Е.В. Проблема подготовки студентов к педагогическому регулированию взаимодействия детей дошкольного возраста со сверстниками // Формирование профессиональной компетентности педагога дошкольного профиля в условиях непрерывного образования: материалы международной научно- практической заочной конференции. Ярославль: РИО ЯГПУ, 2016. С. 130–132.
2. Комарова Т.С. Детское художественное творчество. ФГОС: учебно-методическое пособие. М.: Мозаика-Синтез, 2017. 170 с.
3. Белкина В.Н. Подготовка студентов к педагогическому регулированию взаимодействия детей со сверстниками: монография. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2006. 305 с.
4. Морозкова Н.А. Содержание модели подготовки студентов профессиональных образовательных организаций к самостоятельной проектной деятельности // Науковедение. 2014. № 5 (24). С. 72.
5. Сафарова Е.В. Взаимодействие как междисциплинарная научная категория: обзор подходов к пониманию сущности // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 10. С. 170–174.
6. Гребенникова Е.О., Комарова В.И., Попова А.Х., Сизганова Е.Ю. Педагогическая практика бакалавров: учебно-методическое пособие / под ред. Е.Ю. Сизгановой. 2-е изд. М.: ФЛИНТА, 2015. 183 с.

УДК 796.06:793.38

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ СУДЕЙ В ПЕРВЫХ ТУРАХ ТАНЦЕВАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ЛАТИНОАМЕРИКАНСКИЕ ТАНЦЫ» ЧЕМПИОНАТА МИРА WORLD DANCESPORT FEDERATION

Сингина Н.Ф.

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)», Москва, e-mail: singina63@mail.ru

Факты фаворитизма в международных соревнованиях преимущественно основаны на принадлежности судьи и танцоров к одной стране. Целью данной работы была попытка определить влияние этого фактора на степень объективности судейства в спортивных танцах. Были проанализированы протоколы судей 1-го и 2-го туров латиноамериканской программы соревнований «Чемпионат мира WDSF», прошедший в г. Москва (Россия) 07 сентября 2019 г. Поскольку не было выявлено судей без спортсменов из своей страны – у каждого из судей в зале на этом этапе соревнований были пары из своей страны – поэтому вместо контрольной группы судей «без своих» спортсменов были выбраны случайным образом судьи из двух стран (Южная Африка и Литва), для которых этот коэффициент был рассчитан как отношение количества крестов, выставленных этими судьями той же группе спортсменов. При сравнении судейства данной группы судей и группы «с танцорами из той же страны с судьей» из 12 судей было обнаружено, что результаты судейства двух случайно выбранных арбитров, да и всех проанализированных двенадцати арбитров в целом, применительно к анализируемой группе спортсменов статистически значимо не отличаются от результатов судейства в целом. Однако в то же время судейство спортсменов из одной страны большинством судей (10 из 12) статистически значимо отличается от судейства спортсменов из других стран. В целом, рассматривая результаты анализа стандартной танцевальной дисциплины Чемпионата мира по бальным танцам 2019 г., можно сделать вывод, что судьи из тех же стран, что и спортсмены, переоценивают своих спортсменов в первых раундах и что эта предвзятость большинства судей в оценке статистически значима.

Ключевые слова: танцевальный спорт, судейство, анализ объективности, статистические методы, фаворитизм

NATIONAL PREFERENCES OF REFEREES IN THE FIRST TOURS OF THE DANCE DISCIPLINE «LATIN AMERICAN DANCES» OF THE WORLD DANCESPORT FEDERATION WORLD CHAMPIONSHIP

Singina N.F.

*Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism,
Moscow, e-mail: singina63@mail.ru*

The facts of favoritism in international competitions are mainly based on the belonging of the judge and the dancers to the same country. The purpose of this work was an attempt to determine the influence of this factor on the degree of objectivity of refereeing in sports dances. The protocols of the judges of the 1st and 2nd rounds of the Latin American program of the competition «WDSF World Championship held in Moscow – Russia on September 07, 2019» were analyzed. Since no judges were identified as «without athletes from their own country» – each of the judges in the hall at this stage of the competition had pairs from the same country – therefore, instead of a control group of judges «without their own» athletes, judges from two countries were randomly selected (South Africa and Lithuania), for which this coefficient was calculated as the ratio of the number of crosses displayed by these judges to the same group of athletes. When comparing the judging of this group of judges and the group «with dancers from the same country with a judge» of 12 judges, it was found that the results of judging of two randomly selected arbitrators, and of all twelve analyzed arbitrators as a whole, did not differ statistically significantly in relation to the analyzed group of athletes. from the results of judging in general. However, at the same time, the judging of athletes from one country by the majority of judges (10 out of 12) is statistically significantly different from the judging of athletes from other countries. In general, considering the results of the analysis of the standard dance discipline of the 2019 World Ballroom Dance Championship, we can conclude that judges from the same countries as athletes overestimate their athletes in the first rounds, and this bias of the majority of judges in the assessment is statistically significant.

Keywords: dance sports, judging, objectivity analysis, statistical methods, favoritism

Судейство в танцевальном спорте характеризуется субъективной системой оценки, которая постоянно подвергается критике из-за низкой объективности. Судьи несут ответственность за быстрое и точное определение качества технических элементов и общего эстетического впечатления от выступления танцора на основе их личного восприятия выступления. Их зада-

ча усложняется еще и тем, что им нужно всего за полторы минуты оценить на танцполе шесть или двенадцать пар. До введения новой системы судейства в 2013 г. система судейства в танцевальном спорте не менялась в течение многих лет, в отличие от многих других эстетических видов спорта, таких как гимнастика [1], фигурное катание и др. [2], где изменения были

внесены в течение последних десятилетий. Танцоры, тренеры и судьи критиковали старую систему судейства в танцевальном спорте, при этом основные их претензии заключались в том, что одни танцоры предпочитают других, что недостаточно времени для должной оценки каждого танцора и что танцоры не получают адекватных оценок качества их танца [3–5]. В связи с этим Всемирная федерация танцевального спорта разработала новую систему судейства, используя модель, аналогичную фигурному катанию, и представила ее в сентябре 2013 г. [6]. Теоретически цель этой новой системы состояла в том, чтобы обеспечить более объективное и надежное судейство и дать лучшую обратную связь для танцоров в отношении конкретных критериев их выступления. Основными отличиями новой системы являются определение четырех основных критериев судейства, большее количество судей и меньшее количество танцоров, танцующих одновременно. Танцоры исполняют на танцполе три сольных танца и два танца одновременно с шестью партнерами. В эстетических видах спорта имеется много аспектов, влияющих на объективность судейства [7–9]. Многочисленные исследования показали, что изменения в системе судейства в эстетических видах спорта в сторону абсолютизации оценок обычно приводят к более высокой объективности судейства [10–12]. Однако на сегодняшний день имеется лишь небольшое число исследований, посвященных судейству в танцевальном спорте, что, как следствие, вызывает опасения по поводу возможности систематической предвзятости и непоследовательности судейства в танцевальном спорте, которые могут повлиять на результаты соревнований. В связи с этим необходимо провести исследование качества судейства при использовании новой системы.

Хотя новая система судейства в танцевальном спорте и позиционируется как «Абсолютная судейская система» (AJA – Absolute Judging System), однако в соответствии с п. 13.1 ее правил «В предварительном раунде используется стандартная «система крестов». Председатель судейских коллегий опубликует список пар, которые перейдут в следующий раунд» [13]. При этом п. 8.2.1. говорит о том, что Чемпионаты мира WDSF, Открытые чемпионаты мира WDSF, Континентальные чемпионаты WDSF, Субконтинентальные чемпионаты WDSF, Мировые рейтинговые турниры WDSF, Кубки мира WDSF, Континентальные кубки WDSF и открытые соревнования должны включать

как минимум первый раунд, полуфинал и финал, при этом в соответствии п. 8.1.2. для оценки первого раунда должна использоваться система «крестов» из системы «Скэйтинг» [14]. Таким образом, на предварительных этапах соревнований по новой судейской системе используется система «Скэйтинг», т.е. судья должен указать, какие спортсмены, по его / ее мнению, должны перейти в следующий раунд (т.е. на предварительных этапах используется система крестов). С другой стороны, имеется достаточное число работ, относящихся к разным видам спорта, свидетельствующих о том, что в международных соревнованиях одним из наиболее сильных факторов, влияющих на объективность оценки судей, являются их национальные предпочтения [2].

Чемпионат мира состоит из трех различных дисциплин: стандартных танцев (вальс, танго, венский вальс, медленный фокстрот и квикстеп), латиноамериканских танцев (самба, ча-ча-ча, румба, пасодобль и джайв) и десяти танцев (пяти стандартных танцев и пяти латиноамериканских танцев).

Следовательно, целью данной части работы является анализ национальных предпочтений судей на международных соревнованиях по танцевальному спорту. Для этого были проанализированы опубликованные в интернете результаты Чемпионата мира 2019 г. (WDSF World Championship), проходившем в Москве (Россия) 07 Сентября 2019 г. (10 танцев, Латина) и в Вильнюсе (Литва) 30 Ноября 2019 г. (Стандарт).

Материалы и методы исследования

В данной статье проанализированной дисциплиной являются латиноамериканские танцы. Исходные данные для анализа взяты с сайта WDSF (WDSF World Championship taken place in Moscow – Russia on 07 September 2019) (рис. 1).

В данном соревновании система крестов применялась, так же как и в стандарте, в 1–2 раундах и перетанцовке 1 раунда.

Далее данные переносились в программу MS Excel (рис. 2, А), зашифрованные обозначения национальности арбитров и стран расшифровывались (рис. 2, Б) и пары из одних стран с арбитрами маркировались. Потом данные по каждому арбитру и парам из одной с ним страны переносились на отдельный лист, группировались для каждой пары и для каждой пары рассчитывалось среднее число баллов, данное ей судьей из одной с ней страны, и среднее число баллов, данное ей всеми остальными судьями (рис. 3).

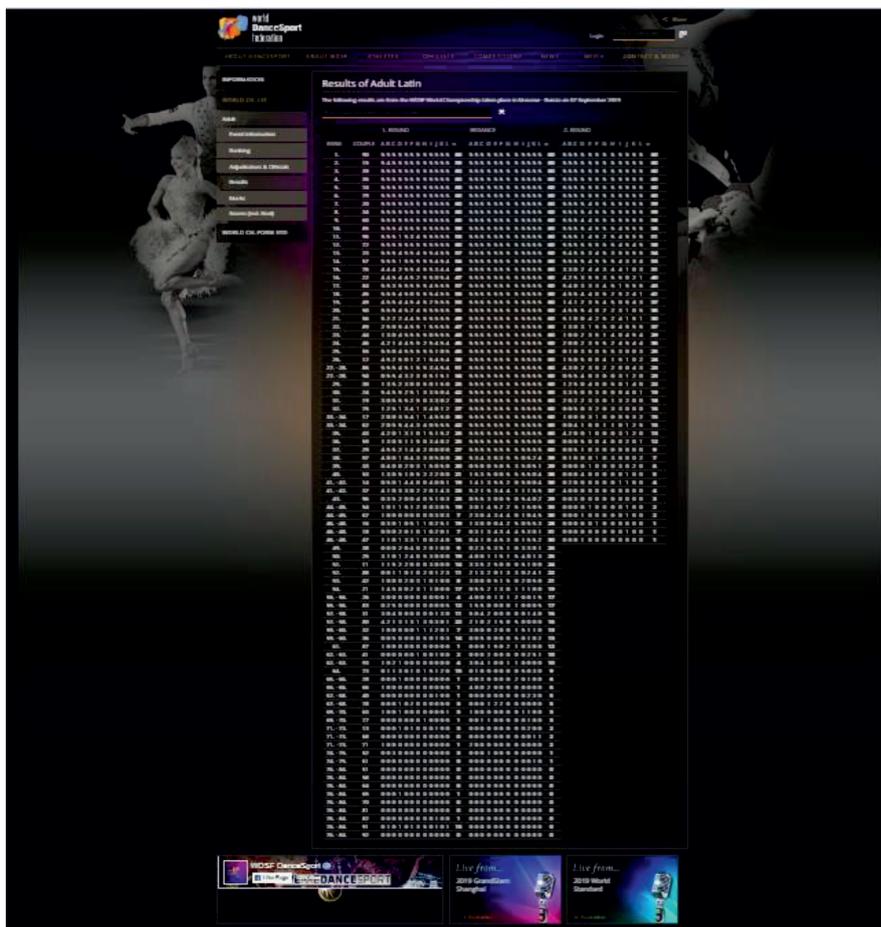
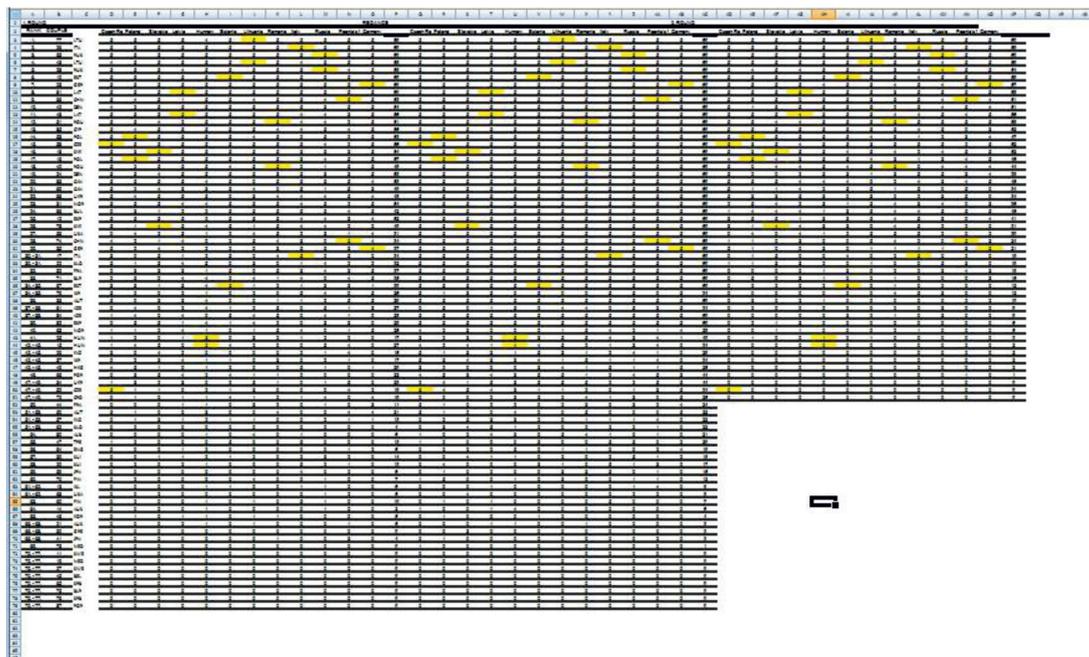


Рис. 1. Исходные данные для анализа с сайта WDSF



A

Рис. 2. Общий вид перенесенных в программу MS Excel исходных данных (А) и результаты их расшифровки и обработки (Б) (начало рисунка)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	1. ROUND															
2	RANK	COUPLE		Czech Rep	Poland	Slovakia	Latvia	Hungary	Estonia	Lithuania	Romania	Italy	Russia	People's R	Germany	=
3	1.	77	LTU	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	59
4	2.	26	ITA	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
5	3.	55	RUS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
6	4.	43	LTU	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	58
7	5.	28	RUS	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	5	58
8	6.	10	EST	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
9	7.	23	GER	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
10	8.	81	LAT	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
11	9.	36	CHN	5	4	5	1	5	5	4	5	5	4	5	5	53
12	10.	42	DEN	4	2	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	54
13	11.	48	LAT	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	5	56
14	12.	51	ROU	5	5	4	2	5	5	5	5	4	4	2	5	51
15	13.	85	CYP	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	56
16	14.	53	POL	5	5	5	5	5	5	4	5	2	5	2	5	53
17	15.	58	CZE	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	2	5	56
18	16.	18	SVK	5	3	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5	54
19	17.	16	POL	5	5	5	5	5	5	5	5	3	4	5	5	57
20	18.	40	ROU	5	2	5	5	5	4	5	5	2	1	5	5	49
21	19.	24	DEN	5	5	4	5	5	5	5	3	5	3	3	5	53
22	20.	83	CAN	5	5	5	5	4	5	0	5	5	5	5	4	53
23	21.	69	CAN	5	2	4	3	3	5	4	0	5	1	5	3	40
24	22.	88	UKR	5	4	5	5	5	0	3	4	4	4	5	4	48
25	23.	31	NOR	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	2	5	54
26	24.	86	BUL	0	3	1	2	2	5	5	5	5	5	4	5	42
27	25.	12	ESP	5	5	5	5	2	5	5	5	4	4	3	4	52
28	26.	78	SVK	5	1	4	5	4	5	1	5	4	4	2	0	40

Б

Рис. 2. Общий вид перенесенных в программу MS Excel исходных данных (А) и результаты их расшифровки и обработки (Б) (окончание рисунка)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	1. ROUND																			
2	RANK	COUPLE		Czech Rep	Poland	Slovakia	Latvia	Hungary	Estonia	Lithuania	Romania	Italy	Russia	People's Re	Germany	=	Czech Rep	Poland	Slovakia	Latvia
3	16.	18	SVK	5	3	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5	54	5	5	5	5
4	26.	78	SVK	5	1	4	5	4	5	1	5	4	4	2	0	40	5	5	5	5
5																				
6																				
7		18		5	3	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5					
8				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
9				5	3	5	5	5	4	5	4	2	4	5	5					
10																				
11				5,0	3,7	5,0	5,0	5,0	4,7	5,0	4,7	3,3	4,7	4,3	5,0		4,6			
12																				
13																				
14																				
15																				
16		78		5	1	4	5	4	5	1	5	4	4	2	0					
17				5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5					
18				3	1	4	4	3	3	0	4	5	2	2	0					
19																				
20																				
21				4,3	2,3	4,3	4,7	4,0	4,3	2,0	4,7	4,7	3,7	3,0	1,7		3,6			
22																				

Рис. 3. Обработка данных по каждому арбитру и парам из одной с ним страны

Поскольку у всех арбитров на данном соревновании присутствовали «свои» спортсмены, т.е. среди арбитров из Нидерландов, Беларуси, Китая, США, Франции, Латвии, Германии, России, Литвы, Италии, ЮАР и Испании судей без «своих» спортсменов не было обнаружено – у каждого из судей на паркете на данном этапе соревнований присутствовали по две пары из одной с ним страны, то вместо контрольной группы судей «без своих» спортсменов были случайным образом выбраны судьи из двух стран (ЮАР и Литвы), для которых данный коэффициент рассчитывался как от-

ношение числа крестов, выставленных этими судьями тем же группам спортсменов.

