

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, Горбатюк 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.т.н., профессор, Завражнов А.И. (Мичуринск); д.п.н., доцент, Загrevский О.И. (Томск); д.т.н., профессор, Ибраев И.К. (Караганда); д.т.н., профессор, Иванова Г.С. (Москва); д.х.н., профессор, Ивашкевич А.Н. (Москва); д.ф.-м.н., профессор, 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, Кузьякина В.В. (Владивосток); д.т.н., доцент, Кузяков О.Н. (Тюмень); д.т.н., профессор, Куликовская И.Э. (Ростов-на-Дону); д.т.н., профессор, Лавров Е.А. (Суми); д.т.н., доцент, Ландэ Д.В. (Киев); д.т.н., профессор, Леонтьев Л.Б. (Владивосток); д.ф.-м.н., доцент, Ломазов В.А. (Белгород); д.т.н., профессор, Ломакина Л.С. (Нижний Новгород); д.т.н., профессор, Лубенцов В.Ф. (Краснодар); д.т.н., профессор, Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., профессор, Макаров В.Ф. (Пермь); д.п.н., профессор, Марков К.К. (Иркутск); д.п.н., профессор, Матис В.И. (Барнаул); д.г.-м.н., профессор, Мельников А.И. (Иркутск); д.п.н., профессор, Микерова Г.Ж. (Краснодар); д.п.н., профессор, Моисеева Л.В. (Екатеринбург); д.т.н., профессор, Мурашкина Т.И. (Пенза); д.т.н., профессор, Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., профессор, Надеждин Е.Н. (Тула); д.ф.-м.н., профессор, Никонов Э.Г. (Дубна); д.т.н., профессор, Носенко В.А. (Волгоград); д.т.н., профессор, Осипов Г.С. (Южно-Сахалинск); д.т.н., профессор, Пен Р.З. (Красноярск); д.т.н., профессор, Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., профессор, Петрова И.Ю. (Астрахань); д.т.н., профессор, Пивень В.В. (Тюмень); д.э.н., профессор, Потышняк Е.Н. (Харьков); д.т.н., профессор, Пузряков А.Ф. (Москва); д.п.н., профессор, Рахимбаева И.Э. (Саратов); д.п.н., профессор, Резанович И.В. (Челябинск); д.т.н., профессор, Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.т.н., профессор, Рогов В.А. (Москва); д.т.н., профессор, Санинский В.А. (Волжский); д.т.н., профессор, Сердобинцев Ю.П. (Волгоградский); д.э.н., профессор, Сихимбаев М.Р. (Караганда); д.т.н., профессор, Скрышник О.Н. (Иркутск); д.п.н., профессор, Собынин Ф.И. (Белгород); д.т.н., профессор, Страбыкин Д.А. (Киров); д.т.н., профессор, Сулак 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.Ш. (Казань); д.т.н., профессор, Шишков В.А. (Самара); д.т.н., профессор, Щипицын А.Г. (Челябинск); д.т.н., профессор, Яблокова М.А. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент, Хайдаров А.Г. (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 = 0,305.

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 – 31.05.2022
Дата выхода номера – 30.06.2022

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

Техническая редакция и верстка
Доронкина Е.Н.
Корректор
Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 19,3
Тираж 1000 экз.
Заказ СНТ 2022/5
Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

СТАТЬИ

АНАЛИЗ УРОВНЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ХОЗЯЙСТВА АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК <i>Горелик А.В., Шерстюков О.С.</i>	179
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ В СОВРЕМЕННОЙ БИБЛИОТЕКЕ <i>Егармин П.А., Данилович А.В., Малкова О.Н., Егармина А.П.</i>	184
ТЕСТИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ <i>Ковалев И.В., Ковалев Д.И., Боровинский Д.В., Мансурова Т.П., Ворошилова А.А.</i>	189
МЕТОД ИНТЕГРАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ВОЗМУЩЕНИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМЫ АНАЭРОБНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ <i>Колесникова С.И., Цветницкая С.А., Фоменкова А.А.</i>	197
АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И СОРТИРОВКА БЫТОВЫХ ОТХОДОВ <i>Костин С.В., Шамраев А.А., Якимайнен Д.С.</i>	204
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПОСТРОЕНИИ МАТРИЦ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ЭКСТРАПОЛЯЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ <i>Кошуняева Н.В.</i>	209
АЛГОРИТМ НАХОЖДЕНИЯ ЦЕНТРА ЗРАЧКА ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОНИСТАГМОГРАФИИ <i>Непрокин А.В., Горбунов А.В., Солопахо А.В., Туголуков Е.Н.</i>	214
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ЭНТРОПИЙНО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ <i>Тырсин А.Н., Яшин Д.А.</i>	219
РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБМЕНА ДАННЫМИ С РЕПОЗИТОРИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ <i>Ямашкин С.А., Ямашкина Е.О., Ямашкин А.А.</i>	226