Вариационный анализ рядов и расчет t-критерия Стьюдента [15] проводился при помощи онлайн-калькулятора медицинской статистики <https://medstatistic.ru>.

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, прежде всего, был проведен анализ средних оценок, выставленных судьями парам из одной с ними страны, и его сравнение с оценками, выставленными этим парам другими судьями (таблица).

Поскольку соревнования судили арбитры из Нидерландов, Беларуси, Китая, США, Франции, Латвии, Германии, России, Литвы, Италии, ЮАР и Испании, то для каждой пары из этих стран (а в соответствии с правилами соревнований в них участвовало максимум по две пары из каждой страны), как описано выше, рассчитывалось среднее значение баллов, данных ей конкретным судьей, и среднее значение баллов, данных паре остальной группой судей.

Поскольку у всех арбитров на данном соревновании присутствовали «свои» спортсмены, т.е. среди арбитров из Нидерландов, Беларуси, Китая, США, Франции, Латвии, Германии, России, Литвы, Италии, ЮАР и Испании судей без «своих» спор-

тсменов на танцполе также не было обнаружено – у каждого из судей на паркете на первом туре соревнований присутствовали пары из одной с ним страны – то также вместо контрольной группы судей «без своих» спортсменов были случайным образом выбраны судьи из двух стран (Южной Африки (ЮАР) и Литвы), для которых данный коэффициент рассчитывался как отношение числа крестов, выставленных этими судьями тем же группам спортсменов. Таким образом, аналогично предыдущему разделу, был проведен анализ средних оценок, выставленных судьями парам из одной с ними страны, и его сравнение с оценками, выставленными этим парам другими судьями (таблица).

Средние оценки, выставленные судьями парам из одной с ними страны, средняя оценка, выставленная судьей из Литвы, судьей из Южной Африки (ЮАР), и средние оценки, выставленные этим парам другими судьями, и разница между ними. Чемпионат мира, латиноамериканские танцы

Страна	Средняя оценка, выставленная судьей из одной с парой страны (1)	Средняя оценка, выставленная судьей из Литвы (2)	Средняя оценка, выставленная судьей из Южной Африки (ЮАР) (3)	Средняя оценка, выставленная остальными судьями (4)
Нидерланды	0,5	0	0,0	0
	0	0,5	0,0	0
Беларусь	2,5	0	0,0	1,1
Китай	5	2,3	5,0	4,5
	5	3,7	4,7	4,1
США	4,3	0	3,0	1,3
	5	1,5	1,0	1,6
Франция	5	5	5,0	5
	5	2,3	3,3	2,8
Латвия	5	4,3	4,3	3,9
	5	3,7	2,3	3,8
Германия	5	5	4,7	5
	5	5	5,0	5
Россия	5	5	5,0	5
	5	5	5,0	5
Литва	5	5	2,7	2,5
	4,7	4,7	2,7	1,5
Италия	5	4,7	4,7	4,6
	5	3,7	5,0	4,7
ЮАР	0	0,5	0,0	0,2
	0	0	0,0	0
Испания	5	2,3	5,0	3,8
	5	3,3	4,3	3,3

Окончание таблицы				
Страна	Средняя оценка, выставленная судьей из одной с парой страны (1)	Средняя оценка, выставленная судьей из Литвы (2)	Средняя оценка, выставленная судьей из Южной Африки (ЮАР) (3)	Средняя оценка, выставленная остальными судьями (4)
Средняя арифметическая (M)	4,00	2,93	3,16	2,99
Медиана (Me)	5	3,7	4,3	3,8
Стандартное квадратичное отклонение (σ)	1,90	1,97	2,01	1,87
Коэффициент вариации (Cv)	47,40%	67,04%	63,71%	62,60%
Средняя ошибка средней арифметической (m)	0,40	0,42	0,43	0,40

Как видно из таблицы, при попарном сравнении столбцов данных 1 и 4 ясно, что средние оценки, выставленные судьями парам из одной с ними страны, практически всегда или совпадают, или выше, чем средние оценки, выставленные этим парам другими судьями.

Однако сравнение этих рядов показывает, что различия между ними статистически не значимы ($p = 0,081244$) при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Интересно отметить, что, при исключении из данного списка судей из Нидерландов и ЮАР, для средних оценок, выставленных судьями парам из одной с ними страны (столбца 1) при числе единиц наблюдения, равном 19, средняя арифметическая (M) становится равна 4,82, медиана (Me) = 5, стандартное квадратичное отклонение (σ) = 0,59, коэффициент вариации (Cv) = 12,17%, а средняя ошибка средней арифметической (m) = 0,14. При этом для средних оценок, выставленных остальными судьями, при числе единиц наблюдения (n) = 19, средняя арифметическая (M) становится равна 3,61, медиана (Me) = 3,9, стандартное квадратичное отклонение (σ) = 1,40, коэффициент вариации (Cv) = 38,75%, а средняя ошибка средней арифметической (m) = 0,33.

Сравнение этих рядов показывает, что значение t-критерия Стьюдента = 3,38 и, следовательно, различия между ними уже статистически значимы ($p = 0,001816$) при уровне значимости $\alpha = 0,05$, поскольку при числе степеней свободы $f = 36$ критическое значение t-критерия Стьюдента = 2,028.

Таким образом, 10 из 12 судей, судивших это соревнование, в отношении своих соотечественников судили его предвзято.

Графически эти результаты представлены на рис. 4, А и В, на которых хорошо вид-

но, что практически все оценки, выставленные судьями парам из одной с ними страны, выше, чем средняя оценка, данная этим парам другими судьями – абсолютное большинство точек лежит ниже красной линии, которая представляет собой линию, на которой находились бы точки при равных оценках, выставленных анализируемой группой судей (имеющих на танцполе спортсменов из своей страны) и остальными судьями. Более того, видно, что значительному числу спортсменов из своей страны судьи ставили высшие оценки, невзирая на оценки других судей.

Поскольку у всех арбитров на данном соревновании присутствовали «свои» спортсмены, вместо контрольной группы судей «без своих» спортсменов были случайным образом выбраны судьи из двух стран Литвы и ЮАР (Южной Африки). Далее рассмотрим оценки этих двух судей.

Прежде всего, анализ показывает, что оценки, выставленные этими судьями спортсменам, статистически не отличаются от оценок, выставленных им всем пулом судей. Для судьи из Литвы это отличие составляло $p = 0,918088$, а для судьи из Южной Африки $p = 0,773614$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Далее был проведен анализ средних оценок, выставленных судьей из Литвы парам, проанализированным ранее, и их сравнение с оценками, выставленными этим парам судьями из одной с парами страны (таблица). Это сравнение показывает, что различия между ними статистически не значимы ($p = 0,071958$) при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Однако если при анализе «своих пар» не учитывать оценки, выставленные «своим» парам судьями из Нидерландов и ЮАР, то различия становятся статистически достоверными ($p = 0,000121$).

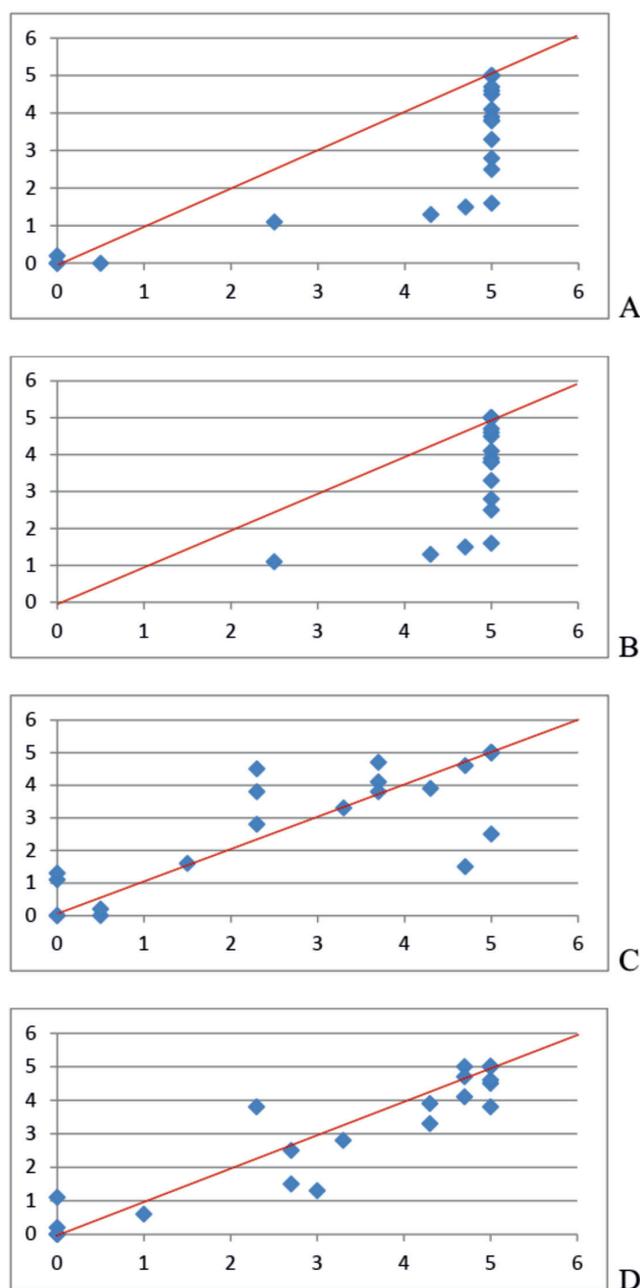


Рис. 4. Отношение оценок, выставленных судьями парам из одной с ними страны (по оси X), и оценок, выставленных этим парам другими судьями (по оси Y) (A), отношение этих же оценок без учета оценок арбитров из Нидерландов и ЮАР (B), отношение оценок, выставленных судьей из Литвы (C) и Южной Африки (ЮАР) (D) этим же парам, (по оси X), и оценок, выставленных этим парам другими судьями

Аналогичный анализ, проведенный для средних оценок, выставленных судьей из Южной Африки парам, проанализированным ранее, показывает, что различия между ними также статистически не значимы ($p = 0,144859$) при уровне значимости $\alpha = 0,05$. При этом при аналогичном исключении из анализа оценок выставленных

«своим» парам судьями из Нидерландов и ЮАР, различия также становятся статистически достоверными ($p = 0,000723$).

Интересно также отметить, что коэффициенты вариации оценок, выставленных анализируемым спортсменам всеми судьями (62,60%), а также судьями и Литвы (67,04%) и ЮАР (63,71%), очень близки

между собой. При этом коэффициент вариации оценок, выставленных анализируемым спортсменам «своими» судьями, уже значительно меньше (47,40%), а при исключении из этого анализа оценок, выставленных «своим» парам судьями из Нидерландов и ЮАР, он падает до 12,17%, что говорит о близости оценок, выставляемых «своим парам» большинством судей на этих соревнованиях.

Графически эти результаты представлены на рис. 4, С и D, на которых видно, что, в отличие от рис. 4, А и В, точки равномерно распределены как выше, так и ниже линии равенства оценок, данных конкретной паре судей, средним оценкам этой пары, данным ей всеми судьями.

Следовательно, мы видим, что в целом оценки, выставленные парам судьями из одних со спортсменами стран, не отличаются статистически достоверно от оценок, выставленных этим парам судьями из Литвы и Южной Африки (ЮАР). Однако если при этом в пуле оценок, выставленных «своим» парам, не учитывать оценки, выставленные судьями из Нидерландов и ЮАР, то тогда эти различия уже статистически достоверны.

Заключение

Национальные предпочтения в эстетическом спорте давно привлекают внимание исследователей [1]. Именно эти национальные предпочтения судей вызвали изменения в системе судейства в фигурном катании [10], за которыми последовало введение новой «абсолютной» системы судейства и в танцевальных видах спорта [3]. Однако, по-видимому, национальные предпочтения судей играют важную роль и в настоящее время.

Наш анализ показал, что коэффициент вариации (Cv) оценки судьи для спортсмена из его страны на танцполе в целом = 47% (а для большинства – 10 из 12 судей – даже 12%), против 62–67% во всех остальных случаях из-за переоценки судьями спортсменов из той же страны. В то же время, несмотря на то, что в других случаях судьи ставили некоторым спортсменам наивысшие баллы, которые были выше, чем средние баллы, полученные этими спортсменами, в целом разброс оценок, даваемых судьями спортсменам из других стран, был больше. Аналогичные результаты о различиях в оценке были также получены Premelč с соавторами [2], которые при анализе финала конкурса обнаружили, что относительно большие различия между оценками судей указывают, по их мнению, на различия в том, как судьи воспринимали качество танцоров

или их интерпретацию судейской шкалы. Эти результаты были получены в финале конкурса с использованием абсолютной системы судейства. Однако объективность судейства играет важную роль не только в финале соревнований, для танцоров, занявших первое место, но и для других спортсменов, выбывших из соревнований в первых раундах, когда в рамках абсолютной системы используется система крестов.

Таким образом, результаты судейства двух случайно выбранных арбитров, да и всех проанализированных двенадцати арбитров в целом, применительно к анализируемой группе спортсменов статистически значимо не отличаются от результатов судейства в целом. Однако в то же время судейство спортсменов из одной страны большинством судей (10 из 12) статистически значимо отличается от судейства спортсменов из других стран.

Список литературы

1. Leandro C., Ávila-Carvalho L., Sierra-Palmeiro E., Bobo-Arce M. Judging in Rhythmic Gymnastics at different levels of performance. *Journal of human kinetics*. 2017. Vol. 60. P. 159.
2. Premelč J., Vučković G., James N., Leskošek B. Reliability of judging in DanceSport. *Frontiers in psychology*. 2019. Vol. 10. P. 1001.
3. Ambrož N. New judging system. *World Dancesport Magazin*. 2010. Vol. 4. P. 36–40.
4. Сингина Н.Ф. Повышение объективности судейства в танцевальном спорте на основе организационных и технологических решений // *Физическая культура: воспитание, образование, тренировка*. 2019. № 2. С. 29–31.
5. Malitowska A. Ethics and Adjudication. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.dancearchives.net/2013/04/08/ethics-and-adjudication-written-by-anna-malitowska/> (дата обращения: 15.09.2021).
6. Пазына Н.А., Сингина Н.Ф., Михайлов И.А. Новая система судейства всемирной федерации танцевального спорта // *Физическая культура: воспитание, образование, тренировка*. 2018. № 1. С. 45.
7. Pajek M.B., Čuk I., Pajek J., Kovač M., Leskošek B. Is the quality of judging in women artistic gymnastics equivalent at major competitions of different levels? *Journal of human kinetics*, 2013. Vol. 37. P. 173.
8. Pajek M.B., Kovač M., Pajek J., Leskošek B. The Judging of artistry components in female gymnastics: a cause for concern. *Science of gymnastics journal*, 2014. Vol. 6. P. 5–12.
9. Bučar Pajek M., Forbes W., Pajek J., Leskošek B., Čuk I. Reliability of real time judging system. *Science of gymnastics journal*. 2011. Vol. 3. P. 47–54.
10. Lockwood K.L., McCreary D.R., Liddell E. Evaluation of success in competitive figure skating: an analysis of interjudge reliability. *Avante*. 2005. Vol. 11. P. 1–9.
11. Mack M., Bryan M., Heyer G., Heinen T. Modeling judges' scores in artistic gymnastics. *The Open Sports Sciences Journal*, 2019. Vol. 12. No. 1. P. 1–9.
12. Leskošek B., Čuk I., Bučar Pajek M. Trends in E and D scores and their influence on final results of male gymnasts at European championships 2005–2011. *Science of gymnastics journal*. 2013. Vol. 5. P. 29–38.
13. WDSF competition rules status: WDSF AGM Shanghai, June 2013 [Electronic resource]. URL: <http://cdnb.worlddancesport.org/legacy-docs/competition/rules%20and%20bidding/2013/Competition%20Rules.pdf> (date of access: 15.09.2021).
14. WDSF competition rules status: June 17, 2018 WDSF AGM, Lausanne (V2) updated 01.09.2018 [Электронный ресурс]. URL: https://www.chegp.cz/documents/WDSF%20Competition%20Rules_Final%20V2%20update%2001%2009%2018%20final.pdf (дата обращения: 15.09.2021).
15. Катмаков П.С., Гавриленко В.П., Бушов А.В. Биометрия. М.: ООО «Издательство ЮРАЙТ», 2019. 177 с.

УДК 37.047:372.857

ЭКСКУРСИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИИ**¹Сычев В.В., ²Белова О.А., ²Асеев В.Ю., ³Фишук Т.В.**¹*ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Рязань, e-mail: vitalic43@yandex.ru;*²*ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина», Рязань, e-mail: belolga60@gmail.com;*³*ОГБДУ ДО «Детский эколого-биологический центр», Рязань, e-mail: Tatyanafishuk@yandex.ru*

В основу статьи положена идея об использовании современных методов изучения краеведческого наследия родного края для всестороннего развития личности школьника. В качестве одного из таких методов может выступать экскурсионная деятельность. В статье рассмотрена роль экскурсий как одной из форм организации учебной деятельности. Показано значение экскурсий для формирования у школьников универсальных учебных действий. Проведен анализ роли экскурсий во внеурочной деятельности школьников, раскрыта значимость экскурсионной деятельности как одного из самых показательных средств привития культуры молодому поколению. В статье представлено одно из актуальных направлений экскурсионной деятельности – изучение вклада выдающихся ученых – биологов и медиков, жизнь и деятельность которых были связаны с Рязанью, в развитие и становление науки и здравоохранения. Новизна использованного в исследовании подхода заключалась в активном привлечении школьного сообщества к разработке тематического материала экскурсий. Одним из направлений нашей работы стало изучение архивных материалов, посвященных жизни и деятельности выдающихся земских врачей, внесших существенный вклад в развитие медицины в Рязанской губернии на рубеже XIX–XX вв. Проведенная нами экскурсионная и краеведческая работа вызвала интерес как среди учащихся, так и среди школьного сообщества в целом, что позволило продолжить поиск тематического материала для последующих экскурсий. Важным результатом проведенной нами работы стало формирование у учащихся навыков самостоятельной исследовательской деятельности, включающей в себя как изучение первоисточников, так и ресурсов сети Интернет. Таким образом, проведенное нами исследование показало важную роль экскурсионной и краеведческой деятельности в формировании универсальных учебных действий у учащихся при изучении биологии, а также большое образовательное и воспитательное значение экскурсий.

Ключевые слова: биология, экскурсии, краеведение, знаменитые учёные, универсальные учебные действия**EXCURSION ACTIVITIES AS A MEANS OF FORMING UNIVERSAL EDUCATIONAL ACTIONS IN THE STUDY OF BIOLOGY****¹Sychev V.V., ²Belova O.A., ²Aseev V.Yu., ³Fischuk T.V.**¹*Ryazan State Medical University named after I.P. Pavlov, Ryazan, e-mail: vitalic43@yandex.ru;*²*Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Ryazan, e-mail: belolga60@gmail.com;*³*OGBDU DO «Children's Ecological and Biological Center», Ryazan, e-mail: Tatyanafishuk@yandex.ru*

The article is based on the idea of using modern methods of studying the local history heritage of the Native Land for the comprehensive development of the student's personality. As one of these methods can be an excursion activity. The article considers the role of excursions as one of the forms of educational activities organization. The importance of excursions for the formation of universal educational actions in schoolchildren is shown. The analysis of excursions role in the extracurricular activities of schoolchildren is carried out, the importance of excursion activities as one of the most indicative means of instilling culture in the younger generation is revealed. The article presents one of the actual directions of excursion activity – the study of the contribution of outstanding biologists and physicians, whose life and activities were associated with Ryazan, in the development and formation of science and healthcare. The novelty of the approach used in the study was the active involvement of the school community in the development of excursions thematic material. One of the directions of our work was the study of archival materials devoted to the life and activity of outstanding social medicine doctors who made a significant contribution to the development of medicine in the Ryazan province at the turn of the XIX – XX centuries. Our excursion and local history work aroused interest both among students and among the school community as a whole, which made it possible to continue the search for subsequent excursions thematic material. An important result of our work was the formation of students' skills of independent research activities, which includes both the study of primary sources and Internet resources. Thus, our study showed the important role of excursion and local history activities in the formation of universal educational actions in the study of biology, as well as the great educational and upbringing value of excursions.

Keywords: biology, excursions, local history, famous scientists, universal educational actions

Настоящее время характеризуется существенными изменениями системы обучения в общеобразовательной школе, что находит свое отражение в соответствующих нормативных документах [1, 2].

Одной из ведущих задач современной школы является направленность на развитие у ученика способности к самостоятельному поиску знаний. Это позволяет школьникам осознать необходимость и цен-

ность образования [2]. При этом большое значение в образовательном процессе играет формирование универсальных учебных действий (УУД) – основных элементов, которые состоят из определенной системы обязательных умений, выполнения определенных действий и их способов.

Выделяют личностные, регулятивные, познавательные, коммуникативные УУД [2].

В качестве одного из средств формирования универсальных учебных действий, по-видимому, можно рассматривать экскурсионную деятельность.

В современной литературе дается множество определений понятия «Экскурсия» [3–5]. Согласно одному из них экскурсия представляет собой методически продуманный показ достопримечательных мест, памятников истории и культуры, в основе которого лежит анализ находящихся перед глазами экскурсантов объектов, а также умелый рассказ о событиях, связанных с ними [4].

Экскурсия – одна из форм познания окружающего мира, состоящая из двух важнейших элементов: показа заранее подобранных зрительных объектов природного или культурно-исторического характера и рассказа о них. На сегодняшний день экскурсия рассматривается как законченное, целостное, имеющее свои специфические функции и признаки, а также своеобразную методику мероприятия, являющееся итогом проделанной работы на уроках, а также в процессе внеурочной деятельности. Каждая разработанная экскурсия основана на коммуникационном подходе [4].

Возникшие вначале как необязательные формы внеклассной и внешкольной работы, биологические экскурсии постепенно стали включаться в процесс обучения в качестве постоянных его компонентов. Экскурсии учат школьников ориентироваться на местность, наблюдать, сравнивать, устанавливать взаимосвязь явлений, находить нужные объекты, приобретать навыки самостоятельной натуралистической работы, в том числе навыки элементарного исследования природы родного края [5].

В то же время экскурсия является одной из форм организации учебной работы, при которой школьники выходят на место расположения изучаемых объектов (природных, памятников культурно-исторического наследия, производственных) для непосредственного ознакомления с ними [4–6]. Такая форма работы позволяет организовать наблюдение и изучение различных предметов и явлений в естественных условиях [4, 5].

Содержание экскурсий имеет непосредственную связь с пройденным на соответствующих уроках материалом, и в то же

время полученные на экскурсии представления, результаты наблюдений используются на последующих уроках. Учитель заранее в годовом плане определяет сроки проведения экскурсий, а на соответствующих занятиях перед намеченной экскурсией создает для учащихся ситуацию необходимости ознакомления с изученными явлениями в природе [4].

При этом следует предусматривать и обратную связь: после проведения экскурсии школьники могут использовать собранный материал для демонстраций и практических работ [4].

Актуальным направлением экскурсионной деятельности является исследование роли известных учёных в развитии и становлении науки родного края.

Новизна использованного в нашем исследовании подхода заключается в активном привлечении школьного сообщества к разработке тематического материала экскурсий, включая изучение архивных материалов, посвященных жизни и деятельности земских врачей Рязанской губернии в последней трети XIX – начале XX вв. [7, 8].

Целью настоящего исследования явилось определение роли экскурсионной деятельности в педагогическом процессе и ее влияния на формирование универсальных учебных действий у школьников.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования нами использовались следующие методы: теоретические (анализ, синтез), историографический, проблемно-хронологический, метод выборки и наблюдения.

Результаты исследования и их обсуждение

Для достижения поставленной цели исследования нами были разработаны экскурсии для школьников, посвященные известным ученым и медикам родного края, а также подобраны материалы для разработки новых тем для наступающего учебного года. Значительное внимание при этом уделялось и самостоятельной работе школьников.

В качестве примера нами приводится описание одной из проведенных экскурсий.

Продолжительность данной экскурсии предполагала четыре академических часа. Группа экскурсантов состояла из 15 учащихся 5–7 классов. В роли экскурсоводов выступали учитель биологии, преподаватель вуза, в роли сопровождающих – родители школьников.

Подготовительный этап экскурсии включал в себя постановку целей и задач, выбор темы и отбор содержания экскурсии [6].

В данном случае целью экскурсии стало знакомство школьников с биографиями знаменитых ученых г. Рязани, чья научная деятельность была связана с биологией и медициной, а также формирование у учащихся навыков исследовательской работы.

В процессе проведения экскурсии решались следующие задачи:

Образовательные:

1. Знакомство учащихся с достопримечательными местами г. Рязани (в данном случае связанными с жизнью и творчеством выдающихся земляков: И.П. Павлова, К.Э. Циолковского и др.).

2. Формирование умений и навыков в подборе материала, сравнении объектов и явлений, обобщении роли и значимости для развития отечественной науки открытий, сделанных учёными, биографии которых были связаны с г. Рязанью.

Развивающие:

1. Формирование логического мышления: умения сравнивать, анализировать, делать выводы.

2. Развитие образного мышления.

3. Приобщение к различным формам традиционных науковедческих взглядов в биологии.

Воспитательные:

1. Воспитание любви и бережного отношения к наследию родного края, развитие чувства ответственности за природу родного края.

2. Формирование коммуникативных навыков, способности работать в группе.

Экскурсия предполагала демонстрацию объектов в соответствии с заранее определенной тематикой, в данном случае «Жизнь и творчество великих рязанцев – К.Э. Циолковского и И.П. Павлова» [9–11].

Передвижение участников осуществлялось по заранее составленному маршруту по г. Рязани от памятника К.Э. Циолковскому (площадь Театральная) до памятника И.П. Павлову у здания областной филармонии.

Содержанием экскурсии стали биографии К.Э. Циолковского, акад. И.П. Павлова.

Структура экскурсии включала в себя вступление, основную часть и заключительную часть [4, 6].

Вступление включало в себя:

1. Организационный элемент:

- проверка готовности к экскурсии;
- создание позитивного психологического настроения на работу;
- организация внимания учащихся;
- раскрытие общих целей и плана проведения экскурсии.

2. Информационный элемент (актуализацию знаний):

Вопрос учителя: «Каких выдающихся ученых Рязанской области вы знаете?»

Ответ учеников: «И.П. Павлов, К.Э. Циолковский, И.В. Мичурин».

Вопрос учителя: «В каких областях знаний протекала их деятельность?»

Ответ учеников: «Физиология, космонавтика, биология, сельское хозяйство...»

Основная часть экскурсии предусматривала организацию учебной работы по восприятию и усвоению изучаемого материала и включала в себя две остановки:

Первая остановка. Мемориал К.Э. Циолковского.

Учитель (экскурсовод): итак, начнем экскурсию. Недалеко от Театральной площади находится памятник К.Э. Циолковскому.

Константин Эдуардович Циолковский родился 5 сентября 1857 года в селе Ижевское Рязанской губернии. Отец будущего ученого, Эдуард Игнатьевич, работал лесником, мать, Мария Ивановна занималась воспитанием детей и домашней работой [9, 10].

В 1860–1868 гг. семья Циолковских живет в губернском городе Рязани. Здесь Мария Ивановна обучает своих сыновей грамоте [9].

В 9 лет Константин заболел скарлатиной, болезнь сделала его глухим на всю жизнь. Тяжелые жизненные испытания детства, смерть старшего брата и матери, также наложили отпечаток на физическое здоровье будущего ученого [9]. Лишившись возможности обучаться в гимназии, Циолковский всю дальнейшую жизнь будет заниматься самообразованием [7, 8].

Стремясь к знаниям, Циолковский в возрасте 16 лет покидает родительский дом и уезжает в Москву. В течение трех лет он самостоятельно изучает сферическую и аналитическую геометрию, высшую алгебру, дифференциальное и интегральное исчисление, физику и химию [10]. Посещая Чертковскую библиотеку, Циолковский знакомится с философом Н.Ф. Федоровым, основоположником русского космизма [9].

На скудное пособие, получаемое из дома, будущий ученый приобретает приборы и реактивы для научных опытов [10]. Однако тяжелые бытовые условия и крайнее умственное напряжение истощили силы молодого человека и заставили его вернуться в Вятку, где семья Циолковских жила до 1878 г. [10].

В 1878 г. Циолковские вновь переселяются в Рязань. Через год Константин Эдуардович успешно сдает экзамен на звание учителя математики в Первой губернской гимназии г. Рязани и получает направление Министерства просвещения в Боров-

ское уездное училище Калужской губернии [9, 10].

В Боровске К.Э. Циолковским написаны его первые научные труды, в частности, статья «Графическое изображение ощущений» (1880 г.), посвященная применению механики в физиологии и работа «Свободное пространство» (1883 г.), в которой рассматриваются вопросы космической биологии и медицины [9, 10].

С 1892 г. К.Э. Циолковский живет в г. Калуге, где ведет преподавательскую работу в Калужском уездном училище. В этот период ученым написаны его главные труды [9].

В 1895 г. К.Э. Циолковским была опубликована книга «Грезы о земле и небе». Через год ученый приступил к написанию своего главного труда – «Исследование мировых пространств реактивными приборами», опубликованного в 1903 г. В этой книге были затронуты проблемы использования ракет в космосе [9, 10].

Русский ученый и изобретатель, основоположник космонавтики и теории освоения космического пространства, К.Э. Циолковский – автор десятков трудов по ракетодинамике, аэроавиатике и космонавтике, скончался в Калуге 19 сентября 1935 г. [9, 10].

Вторая остановка. Памятник академику И.П. Павлову.

Иван Петрович Павлов родился в Рязани 14 (26) сентября 1849 г. в семье приходского священника [11, 12]. Окончив в 1864 г. Рязанское духовное училище, И.П. Павлов поступил в Рязанскую духовную семинарию. Обучаясь на последнем курсе семинарии, он прочитал книгу профессора И.М. Сеченова «Рефлексы головного мозга», которая перевернула всю его жизнь [9, 10]. Окончив шестой класс духовной семинарии в 1869 г., молодой И.П. Павлов решительно отказался от духовной карьеры [11, 12].

В 1870 г. И.П. Павлов поступает на юридический факультет Санкт-Петербургского университета, но вскоре переходит на естественное отделение физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета. Здесь под влиянием известного русского физиолога профессора И.Ф. Циона он навсегда связывает свою жизнь с физиологией [11, 12]. В 1875 г. И.П. Павлов окончил университет и в том же году поступил на 3-й курс Медико-хирургической академии, которую закончил с отличием в 1879 г. [11, 12].

После окончания академии Павлов в течение 10 лет (1879–1889 гг.) руководит лабораторией при клинике С.П. Боткина. В 1883 г. И.П. Павлов защитил докторскую диссертацию на тему «Центробежные нервы сердца» [13].

В 1884 г. ученый [8, 9] был командирован за границу для усовершенствования и подготовки к профессорской деятельности, где в течение двух лет (1884–1886 гг.) работал в лабораториях выдающихся физиологов – Р. Гейденгайна и К. Людвига [12, 13].

В 1890 г. И.П. Павлов был избран профессором кафедры фармакологии военно-медицинской академии (ВМА), а с 1895 по 1925 г. заведовал кафедрой физиологии ВМА [12, 14].

В научной деятельности И.П. Павлова, длившейся более 60 лет, можно выделить три периода, три направления [13]. Фундаментальные исследования ученого были посвящены физиологии кровообращения, физиологии пищеварения и, на заключительном этапе, созданию нового направления – физиологии высшей нервной деятельности [11, 14].

Одной из выдающихся заслуг ученого было введение в практику научного исследования метода хронического эксперимента. Это позволило изучать деятельность практически здорового организма [11, 14].

С помощью разработанного И.П. Павловым метода условных рефлексов им было доказано, что в основе психической деятельности лежат физиологические процессы. Исследования И.П. Павлова в области физиологии высшей нервной деятельности оказали большое влияние на развитие не только физиологии, но и психологии и педагогики [11, 14].

В октябре 1904 г. И.П. Павлову первому из русских ученых и первому из физиологов мира была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине [13, 14].

Имея мировое признание, И.П. Павлов никогда не забывал о своей малой родине. Последний раз ученый посетил Рязань в 1935 г. [15].

Заключительная часть экскурсии представляла собой подведение ее итогов, рефлексии и проходила в форме беседы учителя (экскурсовода) с учениками.

Учитель: Наша экскурсия подошла к концу.

Что нового вы узнали о знаменитых учёных?

Каковы годы их жизни?

Какие этапы биографии И.П. Павлова и К.Э. Циолковского связаны с Рязанью?

Какой вклад сделан нашими великими земляками в отечественную и мировую науку?

Ученики: отвечают, делятся впечатлениями.

Следует отметить, что на протяжении всей экскурсии прослеживалась активная деятельность ее участников. Школьники

внимательно слушали экскурсовода, задавали вопросы, самостоятельно изучали памятники выдающимся землякам.

В процессе активной исследовательской внеурочной работы со школьным сообществом нами выяснено, что с Рязанью была связана деятельность многих известных медиков как российских, так и зарубежных [7, 8].

При этом ряд выдающихся ученых-медиков с мировым именем являлись почетными членами «Общества Рязанских врачей» – земской медицинской организации, в течение многих лет (1874–1908 гг.) объединяющей наиболее прогрессивных медицинских работников Рязанской губернии [7, 8].

В данной статье мы приводим краткие биографии земских медиков и известных ученых, чья жизнь и деятельность были связаны с работой «Общества Рязанских врачей» [7, 8].

Асеев Константин Павлович (1837 – после 1900 г.) – окончил медицинский факультет Военно-медицинской академии, врач-хирург, ординатор Рязанской губернской земской больницы (1864–1876), врач «Дома Трудолюбия» г. Рязани (1874–1883), штатный врач Рязанского духовного училища (1870) [8].

Виноградов Павел Михайлович (1855–1919) врач, окулист, общественный деятель, окончил медицинский факультет Московского университета, в 1890–1909 – земский уездный врач в с. Ухолово Ряжского уезда. В 1891 г. построил каменное здание больницы, 1896 – открыл амбулаторию при больнице. В 1898 г. земство отправило его в Москву для обучения глазным болезням. 15 мая 1899 г. – открыл глазную лечебницу на 7 коек в с. Ухолово и библиотеку при больнице. С 1898 г. Член «Общества Рязанских врачей», в 1911–1914 гг. – вольнопрактикующий врач по глазным болезням в г. Рязани [8].

Эрисман Гульдрейх Фридрих (Фёдор Фёдорович) (1842–1915) – врач, доктор медицины, профессор, окулист, гигиенист. Окончил медицинский факультет Цюрихского университета (Швейцария). Работал в России (1869–1896 гг.). Внес выдающийся вклад в развитие гигиены, особенно школьной, как в России, так и в Рязанском крае. Ф.Ф. Эрисман – являлся основателем Московского гигиенического общества (1892), почетным членом «Общества Рязанских врачей» (1891) [7]. В 1896 г. вынужден был уехать из России [8].

Склифосовский Николай Петрович (1836–1904) – доктор медицины, профессор, директор Клинического института

в Санкт-Петербурге, автор трудов по военно-полевой хирургии брюшной полости. С 1891 г. являлся Почетным членом «Общества Рязанских врачей» [7, 8].

Щёткин Дмитрий Сергеевич (1851–1923) – врач, гинеколог, доктор медицины (1889), в 1877 г. окончил Санкт-Петербургскую медико-хирургическую академию. В 1880 г. вышел в отставку. В 1888–1902 гг. старший врач Рязанской губернской земской больницы. Делегат X съезда земских врачей Рязанской губернии (1883). Ввёл в практику (1880) симптом раздражения брюшины (симптом Щёткина – Блюмберга), в 1915 г. описал симптом «дрожания брюшины» при хроническом перитоните. Являлся вице-президентом «Общества Рязанских врачей» (1884–1888 гг.) [8].

Кашкаров Николай Петрович (1843–1904) – земский врач, президент Общества Рязанских врачей (1884–1888). Окончил 1-ю мужскую гимназию (1861) в г. Рязани, затем медицинский факультет Московского университета. В 1867 г. определен на службу в 110-й пехотный Камский полк младшим лекарем. С 1870 г. – городской врач г. Спасска Рязанской губернии. С 1876 – ординатор Рязанской губернской больницы. Будучи президентом «Общества Рязанских врачей», организовал дежурства врачей в ночное время во время эпидемии холеры, принимал участие в организации медицинской помощи населению [8].

Тихонов Владимир Александрович (1859–1908) – терапевт, доктор медицины (1902), лейб-медик Императорского двора (1897–1901), старший врач Рязанской губернской земской больницы (1902–1905). Окончил 1-ю мужскую гимназию с отличием (1879), медицинский факультет Московского университета (1884). В 1884–1885 гг. работал ординатором в клинике профессора А.А. Остроумова. С 1885 по 1888 г. – ординатор Московского университета, затем перешел в Мариинскую больницу, в которой работал до 1891 г. С 1891 по 1897 г. – врач Ряжской больницы Рязанской губернии, с 1891 по 1897 г. – член «Общества Рязанских врачей». В 1900 г. совместно с лейб-медиком Гиршем и лейб-хирургом акад. Л.В. Поповым лечил Николая II, получил звание почетного лейб-медика двора. В 1901–1902 гг. определен по Военному ведомству, однако воспитание детей вынудило его оставить службу у Великого князя и вернуться в Рязанскую губернию, где с 1902–1905 был старшим врачом Рязанской губернской земской больницы. В 1902 г. в Военно-Медицинской академии защитил диссертацию на степень доктора медицины:

«К вопросу о пищеварительном лейкоцитозе и его клиническом значении». Скончался в 1908 г. в Рязани [8].

Правдолюбов Василий Васильевич (1861 – после 1919) – земский врач, хирург, офтальмолог, доктор медицины. Окончил Рязанскую мужскую гимназию (1879), медицинский факультет Московского университета (1884). С января 1887 г. уездный врач с. Рыбное Рязанского уезда. В 1902 г. приобрёл в Рязани лечебницу (ныне корпус РязГМУ, ул. Полонского, 13), где вёл приём пациентов по внутренним болезням, офтальмологии, гинекологии. При лечебнице действовал стационар на несколько коек. С 1914 г. занимался частной практикой в собственном доме на ул. Николодворянской. В годы Гражданской войны принимал участие в борьбе с эпидемиями сыпного тифа [8].

Соколов Николай Иванович (1859–1919) – терапевт, земский врач, общественный деятель. Окончил Рязанскую мужскую гимназию (1877) и медицинский факультет Московского университета (1882). С 1883 – земский врач Пронского уезда с. Большое, затем с. Старожилово). В 1902–1904 гг. – земский врач Спас-Клепиковского уезда Рязанской губернии. В 1904 г. участвовал в Русско-японской войне. Был ординатором Рязанской губернской земской больницы с 1906 по 1919 г. Преподавал в Рязанской фельдшерско-акушерской школе. С 1890 – член «Общества Рязанских врачей» [7], а в 1906–1908 гг. – вице-президент. Скончался при ликвидации эпидемии сыпного тифа в 1919 г. Похоронен в г. Рязани [8].

Дюнан Анри Жан (1828–1910) – основатель «Общества Красного Креста», лауреат Нобелевской премии (1901), швейцарский общественный деятель и писатель, Почётный член Общества Рязанских врачей (1898) [7, 8].

Дурнев Владимир Семёнович (1870–1951) – акушер-гинеколог, главный врач и организатор родильного дома № 1 (1900), заслуженный врач РСФСР (1948), организатор акушерской службы. С 1896–1900 – ординатор хирургической клиники, изучал практическое акушерство в Московском родовспомогательном учреждении. В 1900 г. приехал в Рязань для организации первого родильного дома в городе. Почти 25 лет В.А. Дурнев работал один. Жил при роддоме и был бессменным доктором. В 1922–1926 гг. вел практические занятия с учениками Рязанского медицинского техникума. В 1930 уехал из Рязани и по конкурсу был избран в г. Ковров. После Великой Отечественной войны работал в Химках (под Москвой), где и скончался в 1951 г. [8].

Норшин Николай Агапитович (1822–1897) – воспитанник доктора Ф.П. Гааза, врач, доктор медицины, Инспектор врачебного отделения Рязанской губернии (1876–1889). Много сделал для развития лечебного и санитарного дела в Рязанской губернии. Активно участвовал в работе съездов врачей Рязанской губернии (1876–1883). Почётный член «Общества Рязанских врачей» (1889) [7, 8].

Следует отметить, что при проведении работы с биографическими данными мы столкнулись с определенными трудностями получения точных дат рождения и смерти рязанских медиков, особенно если они касались 1920–1950-х гг., когда архивные записи часто сопровождалась отметкой «трагически погибли» [8]. Это обуславливает необходимость дальнейшей исследовательской работы с целью уточнения биографических сведений, касающихся известных деятелей земской медицины Рязанской губернии.

Заключение

Таким образом, нами была разработана тематика школьных экскурсий, целью которых стало формирование у школьников универсальных учебных действий при изучении биологии. Поставленная цель была достигнута путем знакомства учащихся с биографиями известных ученых и медиков, чья жизнь и деятельность были связаны с Рязанью [8, 10, 14].

Проведенная совместная исследовательская работа вызвала живой интерес как со стороны учащихся, так и со стороны школьного сообщества в целом. Это позволило продолжить изучение архивных материалов, а также поиск исторических мест, связанных с жизнью и деятельностью известных рязанских ученых – медиков и биологов, что может послужить тематикой для последующей экскурсионной деятельности.

В процессе работы у школьников были сформированы навыки самостоятельной исследовательской деятельности.

Проведенная работа имела большое образовательное и воспитательное значение для учащихся, знакомя их с научным творчеством известных рязанских ученых, а также показывая школьникам примеры самоотверженного труда медиков Рязанской земли [7, 8].

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 13.09.2021).
2. Приказ Минобрнауки России от 17.12.2010 г. № 1897 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования»

(в редакции Приказа Минобрнауки России от 29.12.2014 г. № 1644) [Электронный ресурс]. URL: <https://fgos.ru> (дата обращения: 13.09.2021).

3. Мышева Т.П. История отечественного экскурсионного дела в аспекте музейной педагогики // Вестник Таганрогского института им. А.П. Чехова. 2015. № 2. С. 172–176.

4. Верзилин Н.М., Корсунская В.М. Общая методика преподавания биологии: [Учеб. для пед. ин-тов по биол. спец.]. 4-е изд. М.: Просвещение, 1983. 383 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://dlib.rsl.ru> (дата обращения: 13.09.2021).

5. Горожанкин А.С., Мосоров Е.О. Экскурсия как одна из универсальных форм учебно-воспитательной работы в школе // Вопросы педагогики. 2019. № 5–2. С. 90–93. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38229119> (дата обращения: 13.09.2021).

6. Сафин Р.С., Корчагин Е.А., Сучков В.Н., Собронин А.С. Модель и методика проведения экскурсии студентов на строительный объект // Известия КГАСУ. 2014. № 1 (27). С. 272–284. [Электронный ресурс]. URL: <http://izvestija.kgasu.ru> (дата обращения: 13.09.2021).

7. Белов А.Ф. История «Общества Рязанских врачей» // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2000. № 1–2. С. 213–219. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9448071> (дата обращения: 13.09.2021).

8. Белова О.А., Белов А.Ф. Русская медицина в работах «Общества Рязанских врачей» (1874–1908): монография. М.: РУДН, 2012. 151 с.

9. Циолковский Константин Эдуардович – информация на портале Энциклопедия Всемирная история. Автор

статьи – Добринский И.И. [Электронный ресурс]. URL: https://w.histrf.ru/articles/article/show/tsiolkovskii_konstantin_eduardovich (дата обращения: 13.09.2021).

10. Зубков В.И. Знатные земляки. Рязань: Зеленые острова, 2008. 156 с.

11. Глебов А.Н. К 170-летию юбилею со дня рождения выдающегося русского физиолога И.П. Павлова // Интернаука. 2019. № 36 (118). С. 13–14 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41111857> (дата обращения: 13.09.2021).

12. Кирюшин В.А., Козеевская Н.А. К 170-летию со дня рождения И.П. Павлова (1849–1936) и 115-летию присуждения ему Нобелевской премии (1904) // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2019. Т. 7. № 4. С. 638–642. DOI: 10.23888/HMJ201974638-642.

13. Загрина Н.А., Лапкин М.М., Козеевская Н.А. Рязанский гений России (к 170-летию со дня рождения академика И.П. Павлова и 115-летию присуждения ему Нобелевской премии) // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2019. Т. 27. № 3. С. 413–417. DOI: 10.23888/PAVLOVJ2019273413-417.

14. Агафонова В. И.П. Павлов – первый российский нобелевский лауреат // Инновационные процессы в науке и образовании: сборник статей II Международной научно-практической конференции (Пенза, 7 мая 2019 г.). Пенза: Издательство «Наука и просвещение», 2019. С. 70–72. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37355557> (дата обращения: 13.09.2021).

15. Загрина Н.А. «Я знаю русскую душу...». Рязань: Изд-во «Май-Медиа», 2013. 86 с.

УДК 378.1

ЛАБОРАТОРИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ КВЕСТОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ HARD SKILLS И SOFT SKILLS

Татьяненко С.А., Чижикова Е.С.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тобольский индустриальный институт
(филиал), Тобольск, e-mail: tatjanenkosa@tyuiu.ru, chizhikovaes@tyuiu.ru

Одной из приоритетных задач технического образования является подготовка инновационных инженеров, владеющих компетенциями: использование фундаментальных знаний на практике, работа с большим объемом информации, владение цифровыми технологиями, работа в команде, ответственность за результат и т.д. Особую актуальность приобретает проблема подготовки специалистов, знания и навыки которых соответствовали бы реальным запросам бизнеса и промышленных компаний, а также требованиям международных стандартов подготовки инженеров. Однако традиционные методы и формы обучения, десятилетиями применяемые в вузах, не способны решить данную задачу. Необходимо активнее внедрять в практику преподавания инновационные методы и формы обучения. Авторы предлагают в качестве такого инновационного метода образовательные квесты. В статье описывается опыт использования лаборатории образовательных квестов в Тобольском индустриальном институте. В лаборатории «Игры разума» проводятся предметные и междисциплинарные образовательные квесты естественнонаучной и технической направленности (химия, экология, физика, математика, информатика, автоматика, электротехника). Проведенная авторами опытно-экспериментальная работа доказала, что квест-технология позволяет эффективно формировать у обучающихся компетенции Hard Skills и Soft Skills, повысить мотивацию и эффективность обучения за счет использования инновационных игровых технологий.

Ключевые слова: квест-технология, техническое образование, инновационный инженер, компетенции Hard Skills и Soft Skills

THE LABORATORY OF EDUCATIONAL QUESTS AS AN EFFECTIVE WAY TO FORM THE HARD AND SOFT SKILLS COMPETENCIES

Tatyanenko S.A., Chizhikova E.S.

Tyumen Industrial University, Tobolsk Industrial Institute (branch), Tobolsk,
e-mail: tatjanenkosa@tyuiu.ru, chizhikovaes@tyuiu.ru

One of the priority tasks of technical education is the training of innovative engineers with the following competencies: to use fundamental knowledge in practice, to work with a large amount of data, to master digital technologies, to work in a team, to be responsible for the result, etc. Of particular relevance is the problem of training specialists, whose knowledge and skills would correspond to the real needs of business and industrial companies, as well as the requirements of international standards for the training of engineers. However, traditional methods and forms of education, which have been used in universities for decades, are not able to solve this problem. It is necessary to actively introduce innovative methods and forms of teaching into teaching practice. The authors propose educational quests as such an innovative method. The article describes the experience of using the educational quest laboratory at the Tobolsk Industrial Institute. In the laboratory «Mind Games», subject and interdisciplinary educational quests of natural science and technical orientation (chemistry, ecology, physics, mathematics, computer science, automation, electrical engineering) are held. The experimental work carried out by the authors has proven that the quest technology can effectively form students' Hard Skills and Soft Skills competencies, increase motivation and learning efficiency through the use of innovative game technologies.

Keywords: quest technologies, technical education, innovative engineer, Hard Skills and Soft Skills

Приоритетной задачей технических вузов является развитие инженерного образования. В настоящее время уделяется большое внимание подготовке инновационных инженеров, которые должны уметь применять фундаментальные знания на практике, работать с большим объемом информации, владеть цифровыми технологиями, работать в команде, нести ответственность за результат. Особую актуальность приобретает проблема подготовки специалистов, знания и навыки которых соответствовали бы реальным запросам бизнеса и промышленных компаний, а также требованиям междуна-

родных стандартов подготовки инженеров (АПЕС, International Engineering Alliance (IEA), Washington Accord, Ассоциация инженерного образования России, EUR-ACE Framework Standards for Accreditation of Engineering Programmes). Так, например, стандартом Инженера АТЭС предусмотрены следующие универсальные и профессиональные компетенции, согласованные с требованиями Международного инженерного альянса (IEA) [1] (рис. 1).

Цель исследования – доказать эффективность квест-технологии как способа формирования компетенций Hard Skills и Soft Skills [2].

<p>Осмысленное применение универсальных знаний</p> <ul style="list-style-type: none"> • обладание широкими и глубокими принципиальными знаниями и готовность использовать их в качестве основы для практической инженерной деятельности 	<p>Осмысленное применение локальных знаний</p> <ul style="list-style-type: none"> • обладание теми же знаниями и готовность использовать их в практической инженерной деятельности в условиях международной профессиональной мобильности 	<p>Анализ инженерных проблем</p> <ul style="list-style-type: none"> • готовность к постановке, исследованию и анализу комплексных инженерных проблем 	<p>Проектирование инженерных решений</p> <ul style="list-style-type: none"> • готовность к проектированию и разработке решений комплексных инженерных проблем
<p>Оценка инженерной деятельности</p> <ul style="list-style-type: none"> • готовность оценить значимость результатов комплексной инженерной деятельности 	<p>Социальная ответственность</p> <ul style="list-style-type: none"> • готовность проявить высшую степень ответственности за социальные, культурные и экологические последствия комплексной инженерной деятельности в контексте устойчивого 	<p>Соблюдение законодательства и правовых норм</p> <ul style="list-style-type: none"> • готовность соблюдать все юридические нормы и требования, в том числе в части охраны здоровья и безопасности при ведении инженерной деятельности 	<p>Этика инженерной деятельности</p> <ul style="list-style-type: none"> • готовность к ведению инженерной деятельности с соблюдением этических норм
<p>Организация и управление инженерной деятельностью</p> <ul style="list-style-type: none"> • готовность к частичному или полному управлению одним или несколькими видами комплексной инженерной деятельности 	<p>Коммуникация</p> <ul style="list-style-type: none"> • готовность к ясному и четкому общению с другими участниками комплексной инженерной деятельности 	<p>Обучение в течение всей жизни</p> <ul style="list-style-type: none"> • готовность к непрерывному повышению квалификации и профессиональному совершенствованию, достаточному для поддержания и развития компетенций 	<p>Принятие инженерных решений</p> <ul style="list-style-type: none"> • на альтернативной основе, руководствуясь здравым смыслом в сложных условиях при противоречивых требованиях и недостатке информации

Рис. 1. Универсальные и профессиональные компетенции, согласованные с требованиями Международного инженерного альянса (IEA), изложенными в «Graduate Attributes and Professional Competences»

Материалы и методы исследования

Анализ основных образовательных программ, учебной, учебно-методической и научной литературы, посвященных проблеме подготовки инженерных кадров [3–5] в России, показал, что значительная часть занятий в технических вузах проводится в традиционных формах: лекции, практические занятия, лабораторные работы.

Как отметил на сетевой конференции «Синергия» её инициатор, президент Ассоциации инженерного образования России Ю.П. Похолоков, применяемые в современных университетах образовательные технологии, содержание образовательных программ, инфраструктура едва ли обеспечат подготовку лидеров междисциплинарных проектов, специалистов, способных широко и свободно мыслить [6].

Опрос, проведенный авторами среди преподавателей г. Тобольска (187 чел.), по-

казал, что в практике обучения преимущественно ими используются репродуктивные методы преподавания. Однако в последнее время в обучении нередко используются активные и интерактивные методы, однако это носит несистемный характер (рис. 2).

С нашей точки зрения, одним из методов обучения в вузе, направленных на формирование инновационного инженера, является метод образовательных квестов [7–9]. Образовательный квест – метод реализации образовательных задач, отличающийся от стандартных методов элементами сюжета, ролевой игры. Образовательные квесты способствуют не только повышению интереса к изучению предмета и выявлению одаренных обучающихся [10, 11], но и формированию междисциплинарных навыков и компетенций (Hard Skills), компетенций будущего, в том числе эмоционального интеллекта и гибких навыков (Soft Skills).

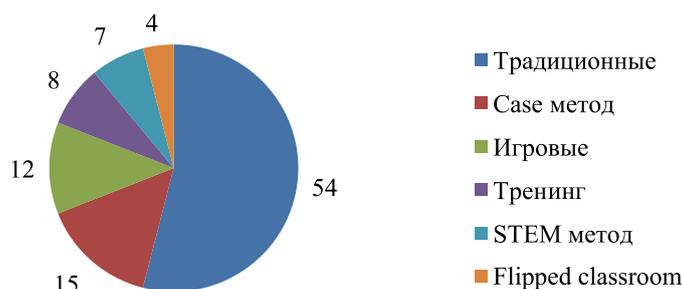


Рис. 2. Результаты опроса преподавателей г. Тобольска об использовании методов преподавания

В Тобольском индустриальном институте с 2018 г. функционирует лаборатория образовательных квестов «Игры разума», в которой проводятся предметные и междисциплинарные образовательные квесты естественнонаучной и технической направленности (химия, экология, физика, математика, информатика, автоматика, электротехника). Проект создания лаборатории был разработан авторами статьи и реализован с привлечением ведущих преподавателей вуза. Данный проект в 2020 г. был удостоен диплома победителя «Лиги Преподавателей Высшей Школы» в номинации «За лучший проект, направленный на развитие и повышение качества преподавания», о чем сделана соответствующая запись в Книге Почета преподавателей вузов Российской Федерации [12, с. 167]. Целью обучения в лаборатории является формирование у обучающихся компетенций Hard Skills и Soft Skills и повышение мотивации и эффективности обучения за счет использования инновационных игровых технологий. Более того, лаборатория активно используется в профориентационной работе со школьниками. К задачам лаборатории относятся:

- разработка и проведение междисциплинарных или узкоспециализированных командных квестов для школьников и студентов инженерного профиля подготовки;
- разработка альтернативных форм проведения образовательных квестов для лиц с ОВЗ;
- повышение интереса к естественнонаучным и техническим дисциплинам и популяризация науки среди населения города/района через организацию обучающихся квестов;
- знакомство с современными разделами науки, не включенными в школьную и вузовскую образовательную программу, но востребованными для формирования компетенций WorldSkills;
- организация и проведение Региональной междисциплинарной олимпиады в форме веб-квеста.

Созданная на базе филиала ТИУ в г. Тобольске лаборатория позволяет обеспечить совместное сотрудничество вуза и работодателей в области развития непрерывного инженерного образования. Актуальность выбранных направлений квестов обусловлена востребованностью компетентных специалистов для Тобольской промышленной площадки, которая объединяет на сегодняшний день три крупных производства: мономерное, полимерное и электротеплопарогенерации, и отсутствием подобных проектов в городе и регионе.

Участие в квестах позволяет обучающимся самостоятельно планировать и выполнять эксперименты, анализировать их результаты, объяснять наблюдаемые явления, обосновывать их теорией, структурировать собственные знания, получить навыки работы с химическим, физическим, электротехническим и т.д. оборудованием, реактивами, развить интерес к химии и другим естественным наукам.

Важной составляющей лаборатории является площадка для проведения квестов у детей с ограниченными возможностями здоровья, а также у часто болеющих детей, не имеющих возможность постоянно посещать школу.

Лаборатория образовательных квестов «Игры разума» предполагает работу интерактивных игровых площадок – плейграундов (PLAYGROUND), на которых проводятся междисциплинарные или предметные квесты, ориентированные на разные возрастные группы.

Лаборатория насчитывает пять плейграундов.

1. Плейграунды химической направленности: «NiceCHEM», «Optical Chem».

«NiceCHEM». Используются цифровые образовательные лаборатории Releon. Цифровая лаборатория снабжена программным обеспечением, которое можно установить на любое количество компьютеров или планшетов. Лаборатория позволяет проводить опыты за пределами заведения

в считанные секунды. Кроме того, преподавателями используются электронные учебники, обучающие тесты «с подсказками» для закрепления и систематизации знаний у участников квеста при завершении изучения темы, презентации-тренажеры нескольких видов: для формирования новых умений, для формирования умений правильно осуществлять в определенной последовательности несколько (уже известных обучающемуся) действий.

«OpticalChem». В ходе проекта участники квеста моделируют 3D-молекулы химических соединений (программа Chemcamp, 3D-принтер), определяют строение неизвестных молекул методом рефрактометрии, определяют концентрации растворов для фармакопей, количество примесей в сточных водах методом фотоколориметрии, наблюдают течение химических реакций оптически активных веществ методом поляриметрии.

2. Плейграунды по физике, электротехнике: «LOGO Ground», «Светлый город».

«LOGO Ground». В результате прохождения квеста у участников формируются умения управления программируемым реле. На основе программируемого реле участники квеста получают навыки автоматического управления светофором, внутренним освещением, звуковым оповещением, наружным освещением, резервным электропитанием, охранной сигнализацией и температурой воздуха в помещении.

«Светлый город». Участники квеста знакомятся с энергоэффективностью источников света (галогенной лампы, компактной люминесцентной лампы низкого давления и светодиодной лампы со светоотдачей лампы накаливания). Получают навыки работы со стартерной и электронной пускорегулирующей аппаратурой. Получают компетенции в области технических средств энергосбережения в системах электрического освещения.

3. Плейграунды по информатике и автоматике: «Аппаратно-программный телеметрический комплекс». Участники квеста знакомятся с многоуровневыми автоматизированными системами диспетчерского контроля и управления различными промышленными объектами. Получают практические навыки по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления; использованию современных методов и средств автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.

4. Плейграунды по экологии.

«Экологический дозор». Участники квеста получают представление об основах промышленной экологии, экологического мониторинга, природопользования, техники и технологии защиты окружающей среды, безопасности жизнедеятельности. Приобретают навыки самостоятельной работы проведения экологических экспертиз, обеспечения экологической безопасности в бытовых и производственных условиях. Учатся выполнять работы на реальных и искусственно подготовленных модельных средах.

«В поисках пресной воды». Участники квеста получают представление об основных методах очистки природных вод, методах контроля эффективности водоподготовки, типовых очистных устройств. Приобретают навыки работы с водоочистным, энергетическим и теплотехническим оборудованием, а также системами водоснабжения.

5. Плейграунд математической направленности «Пирамида знаний». Участники квеста приобретают навыки математического моделирования при выполнении заданий прикладной направленности (моделирование различных видов движения в физике, векторное моделирование геометрических задач, вероятностное и статистическое моделирование и т.д.). Задания позволяют формировать так называемые компетенции Soft skills, переориентировать обучение на формирование умений логического, абстрактного, креативного мышления, умение видеть математические закономерности в технических процессах и использовать их в процессе математического моделирования.

Подготовительный этап к реализации данного проекта включал мероприятия, представленные в табл. 1.

Команда проекта начала его реализацию с тестирования оборудования и программного обеспечения. Квесты проводились преподавателями института с привлечением сотрудников предприятий Тобольской промышленной площадки ООО «Западно-сибирский нефтехимический комбинат». Для жителей города и района были организованы экскурсии (в том числе виртуальные) с целью презентации возможностей лаборатории. Все желающие студенты и школьники приняли участие в Региональной междисциплинарной олимпиаде в форме веб-квеста.

Этап рефлексии проекта включал:

1. Подведение итогов всех реализованных на предыдущем этапе мероприятий.
2. Подготовка отчетной документации.
3. Планирование работы лаборатории на перспективу с учетом проведенного мониторинга результативности.

Таблица 1

Мероприятия подготовительного этапа реализации проекта

Мероприятие	ФИО ответственного	Должность, ученая степень, ученое звание
Формирование рабочей группы (команды) проекта, распределение обязанностей и зон ответственности и разработка плана работы лаборатории	Татьяненко С.А.	Заведующая кафедрой, канд. пед. наук, доцент.
	Чижикина Е.С.	Доцент, канд. пед. наук
Подготовка и оснащение помещений и лабораторий для проведения квестов (закупка, поставка оборудования, специализированной мебели и расходных материалов)	Новоселова Л.С. Чувочина И.В.	Заведующие лабораториями
Разработка тематики и заданий квестов, учебно-методического и психолого-педагогического сопровождения	Татьяненко С.А.	Заведующая кафедрой, канд. пед. наук, доцент
	Иванов Г.В.	Заведующий кафедрой, канд. техн. наук, доцент
	Чижикина Е.С.	Доцент, канд. пед. наук
	Тушакова З.Р.	Доцент, канд. пед. наук
	Герчес Н.И.	Доцент, канд. пед. наук
	Смирнова Ю.К.	Доцент, канд. биол. наук
	Новоселов В.И.	Доцент, канд. физ-мат. наук, доцент
Разработка и согласование плана проведения открытых мероприятий: конференций, выставок, мастер-классов, презентаций и т.д.	Чижикина Е.С.	Доцент, канд. пед. наук
Разработка критериев, показателей и уровней сформированности компетенций Hard Skills и Soft Skills.	Татьяненко С.А.	Заведующая кафедрой, канд. пед. наук, доцент
	Чижикина Е.С.	Доцент, канд. пед. наук

Рассмотрим пример междисциплинарного квеста «В поисках истины».

Цель – формирование у обучающихся компетенций Hard Skills (фундаментальные знания и умения, навыки владения современными информационными технологиями, навыки исследовательской, творческой деятельности, владение приемами логического, системного, критического мышления) и Soft Skills (коммуникативные навыки, навыки командной работы, управленческие навыки, навыки эффективного мышления, мобильность и умение непрерывно учиться, управление собой).

Целевая аудитория – обучающиеся третьего курса направлений подготовки «Химическая технология», «Электроэнергетика и электротехника» филиала ТИУ в г. Тобольске.

Место проведения – Тобольский индустриальный институт.

Продолжительность квеста – 90 мин.

Сюжет игры. В основе игры легенда о том, что в стране «Лабораториум» пропал

важный артефакт, который давал силу знания. Жители страны просят помощи. Необходимо собрать расколовшийся на части артефакт. Действие игры представляет собой путь участников от предыдущей локации к последующей, пока все части артефакта не будут собраны. Игра заканчивается после того, как команды прошли все этапы, собрали артефакт.

Для проведения квеста привлекаются волонтеры из числа преподавателей и студентов старших курсов. Волонтеры выполняют роли помощников и наблюдателей, функции которых заключаются в сопровождении по плейграундам команд и помощи участникам на локации (выдает задание, объясняет, как его выполнять, отдает осколок артефакта).

Каждая команда получает маршрутный лист, в котором проставляются отметки о выполнении задания на каждом плейграунде и количество потраченных фишек. С помощью фишек участники могут купить подсказку или правильный ответ. Кро-

ме того, команды получают карту, которая представляет собой поэтажный план здания института с указанием плейграундов.

Этапы игры – начало, прохождение маршрута, подведение итогов. На начальном этапе участники знакомятся с темой, целью и правилами игры, выбирают капитана, проходят инструктаж по технике безопасности. На этом этапе команды получают маршрутные листы, фишки, карту. Маршрут предполагает 5 этапов (плейграундов). Команды начинают движение с разных точек, согласно своему маршрутному листу. На последнем этапе участники получают последний осколок артефакта и собирают его. Подведение итогов проходит после прохождения маршрута и выполнения ключевого задания всеми командами.

Результаты исследования и их обсуждение

Авторами статьи разработаны критерии и показатели (табл. 2), а также уровни сформированности компетенций (рис. 3).

В эксперименте участвовали две группы обучающихся (контрольная и экспериментальная). В экспериментальную группу вошли студенты групп ХТОб-18, ЭСб-18, общей численностью 51 чел. В качестве контрольной группы выбраны обучающиеся четвертого курса тех же направлений подготовки, численностью 58 чел. (в обучении не применялся квест-метод).

Для определения начальных показателей уровней сформированности компетенций Hard Skills и Soft Skills было использовано тестирование «Оценка уровня базовой и психологической подготовки первокурсников к обучению в вузе», разработанное НИИ мониторинга качества образования [13], а также тест, составленный авторами (табл. 3), в основе которого лежат методы психологической диагностики личности (мотивации достижения А. Мехрабиана, тест креативности Э.П. Торренса, диагностическая методика А. Зака, тест на мышление М. Войнарковского, тест оценки ситуаций (ситуационный тест Situational Judgement Test)).

Таблица 2

Критерии и показатели оценки результатов сформированности компетенций Hard Skills и Soft Skills

Компонент	Критерии	Показатели
Hard Skills	Фундаментальные знания	1.1. Полнота 1.2. Прочность
	Фундаментальные умения, навыки	1.3. Осознанность 1.4. Умение применить знания в решении профессиональных задач
	Навыки работы с современными информационными технологиями	1.5. Прочность 1.6. Осознанность
	Навыки исследовательской, творческой деятельности	1.7. Содержание 1.8. Оформление и презентация 1.9. Наличие исследовательского потенциала
	Владение приемами логического, системного, критического мышления	1.10. Полнота 1.11. Прочность 1.12. Осознанность
Soft Skills	Коммуникативные навыки	2.1. Умение выслушать собеседника 2.2. Умение расположить к себе собеседника 2.3. Умение грамотно формулировать свою точку зрения
	Навыки командной работы, управленческие навыки	2.4. Способность принимать решения, отстаивать свою точку зрения 2.5. Лидерские способности 2.6. Толерантность
	Навыки эффективного мышления	2.7. Способность выбора эффективных средств для достижения цели 2.8. Способность быстрого принятия решения
	Мобильность и умение непрерывно учиться	2.9. Адаптивность 2.10. Способность к саморазвитию 2.11. Самостоятельность
	Управление собой	2.12. Саморегуляция 2.13. Самооценка 2.14. Стрессоустойчивость

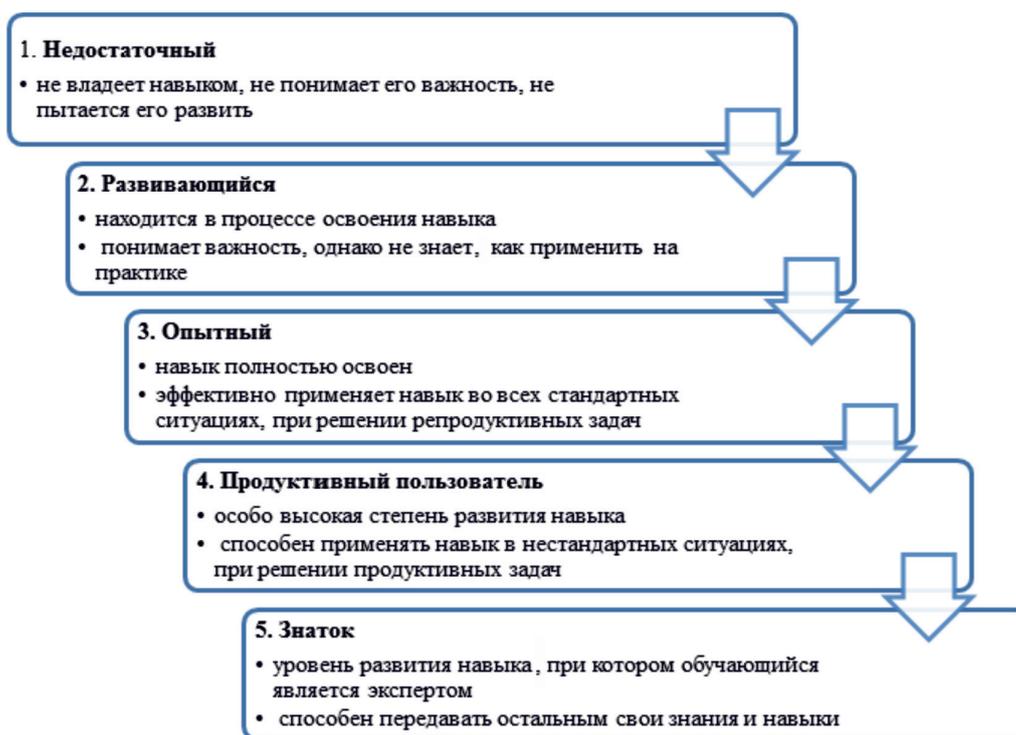


Рис. 3. Уровни сформированности компетенций Hard Skills и Soft Skills

Таблица 3

Методы диагностики начальных показателей уровней сформированности компетенций Hard Skills и Soft Skills

Критерии	Наименование метода диагностики
Фундаментальные знания Фундаментальные умения, навыки	Диагностика знаний по предметам школьного курса (НИИ мониторинга качества) Диагностика когнитивного компонента с помощью теста интеллекта Р. Атамхауэр (НИИ мониторинга качества)
Навыки работы с современными информационными технологиями	Авторский тест
Навыки исследовательской, творческой деятельности	Портфолио первокурсника
Владение приемами логического, системного, критического мышления	Диагностика когнитивного компонента с помощью теста интеллекта Р. Атамхауэр (НИИ мониторинга качества) Диагностика личностного компонента с использованием пятифакторного личностного опросника (НИИ мониторинга качества)
Коммуникативные навыки	Диагностика личностного компонента с использованием пятифакторного личностного опросника (НИИ мониторинга качества)
Навыки командной работы, управленческие навыки	Диагностика личностного компонента с использованием пятифакторного личностного опросника (НИИ мониторинга качества) Авторский тест
Навыки эффективного мышления	Авторский тест
Мобильность и умение непрерывно учиться	Диагностика личностного компонента с использованием пятифакторного личностного опросника (НИИ мониторинга качества)
Управление собой	Диагностика личностного компонента с использованием пятифакторного личностного опросника (НИИ мониторинга качества)

В табл. 4 представлены результаты входного тестирования обучающихся с использованием вышеперечисленных методик.

Из табл. 4 видно, что уровни сформированности компетенций у обучающихся контрольной и экспериментальной групп на начальном этапе проекта примерно одинаковые.

На заключительном этапе эксперимента авторами были проанализированы показатели сформированности компетенций Hard Skills и Soft Skills у обучающихся контрольной и экспериментальной групп на основе:

1) показателей успеваемости обучающихся на 1–3 курсах (включая работу над курсовыми проектами и результаты федерального интернет-экзамена (ФЭПО);

2) портфолио обучающихся (участие в научно-исследовательской, творческой, проектной деятельности и др.);

3) результатов теста, составленного авторами.

Результаты сформированности компетенций Hard Skills и Soft Skills у обучающихся филиала представлены на рис. 4, 5.

Таблица 4

Результаты входного тестирования обучающихся

Уровень сформированности	Экспериментальная группа		Контрольная группа	
	Hard Skills	Soft Skills	Hard Skills	Soft Skills
5 уровень «Знаток»	3,6%	0%	3,9%	1,3%
4 уровень «Продвинутый пользователь»	20,5%	21%	22,4%	24%
3 уровень «Опытный»	35%	36,1%	35,5%	36%
2 уровень «Развивающийся»	37%	30%	37%	31%
1 уровень «Недостаточный»	3,9%	12,9%	4,5%	12%

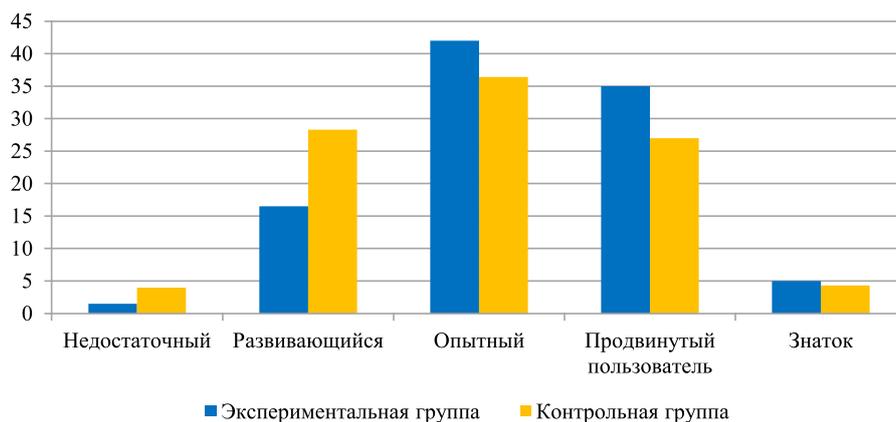


Рис. 4. Результаты сформированности компетенций Hard Skills у обучающихся

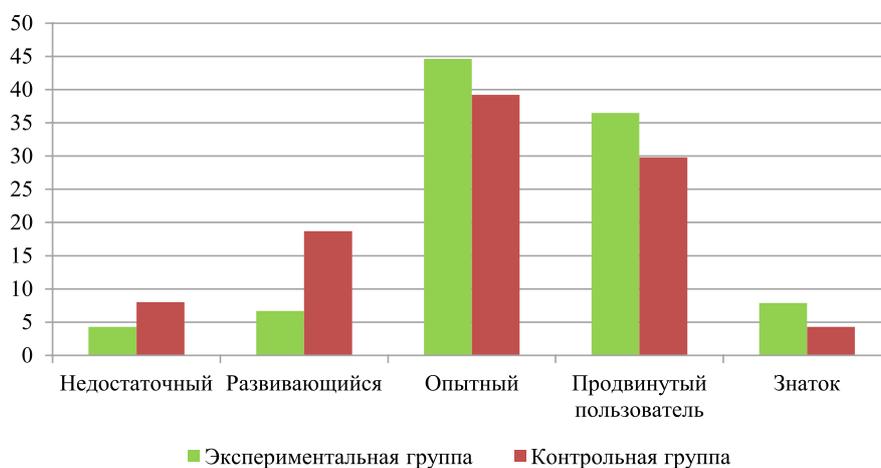


Рис. 5. Результаты сформированности компетенций Soft Skills у обучающихся

Заключение

На сегодняшний день технология образовательных квестов не получила широкого распространения в практике высшей школы. Однако наше исследование показало, что в формировании компетенций, соответствующих требованиям международных стандартов подготовки инженеров, квест-метод играет существенную роль. Результаты проведенного эксперимента подтвердили эффективность квест-технологии как способа формирования компетенций Hard Skills и Soft Skills.

Кроме того, создание лаборатории образовательных квестов «Игры разума» позволило повысить интерес обучающихся к изучению различных областей знаний; выявить талантливых и одаренных обучающихся с целью привлечения их в инженерный резерв; изучить некоторые современные разделы науки, выходящие за рамки образовательных программ общего, среднего и высшего образования, но востребованные для формирования компетенций WorldSkills.

Список литературы

1. АО «Росбизнесконсалтинг», РБК-Тренды. М., 1995. [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/education/5e90743f9a7947ca3bbb6523> (дата обращения: 24.09.2021).
2. Общероссийская общественная организация «Ассоциация инженерного образования России» (АИОР). М., 1992. [Электронный ресурс]. URL: http://aeer.ru/ru/sert_compet.htm (дата обращения: 24.09.2021).
3. Остроглазова Н.А., Старостина Н.В. Лекция-презентация как инструмент внедрения инноваций в вузе // Высшее образование в России. 2021. № 6. Т. 30. С. 97–107. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-6-97-107.
4. Иванов В.Г., Кайбияйнен А.А., Мифтахутдинова Л.Т. Инженерное образование в цифровом мире // Высшее образование в России. 2017. № 12 (218). С. 136–143.
5. Юшко С.В., Галиханов М.Ф., Кондратьев В.В. Интерактивная подготовка будущих инженеров к инновационной деятельности для постиндустриальной экономики // Высшее образование в России. 2019. № 1. Т. 28. С. 65–75. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-27-12-65-75.
6. Гнутова И.И. От «перевернутого класса» к «перевернутому обучению»: эволюция концепции и её философские основания // Высшее образование в России. 2020. № 3. Т. 29. С. 86–95. DOI: 10.31992/0869-3617-2020-29-3-86-95.
7. Галиханов М.Ф., Барабанова С.В., Кайбияйнен А.А. Основные тренды инженерного образования: пять лет международной сетевой конференции «Синергия» // Высшее образование в России. 2021. № 1. Т. 30. С. 101–114. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-1-101-114.
8. Кичерова М.Н., Ефимова Г.З. Образовательные квесты как креативная педагогическая технология для студентов нового поколения // Мир науки. 2016. № 5. Т. 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://mir-nauki.com/PDF/28PDMN516.pdf> (дата обращения: 24.09.2021).
9. Безродных Т.В. Интерактивные технологии в вузе – технологии формирования социально-педагогической компетенции студента // Проблемы современного педагогического образования. 2016. № 52. С. 58–65.
10. Квест как популярная форма работы с молодежью: рек. указ. [сост. Л.М. Тимкова; редкол.: Т.Ю. Якуба и др.]. Хабаровск: ДВГНБ, 2018. 43 с. [Электронный ресурс]. URL: https://fessl.ru/docs-downloads/12_17/kvest-kak-populyarnaya-forma-raboty-s-molodezhyu.pdf (дата обращения: 24.09.2021).
11. Латышевская Н.И., Давыденко Л.А., Беляева А.В. Квесты как инновационная педагогическая технология оценки качества подготовки студентов в гигиеническом образовании: этические аспекты и проблемы // Биоэтика. 2018. № 2. Т. 11. С. 52–54. [Электронный ресурс]. URL: https://journals.eco-vector.com/2070-1586/article/view/55203/ru_RU (дата обращения: 24.09.2021).
12. Золотые Имена Высшей Школы: Книга Почета преподавателей вузов Российской Федерации. М.: МОО «Лига Преподавателей Высшей Школы», 2020. 216 с.
13. Диагностическое интернет-тестирование студентов первого курса. Йошкар-Ола: Научно-исследовательский институт мониторинга качества образования, 2008. [Электронный ресурс]. URL: <https://diag.i-exam.ru/> (дата обращения: 24.09.2021).

УДК 373.1:372.8

ИЗУЧЕНИЕ ТЕМЫ «ТРЕХМЕРНАЯ ГРАФИКА» В КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

¹Фирер А.В., ¹Мелешко Е.А., ¹Сидоров В.В., ²Безрукых А.Д.

¹ФГАОУ ВО «Лесосибирский педагогический институт» – филиал Сибирского федерального университета, Лесосибирск, e-mail: fivr@yandex.ru;

²ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: disc315@mail.ru

В современном мире изучение 3D-моделирования является особенно актуальным, так как трехмерные модели применяются в различных отраслях – от медицины до разработки игр. Однако в школьном курсе информатики данная тема практически не раскрывается, несмотря на свою значимость. В статье предлагается решение актуальных проблем преподавания трехмерной графики в школьном курсе информатики и обосновывается эффективность использования цифровых образовательных ресурсов для повышения эффективности изучения материала. Представлен результат анализа школьных учебников по информатике и научной литературы в области преподавания трехмерной графики в школе и использования цифровых образовательных ресурсов в учебном процессе. Описаны методические особенности преподавания темы «Трехмерная графика». Предложен цифровой образовательный ресурс – веб-сайт для изучения темы «Трехмерная графика», включающий в себя интерактивные скринкасты, дополнительные материалы для изучения, обратную связь с педагогом. Описаны технология его разработки, используемые цифровые ресурсы, платформы и сервисы, которые были задействованы для расширения функционала сайта и повышения его эффективности. Данный веб-сайт можно применять как в рамках школьного обучения, так и для самообразования.

Ключевые слова: цифровые образовательные ресурсы, трехмерная графика, средство обучения, 3D-моделирование, цифровизация образования

STUDY OF THE TOPIC «THREE-DIMENSIONAL GRAPHICS» IN THE COURSE OF COMPUTER SCIENCE THROUGH THE USE OF DIGITAL EDUCATIONAL RESOURCES

¹Firer A.V., ¹Meleshko E.A., ¹Sidorov V.V., ²Bezrukikh A.D.

¹Lesosibirsk Pedagogical Institute – branch of Siberian Federal University, Lesosibirsk, e-mail: fivr@yandex.ru;

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: disc315@mail.ru

In the modern world, the study of 3D modeling is especially relevant, since three-dimensional models are used in various industries—from medicine to game development. However, this topic is practically not disclosed in the school computer science course, despite its importance. The article offers a solution to the actual problems of teaching three-dimensional graphics in a school computer science course and substantiates the effectiveness of using digital educational resources to improve the efficiency of studying the material. The article presents the result of the analysis of school textbooks on computer science and scientific literature in the field of teaching three-dimensional graphics at school and the use of digital educational resources in the educational process. The methodological features of teaching the topic «Three-dimensional graphics» are described. A digital educational resource is proposed – a website for studying the topic «Three-dimensional graphics», which includes interactive screencasts, additional materials for studying, feedback from the teacher. The technology of its development, the digital resources used, platforms and services that were used to expand the functionality of the site and increase its efficiency are described. This website can be used both as part of school education and for self-education.

Keywords: digital educational resources, three-dimensional graphics, learning tool, 3D modeling, digitalization of education

Изучение темы «Трехмерная графика» в школьном курсе информатики не является приоритетным, это подтверждается анализом учебников по информатике за 10–11 классы Н.Д. Угриновича [1], Л.Л. Босовой [2], К.Ю. Полякова и Е.А. Еремина [3], И.А. Калинина и Н.Н. Самылкиной [4]. На основе проведенного анализа учебников по информатике в основной и средней школе было выявлено, что тема «Трехмерная графика» встречается в учебнике углубленного уровня для 11 класса авторов К.Ю. Полякова и Е.А. Еремина [3], а также

тема «Основы трехмерного моделирования» в задачнике-практикуме углубленного уровня для 10–11 классов авторов И.А. Калинина, Н.Н. Самылкиной и П.В. Бочарова [4]. В учебниках других авторов можно встретить только двумерное моделирование. Следовательно, можно сделать вывод, что данной теме, на наш взгляд, уделяется недостаточно внимания в российских школах, несмотря на то, что она является достаточно актуальной – трехмерное моделирование используется во многих отраслях деятельности человека, таких как медици-

на, инженерия, архитектура, игровая индустрия и др. Так, школа могла бы формировать фундамент знаний по данной теме, что способствовало бы и профессиональному самоопределению учеников.

Также стоит говорить о том, что стандартный подход к изучению темы «Трехмерная графика» только посредством изучения учебника не является эффективным, так как этого недостаточно для приобретения практических навыков, что является основной задачей изучения трехмерной графики.

Говоря об эффективном обучении трехмерной графике и моделированию необходимо обращаться к современным образовательным технологиям и ресурсам, в том числе к цифровым образовательным ресурсам (ЦОР), так как они позволяют в удобной, интерактивной форме осваивать образовательный контент, а также являются привычными для поколения детей, выросших в условиях цифровизации во всех сферах жизни.

Исследованиями в области цифровых образовательных ресурсов занимаются многие исследователи, в том числе Ж.В. Идрисова [5], А.В. Поначугин [6]. Однако тема в области изучения трехмерной графики в школьном курсе информатики посредством ЦОР недостаточно изучена, что обуславливает актуальность и новизну исследования.

Цель исследования – продемонстрировать возможности использования цифровых образовательных ресурсов для изучения темы «Трехмерная графика» в курсе информатики в школе.

Материалы и методы исследования

В качестве материала исследования были использованы учебники по информатике основной и средней школы, исследования по цифровым образовательным ресурсам, а также такие онлайн-платформы и сервисы для разработки ЦОР, как Google-сайты, YouTube, LearningApps.org, Яндекс.формы.

Рассматривая проблематику изучения темы «Трехмерная графика», применяли теоретические методы исследования (анализ научной литературы, абстрагирование, обобщение).

Результаты исследования и их обсуждение

Проблематикой преподавания темы «Трехмерная графика» занимаются такие исследователи, как А.И. Резцова [7], Т.С. Долгин [8] и др. Анализ научной и методической литературы по проблеме преподавания

темы позволил сделать следующие выводы:

- трехмерная графика на сегодняшний день является одним из самых популярных направлений деятельности человека, так как применение 3D-моделирования широко применяется в различных отраслях деятельности человека;

- благодаря трехмерной графике появляется возможность представлять информацию реального мира в визуальной форме;

- существует проблема недостаточного раскрытия данной темы в школьном курсе информатики;

- не во всех школах ведется обучение трехмерной графике, даже на углубленном уровне изучения информатики;

- наблюдается недостаточная разработанность методик обучения компьютерной графике.

На основе анализа учебников по информатике 10–11 классов базового и углубленного уровней и научно-методической литературы можно выделить следующие методические особенности преподавания темы «Трехмерная графика».

1. В основном данная тема предлагается для изучения на уровне среднего общего образования.

2. Наиболее полно данная тема представлена в учебнике по информатике углубленного уровня К.Ю. Полякова [3], во вторую часть которого входят следующие разделы:

- работа с объектами;
- сеточные модели;
- модификаторы;
- кривые;
- материалы и текстуры;
- рендеринг.

В качестве основной программы для 3D моделирования К.Ю. Поляков предлагает «Blender». В своем исследовании мы также рекомендуем это программное обеспечение, так как «Blender» – бесплатное программное обеспечение для трехмерного моделирования и графики, с открытым кодом, обладающее поддержкой со стороны крупных фирм, а также регулярно обновляемое и имеющее удобный и понятный для работы интерфейс.

3. В ходе изучения темы необходимо вначале ознакомиться с интерфейсом программного обеспечения, в котором предполагается работа учащихся.

4. На занятиях стоит уделять внимание использованию горячих клавиш для ускорения и упрощения работы в программе.

5. Для изучения темы требуется большое количество часов, поэтому по возможности использование дополнительных часов на данную тему приветствуется.

6. Изучение трехмерной графики предполагает в большей степени практико-ориентированное обучение, так как принцип работы и создание собственных проектов довольно затруднительно объяснять без постоянного закрепления или изучать посредством книг, не имея при этом достаточной наглядности выполняемых действий. На усвоении материала положительно сказывается использование практических работ с пошаговым выполнением заданий. При этом, как показывает опыт исследователей, описательные инструкции ввиду своей громоздкости не столь эффективны, как современные цифровые образовательные ресурсы. Под цифровым образовательным ресурсом (ЦОР) будем понимать учебное средство, реализующее возможности цифровых образовательных технологий, обеспечивающее экранное представление учебной информации; интерактивное взаимодействие как между субъектами образовательного процесса, так и между ними и образовательным ресурсом; автоматизацию контроля результатов обучения и продвижения в учении; автоматизацию процессов информационно-методического обеспечения учебно-воспитательного процесса и организационного управления учебным заведением [9].

Широкое использование цифровых образовательных ресурсов в современном обучении информатике можно обусловить их доступностью, наглядностью, возможностью сделать изучение материала интерактивным. Грамотная интеграция ЦОР в образовательный процесс способствует его совершенствованию и повышению эффективности. При технически и методически обусловленном комбинировании сервисов, цифровых ресурсов и инструментов,

даже на первый взгляд не предназначенных для образовательных целей, можно добиться создания качественного ЦОР. Продемонстрируем возможности цифровых образовательных ресурсов при изучении темы «Трехмерная графика» на примере разработанного авторами образовательного сайта.

Описываемый сайт включает в себя комплекс различных цифровых образовательных ресурсов: интерактивные скринкасты, дополнительную информацию для изучения, возможность отправлять выполненные задания на проверку. Особенно актуально применение такого рода ЦОР в условиях пандемии и дистанционного обучения.

Веб-сайт позволяет связать воедино все используемые цифровые ресурсы, в результате чего у учащихся появляется возможность изучать тему в индивидуальном комфортном темпе и в удобное время. Сайт реализован в дизайне, соответствующем тематике занятий и возрастным особенностям учащихся (рис. 1).

Методика применения сайта для изучения темы «Трехмерная графика» состоит в следующем:

- учащиеся на сайте будут поэтапно проходить обучающие видеоролики (скринкасты), интерактивные и с качественно отобранным материалом;
- у учащихся будет возможность не только повторять действия педагога в программном обеспечении «Blender», но и самостоятельно решать поставленные задачи;
- при решении заданий учащимся будет необходимо для перехода к следующему этапу темы выслать документ с проделанной работой, впоследствии получая от педагога обратную связь с проверкой задания. После этого ученик может перейти к следующему видеоролику;



Рис. 1. Дизайн цифрового образовательного ресурса

– на каждом этапе присутствует дополнительный материал, который может помочь учащимся в усвоении темы.

Цифровой образовательный ресурс по теме «Трёхмерная графика» разработан на сервисе «Google.sites.com». Он является бесплатным, удобным с точки зрения разработки ЦОР, а также обладает русскоязычным интерфейсом и широким набором функционала. Например, есть возможность интегрировать другие сервисы, платформы, цифровые ресурсы и т.д. В частности, в описываемый сайт были интегрированы ЦОР, созданные авторами с помощью сервиса «LearningApps.org» – некоммерческого сервиса, позволяющего разрабатывать авторские интерактивные упражнения. Ресурс имеет в своем распоряжении множество шаблонов для создания заданий. В рамках исследования были созданы интерактивные скринкасты на основе шаблона «Аудио/видео контент».

Интерактивный скринкаст – это «скринкаст, в ходе которого обучающимся предлагается выполнить интерактивные задания для контроля усвоения материала с моментальной обратной связью» [10]. Он представляет собой обучающий видеоролик, в котором отобранная необходимая информация преподносится системно и порционно, а также дается возможность отдельно каждому ученику вернуться к моменту видеоролика, где он по каким-либо причинам не понял или не успел усвоить материал. Интерактивность проявляется в возможности учащегося по ходу просмотра ролика выполнить ряд заданий с моментальной обратной связью. Таким образом, интерактивные скринкасты позволяют решить проблему усвоения материала учащимися, а у учителя появляется больше времени для осуществления консультативной помощи.

Сайт включает в себя семь интерактивных скринкастов, раскрывающих поэтапно тему «Трёхмерная графика»:

- Введение: Знакомство с интерфейсом «Blender».

- Урок 1: Работа с объектами.

- Урок 2: Сеточные модели.

- Урок 3: Модификаторы.

- Урок 4: Кривые.

- Урок 5: Материалы и текстуры.

- Урок 6: Рендеринг.

Для реализации интерактивности в скринкастах необходимо воспользоваться платформой «YouTube», так как сервис «LearningApps.org» требует работы именно с этой платформой, поскольку в шаблоне «Аудио/видео контент» есть возможность прикрепить только YouTube-видео. После загрузки скринкастов на «YouTube» и встраивания ссылки на видео в шаблон, были добавлены вопросы на закрепление полученных знаний, которые будут появляться на определенном этапе видео.

Каждый этап работы ученика сопровождается описательной инструкцией того, что учащемуся необходимо сделать для перехода на следующий этап темы. Также были разработаны дополнительные материалы (например, материал в виде карточек с горячими клавишами, текстуры, референсы и т.д.).

Для перехода и осуществления обратной связи был выбран сервис «Яндекс.формы» – с его помощью можно создавать анкеты, опросники, тесты и др. Ресурс обладает множеством дополнительных опций, включающих в себя отправку документов на определенный почтовый адрес. В нашем случае для реализации обратной связи именно этот функционал является определяющим (рис. 2).

The image shows a screenshot of a Yandex Forms interface. On the left, there is a dark sidebar with a menu containing items like «Трёхмерная графика», «Главная страница», «Получить пропуск/подпись темы», «Запросить скринкаст/интерактив «Blender»», «Уроки с объектами», «Сеточные модели», «Модификаторы», «Кривые», «Сфера», «Материалы и текстуры», and «Рендеринг». The main content area features a video player showing a 3D scene with a lamp and a sphere. Below the video, there is a task description: «Задание: После просмотра обучающего ролика отправьте документ с заданием из видео. Отправку осуществить в приведенной ниже форме.» Underneath is a section for «Дополнительные материалы» with a dropdown arrow. At the bottom, there is a form with the following fields: «Имя» (Name), «Имя и фамилия» (Name and surname), «Прикрепить файл» (Attach file) with a file selection button and a note «Один файл размером до 30 МБ», «Класс» (Class), and «Введите ссылку» (Enter link). There is also a checkbox for «Создать уведомление в почтовый ящик» (Create notification in mailbox) and a «Отправить» (Send) button.

Рис. 2. Яндекс форма для обратной связи

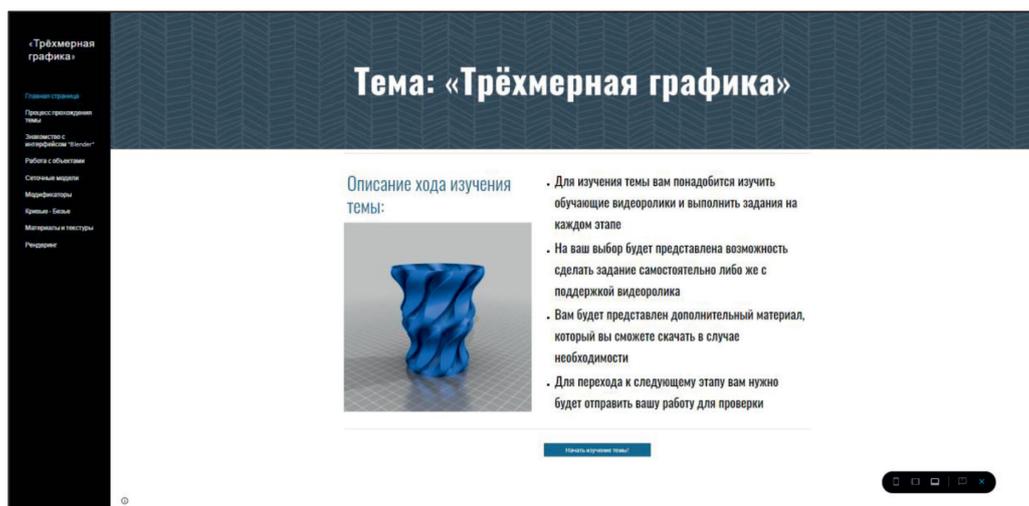


Рис. 3. Главная страница сайта

Отметим, что для удобства педагога на каждый этап была разработана отдельная форма, так как это позволяет видеть, на каком именно этапе находится определенный учащийся, а также отслеживать динамику всего процесса обучения.

Все описанные элементы оформлены в едином стиле и логически выстроены. Учащемуся, находящемуся на главной странице сайта (рис. 3), понятна структура и ход изучения темы.

Заключение

Таким образом, в ходе исследования были выделены методические особенности изучения темы «Трёхмерная графика» в школьном курсе информатики. По мнению авторов, при изучении данной темы необходимо применение современных ЦОР, способствующих вовлечению учащихся в активную познавательную деятельность и позволяющих изучать материал в комфортном для них темпе и в удобное время. В рамках исследования разработан ЦОР – образовательный сайт «Трёхмерная графика», а также описана технология его создания и использования. Данное исследование может быть полезно как практикующим учителям информатики и педагогам дополнительного образования, так и молодым исследователям, интересующимся проблемами преподавания трехмерной графики в школе.

Список литературы

1. Угринович Н.Д. Информатика. 11 класс. Базовый уровень. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. 272 с.
2. Босова Л.Л., Босова А.Ю. Информатика. 11 класс. Базовый уровень. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. 256 с.
3. Поляков К.Ю., Еремин Е.А. Информатика. Углубленный уровень: учебник для 11 класса: в 2 ч. Ч. 2. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 304 с.
4. Калинин И.А., Самылкина Н.Н., Бочаров П.В. Информатика. Углубленный уровень: задачник-практикум для 10–11 классов. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 248 с.
5. Идрисова Ж.В., Идигова Л.С., Вагапова М.В., Кудусова М.И. Использование цифровых ресурсов и сервисов в системе веб-образования // Инженерный вестник Дона. 2019. № 1 (52). С. 83.
6. Поначугин А.В., Лапыгин Ю.Н. Цифровые образовательные ресурсы вуза: проектирование, анализ и экспертиза // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 2 (27). С. 5.
7. Резцова А.И. Обучение трехмерной компьютерной графике в средней школе // Инновации. Наука. Образование. 2019. № 10 (11). С. 6.
8. Долгин Т.С. Информационно-образовательная поддержка изучения темы: компьютерное 3D моделирование в классах информационно-технологического профиля // Наука, техника и образование. 2016. № 11 (29). С. 108–109.
9. Роберт И.В. Развитие понятийного аппарата педагогики: цифровые информационные технологии // Педагогическая информатика. 2019. № 1. С. 108–121.
10. Фирер А.В., Мелешко Е.А., Сидоров В.В., Терехин Н.С. Технология создания интерактивного скринкаста как средства обучения математическим дисциплинам // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 12 (135). С. 170–173.

УДК 372.851

РЕФЛЕКСИВНЫЙ ПОДХОД В КОНТЕКСТЕ РАЗВИВАЮЩЕГО ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ В 5-М КЛАССЕ

Эверстова В.Н., Сидорова В.В.

ФГАОУ ВО Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
Якутск, e-mail: v.ewers2014@mail.ru

Данная статья посвящена вопросам организации рефлексии пятиклассников на уроках математики посредством постановки микроцелей и их достижения. Целью статьи является разработка фрагментов урока математики с использованием приемов рефлексии в контексте развивающего обучения для повышения уровня обученности учеников 5-го класса. В результате представлен фрагмент урока математики, где проводится самостоятельная работа по теме «Умножение десятичных дробей», после которой обучающиеся проводят под руководством учителя рефлексии, ставят микроцели для устранения допущенных ошибок. Затем они выполняют аналогичные задания с целью проверки полученных в ходе рефлексии знаний. Спроектированные фрагменты урока математики в 5-м классе детализируют деятельность как учителя, так и обучающихся. Для подтверждения гипотезы и выполнения поставленных задач была проведена экспериментальная работа на базе Момской средней общеобразовательной школы Момского улуса Республики Саха (Якутия), в которой приняли участие учащиеся 5 «б» класса в количестве 18 обучающихся. В статье изложены основные результаты эксперимента, на основании которых сделан вывод, что разработанные рефлексии, микроцели и фрагменты уроков обеспечивают повышение уровня обученности учеников 5-го класса.

Ключевые слова: математика, развивающее обучение, рефлексия, рефлексивный подход, микроцели, урок, планирование, анализ, оценка, коррекция, обученность

A REFLEXIVE APPROACH IN TEACHING MATH IN 5TH GRADE

Everstova V.N., Sidorova V.V.

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: v.ewers2014@mail.ru

The article is devoted to the organisation of 5th grade students' reflexion on the math lesson making Micro goals. The aim of this article is presentation of math lesson fragments with using reflection techniques to improve the level of training. As a result, we present the math lesson fragments where we make a test for students to the theme «Multiplication and division of decimal fractions». After that students make a reflexion under the teacher's supervision. Students also make micro goals to eliminate mistakes. Then, students do the same exercises to train knowledge they get after reflexion. These fragments detail both teachers and students' activity. The experiment was based on Moma secondary school and 18 students of 5th B class took part in it. The results of experiment is presented in this article. We can make a suggestion: making reflection, fragments and micro goals during the math lesson can improve students' knowledge.

Keywords: math, developmental training, planning, reflexive approach, reflexion, micro goals, lesson, analysis, mark

Современному информационному обществу требуется свободная, творческая личность, которая может, получив необходимую информацию, самостоятельно ее проанализировать, сделать выводы и перенести в новые условия, в новое предметное содержание. Для достижения этого необходимо разрабатывать новые педагогические технологии, новые методические подходы на основе развивающего обучения. Одним из таких подходов, с помощью которого обучающиеся смогут самостоятельно находить решения возникших проблем, способен стать рефлексивный подход к обучению.

Для нашего исследования интерес представляют работы по теории развивающего обучения психологов Л.С. Выготского, П.Я. Гальперина, И.С. Якиманской, а также педагогов Ю.К. Бабанского, И.Я. Лернера, Е.Л. Мельниковой, Л.Г. Петерсон и др.

Как отмечает Е.Л. Мельникова, современное образование медленно и трудно

переходит от старой (авторитарной и репродуктивной) к новой парадигме (гуманистической и личностно ориентированной), при этом возникает необходимость пропагандировать развивающее обучение [1].

Теоретические основы развивающего обучения математике рассмотрены в исследованиях Х.Ж. Ганеева, А.Ж. Жафярова, Н.Б. Истоминой, З.И. Слепкань и др.

В работах педагогов Л.С. Бурдякова, В.А. Далингера, С.С. Кашлева, И.Г. Липатниковой, С.А. Синельникова, В.Н. Эверстовой и иных изучены роль и место рефлексии в учебно-познавательном процессе.

Вопросы развивающего обучения изучаются давно, однако тема остается актуальной до сих пор в связи с тем, что стремительно меняются условия, требования, материальные возможности в образовании. Поэтому возникает задача поиска новых современных педагогических методов и средств развивающего обучения. В качестве одного из них рассмотрим реф-

лексивный подход к обучению как один из определяющих факторов повышения качества образования.

Цель исследования – теоретически обосновать и экспериментально проверить педагогические условия повышения уровня обученности обучающихся 5-го класса на уроках математики посредством использования приемов рефлексии и обучения самостоятельному выбору микроцелей.

Выдвинута гипотеза, что уровень обученности обучающихся 5-го класса на уроках математики повысится, если будут созданы следующие условия:

- на уроках будут применяться различные приемы рефлексии;
- на основе выполненных приемов рефлексии обучающиеся будут самостоятельно выбирать микроцели и достигать их.

Материалы и методы исследования

Экспериментальное исследование проведено на базе МБОУ «Момская средняя общеобразовательная школа» Момского района, в 5 «б» классе, с охватом 18 обучающихся, из них 10 девочек и 8 мальчиков. Были применены теоретические (анализ психолого-педагогической литературы) и эмпирические (педагогический эксперимент, методы количественной и качественной обработки данных) методы исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Как утверждает И.С. Якиманская, «... развивающее обучение – это обучение, ориентированное на закономерности развития личности, в котором развивающий эффект является прямым результатом. Оно рассматривает ученика как личность и создает максимум благоприятных условий для ее развития. Основные идеи развивающего обучения: развивать самостоятельное мышление ребенка, способность к его самообразованию и саморазвитию» [2, с. 144].

С.С. Кашлев определяет понятие «рефлексия» следующим образом: «Рефлексия – это процесс и результат фиксирования субъектами (участниками педагогического процесса) состояния своего развития, саморазвития и причин этого» [3, с. 105].

На смену традиционным методам обучения многими учеными предлагается рефлексивный подход, с помощью которого учебный процесс приобретает деятельностное содержание, т.е. обучающиеся, открывая новые знания, овладевают новыми методами и навыками учебной деятельности.

В научных трудах И.Г. Липатниковой рассмотрен рефлексивный подход к изучению математики в школе, «... который пред-

ставляет собой системообразующий фактор и универсальный механизм управления учебным процессом на основе совместно-распределенной деятельности; исследование, осмысление и переосмысление информации учащимися, преобразования ее путем самостоятельного выбора учеником микроцелей с учетом индивидуальных возможностей, способностей, потребностей и определение траектории развития личностных качеств» [4, с. 10].

И.Г. Липатникова подчеркивает, что для раскрытия микроцели ученик осознает: «I уровень – недостаточность имеющихся знаний и потребность в получении нового знания; II уровень – недостаточность имеющихся знаний и потребность в получении нового знания, хочет узнать причину своего индивидуального затруднения в деятельности; III уровень – недостаточность имеющихся знаний и потребность в получении нового знания, хочет и может найти новый способ действия с целью выявления причины затруднения» [5, с. 20–21].

Как отмечает Л.С. Бурдякова, задача рефлексивного подхода заключается в том, чтобы научить обучающегося контролировать свои эмоции, рационально подходить к оценке своих сильных и слабых сторон, верить в свои возможности и силы [6].

Согласимся с С.А. Синельниковым, который считает, что приобретенные «... рефлексивные умения выполняют интегративную функцию, так как являются результатом деятельности, основой формирования субъектной позиции, инструментом субъектной реализации личности; обеспечивают совершенствование и успешность любой деятельности, т.е. выполняют преобразующую функцию» [7, с. 11].

Обучаясь рефлексии, ученики параллельно учатся: самостоятельному планированию, анализу, оцениванию и коррекции собственной деятельности; постановке новых учебных микроцелей и отысканию путей их достижения. Это, в свою очередь, приводит к повышению уровня владения учебным материалом. Рефлексия может осуществляться не только в конце урока, но и на любом его этапе [8].

Для нашего исследования, в частности в структурировании урока, особый интерес вызывают предложенные Л.Г. Петерсон схемы рефлексивной самоорганизации на уроках математики [9].

Приведем пример фрагмента урока математики в 5-м классе по теме «Умножение десятичных дробей», этап – самостоятельная работа с самопроверкой по эталону.

Урок спланирован и проведен по технологии, предложенной Л.Г. Петерсон, кото-

рая считает, что «...при проведении обучающих самостоятельных работ оценивается только успех, ошибки выявляются и корректируются на основе определения их причин (т.е. правил, алгоритмов, определений, которые усвоены недостаточно). На уроках рефлексии используется самоконтроль, отметки в журнал выставляются по желанию» [9, с. 56].

Вначале обучающимся предлагается проверочная самостоятельная работа, которую они должны выполнить за 7 минут. Задание: выполните умножение десятичных дробей.

а) $8,9 \cdot 0,6$; б) $4,55 \cdot 2,2$; в) $12,344 \cdot 0,006$; г) $8,14 \cdot 10$; д) $46,7 \cdot 0,01$.

Как отмечает в своих трудах В.А. Далингер: «Умение ставить вопросы как своим собеседникам, так и самому себе – это проявление рефлексии» [10]. Правильно поставленный вопрос, правильно сформулированная микроцель способствуют развитию умственных способностей обучающихся, помогают обосновывать выводы, самостоятельно находить ошибки и исправлять их.

Учитель должен при составлении заданий самостоятельной работы спрогнозировать ошибки, которые могут допустить обучающиеся при выполнении предложенной самостоятельной работы (табл. 1).

После выполнения самостоятельной работы проводится этап проверки по эталону, затем учитель задает следующие вопросы:

1) Кто правильно выполнил 5 (4, 3, 2, 1) заданий? Обучающиеся поднимают руки, учитель фиксирует результаты.

2) Что не получилось и почему в примере а (б, в, г, д)? Обучающиеся классифицируют ошибки (вычислительная или неправильно поставленная запятая).

3) Почему у вас возникло затруднение? Обучающиеся вспоминают соответствующее правило.

Далее с помощью учителя обучающиеся ставят микроцели по всем заданиям.

1. Микроцель ученика: научиться отделять запятой столько цифр справа, сколько их отделено запятой в обоих множителях.

2. Микроцель ученика: в конце десятичной дроби после запятой нужно вычеркнуть ноль.

3. Микроцель ученика: научиться правильно ставить запятую; если в произведении получается меньше цифр, чем надо отделить запятой, то впереди пишут ноль или несколько нулей.

4. Микроцель ученика: научиться правильно ставить запятую: при умножении десятичной дроби на 10 (100, 1000...) нужно переносить запятую влево на один (два, три, ...) знак(а).

5. Микроцель ученика: научиться правильно ставить запятую: при умножении десятичной дроби на 0,1 (0,01, 0,001...) нужно переносить запятую вправо на один (два, три, ...) знак(а).

Следующим этапом урока является этап достижения поставленных микроцелей. На этом этапе обучающиеся выполняют упражнения из учебника, каждый раз возвращаясь к поставленным ранее микроцелям.

Обучающимся, которые не допустили ошибок, учителем предлагаются дополнительные задания повышенной сложности.

После этого была проведена аналогичная самостоятельная работа, цель которой заключается в проверке усвоения темы после проведенной работы по постановке и достижению микроцелей. Результаты этой самостоятельной работы, проверенной учителем, приведены ниже (рисунок).

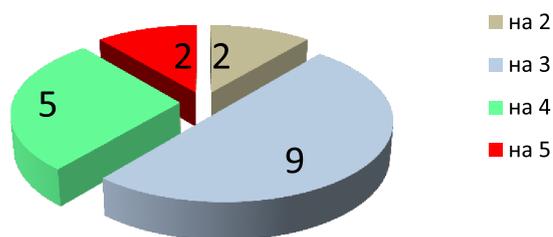
Как видим из диаграмм, после определения микроцелей и организованной работы по их достижению количество обучающихся, выполнивших самостоятельную работу, возросло с 88,9% до 94,4%, а качество выполнения – с 38,9% до 61,1%.

Таблица 1

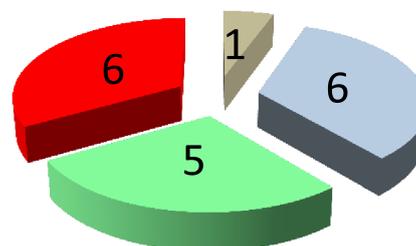
Ответы и классификация возможных ошибок

	задание	ответ	Классификация возможных ошибок
а)	$8,9 \cdot 0,6$	5,34	Вычислительная ошибка. Неправильно поставили запятую
б)	$4,55 \cdot 2,2$	10,01	Вычислительная ошибка. Неправильно поставили запятую. Оставили ноль справа после запятой
в)	$12,344 \cdot 0,006$	0,074064	Вычислительная ошибка. Не смогли отделить цифры запятой, если цифр в произведении не хватает
г)	$8,14 \cdot 10$	81,4	Умножали в столбик Неправильно поставили запятую при умножении на 10
д)	$46,7 \cdot 0,01$	0,467	Умножали в столбик. Неправильно поставили запятую при умножении на 0,01

Результаты самостоятельной работы до работы по достижению микроцелей



Результаты самостоятельной работы после работы по достижению микроцелей



Соотнесение результатов самостоятельных работ в 5 «б» классе до и после работы над микроцелями

Таблица 2

Рефлексия «Знаю, умею»

Я знаю, что:	Выбери смайлик		
1 – нужно отделять запятой столько цифр справа, сколько их отделено запятой в обоих множителях	☺	☹	☹
2 – в конце десятичной дроби после запятой необходимо вычеркнуть нуль	☺	☹	☹
3 – если в произведении не хватает цифр, то надо сначала приписать впереди столько нулей, сколько не хватает цифр, а потом в целой части поставить нуль	☺	☹	☹
Я умею:	Выбери смайлик		
4 – умножать десятичную дробь на 0,1(0,01; 0,001...), при этом переносу запятую влево на один (два, три, ...) знак(а)	☺	☹	☹
5 – умножать десятичную дробь на 10 (100, 1000...), при этом переносу запятую вправо на один (два, три, ...) знак(а)	☺	☹	☹

В конце урока организована рефлексия «Знаю, умею» (табл. 2): каждому ученику предлагалось заполнить карточку с таблицей, при этом выдавалась следующая инструкция: «Отметьте галочкой смайлик, который определяет, насколько данное правило вами усвоено: ☺ – хорошо понял, ☹ – не все понял, ☹ – не понял. Время работы 2 минуты».

Анализ рефлексии «Знаю, умею» по теме «Умножение десятичных дробей» (табл. 3) показал, что обучающиеся 5-го класса еще не все могут корректно оценивать свои знания и умения, тем не менее проводить данную работу необходимо с целью обучения правильной самооценке.

Таблица 3

Результаты самооценки обучающимися 5 класса по методике «Знаю, умею»

	☺	☹	☹
1	15	3	0
2	14	3	1
3	14	3	1
4	13	5	0
5	13	5	0

Результаты рефлексии показывают, что 13 респондентов считают, что очень хорошо поняли решение всех пяти заданий, в то время как по итогам самостоятельной работы (диаграмма 1) на «5» написали только 6 человек, а на «4» – 5. Знак затруднения отметили два разных ученика (один на втором примере, другой – на третьем), значит, они считают, что правильно решают четыре примера из пяти, однако с самостоятельной работой не справился 1 ученик, и 6 респондентов получили «3». Таким образом, установлено, что для обучающихся 5-го класса при недостаточной сформированности самооценки необходимо постоянно создавать условия для оценивания ими результатов собственной учебной деятельности через рефлексию, что будет способствовать гармоничному развитию личностных качеств младших школьников.

Проведенная после изучения темы «Умножение и деление десятичных дробей» контрольная работа также показала, что использование рефлексии положительно повлияло на качество обученности: на «5» написали 5 обучающихся, на «4» – 7, на «3» – 5 и на «2» – 1.

Заключение

Таким образом, подтвердилась выдвигнутая гипотеза, что уровень обученности обучающихся 5-го класса на уроках математики повысится, если будут созданы следующие условия:

– на уроках будут применяться различные приемы рефлексии;

– на основе выполненных приемов рефлексии обучающиеся будут самостоятельно выбирать микроцели и достигать их.

Список литературы

1. Мельникова Е.Л. Проблемно-диалогическое обучение: понятие, технология, методика: монография. М.: Баласс, 2015. 272 с.
2. Якиманская И.С. Развивающее обучение. М.: Педагогика, 1979. 144 с.
3. Кашлев С.С. Организация рефлексивной деятельности участников процесса экологического образования // Вестник международной академии наук (русская секция). 2011. № 2. С. 105–106.
4. Липатникова И.Г. Рефлексивный подход к обучению математике учащихся начальной и основной школы в кон-

тексте развивающего обучения: дис. ...докт. пед. наук. Екатеринбург, 2005. 395 с.

5. Липатникова И.Г. Технология рефлексивного подхода к учебно-познавательному процессу с использованием устных упражнений // Вестник ТГПУ. 2006. Выпуск 3(54). Серия: Педагогика (Теория и методика обучения). С. 19–22.

6. Бурдякова Л.С. Рефлексивный подход как педагогическая проблема // Научные труды Московского гуманитарного университета. 2017. № 4. С. 49–54.

7. Синельников С.А. Формирование рефлексивных умений на этапе вузовского обучения в педагогическом взаимодействии преподаватель-студент»: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Тверь, 2012. 25 с.

8. Аргунова А.И., Эверстова В.Н. Формирование смыслового аспекта рефлексии на уроках алгебры в 7 классе Развитие современного образования: от теории к практике: сб. мат. III Международной научно-практической конференции. Чебоксары: ООО ЦНС «Интерактив плюс», 2017. С. 174–177.

9. Петерсон Л.Г., Кубышева М.А. Как системно и надежно сформировать умение учиться // Вестник образования. 2016. № 19. С. 54–58.

10. Далингер В.А. Вопросно-ответные процедуры как средство формирования универсальных учебных действий учащихся при обучении математике // Фундаментальные исследования. 2013. № 6–5. С. 1238–1242.