Технические науки (2.5.2 (05.02.02, 05.02.18), 2.5.9 (05.02.11), 2.5.21 (05.02.13), 2.5.22 (05.02.22), 2.3.8 (05.13.17))

СТАТЬИ

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КРИВЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ <i>Буянова И.В., Замулин И.С.</i>	232
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПРИВОДОВ ВИБРАЦИОННЫХ СЕПАРИРУЮЩИХ МАШИН <i>Пивень В.В., Уманская О.Л.</i>	237
СИЛЬФОННЫЕ ПРИВОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ УПРАВЛЕНИЯ КРИВОЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ <i>Сысоев С.Н.</i>	246

РАЗВИТИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ <i>Точилкин Викт.В., Камалихина З.В., Точилкин Вас.В., Филатова О.А.</i>	251
МОМЕНТНЫЙ МЕХАНИЗМ С ИЗМЕНЯЕМОЙ ВЕЛИЧИНОЙ И НАПРАВЛЕНИЕМ НАГРУЗКИ ДЛЯ МЕХАНОТЕРАПИИ СУСТАВОВ <i>Умнов В.П.</i>	255

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.1 (13.00.05), 5.8.2, 5.8.3, 5.8.4 (13.00.04), 5.8.5 (13.00.04), 5.8.6 (13.00.04), 5.8.7)

СТАТЬИ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ <i>Акимова И.В., Титова Е.И.</i>	261
ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРЫ К ПРОФИЛАКТИКЕ КОНФЛИКТОВ СРЕДИ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ ИНКЛЮЗИВНЫХ КЛАССОВ <i>Алтатова Н.С., Фуреева Е.П.</i>	269
РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ МАГИСТРОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ <i>Бочков Д.В., Михеева Е.В., Горбачева Е.С.</i>	275
ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ВУЗЕ <i>Воробьева С.А., Тараканова М.Е., Кряклина А.А., Завершинская Н.А., Неронов А.В.</i>	280
НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ, ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ <i>Джанкезов Р.Х., Джанкезова С.Б.</i>	287
ЭТАПЫ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ АДАПТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ КОЛЛЕДЖА СРЕДСТВАМИ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Игошин С.Н.</i>	292
УЧЕБНЫЙ ГЛОССАРИЙ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕКСИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ОБУЧЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОМУ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ <i>Левандровская Н.В.</i>	297
ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТАНЦЕ-ДВИГАТЕЛЬНОЙ ТЕРАПИИ НА СНИЖЕНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЕТЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ <i>Михайленко О.И., Догучаева Т.А., Мошуря А.А.</i>	303
АДМИНИСТРАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РОСТА ПЕДАГОГОВ <i>Стерхов А.А.</i>	308
ЦЕЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ <i>Тома Ж.В., Пашин А.А.</i>	314
НАУЧНЫЙ ОБЗОР	
РАЗВИТИЕ КРЕАТИВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВОЕННО-МОРСКИХ КАДРОВ <i>Кречетников К.Г.</i>	319

CONTENTS

Technical sciences (1.2.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.3, 2.5.5, 2.5.7, 2.5.8)

ARTICLES

ANALYSIS OF THE LEVEL OF RELIABILITY OF INFORMATION IN AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS OF THE ECONOMY OF AUTOMATION AND TELEMCHANICS BASED ON THE METHOD OF EXPERT ASSESSMENTS <i>Gorelik A.V., Sherstyukov O.S.</i>	179
USING AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY TO CREATE AN ACCESSIBLE ENVIRONMENT IN A MODERN LIBRARY <i>Egarmin P.A., Danilovich A.V., Malkova O.N., Egarmina A.P.</i>	184
TESTING ANT COLONY ALGORITHMS FOR THE FORMATION OF SOFTWARE FOR REAL TIME SYSTEMS <i>Kovalev I.V., Kovalev D.I., Borovinsky D.V., Mansurova T.P., Voroshilova A.A.</i>	189
METHOD OF INTEGRAL ADAPTATION FOR DISTURBANCE COMPENSATION IN SIMULATION OF ANAEROBIC BIOLOGICAL PURIFICATION SYSTEM <i>Kolesnikova S.I., Tsvetnitskaya S.A., Fomenkova A.A.</i>	197
AUTOMATIC CLASSIFICATION AND SORTING OF THE HOUSEHOLD WASTE <i>Kostin S.V., Shamraev A.A., Yakimaynen D.S.</i>	204
APPLICATION OF FUZZY CHARACTERISTICS IN THE CONSTRUCTION OF CORRESPONDENCE MATRICES BY EXTRAPOLATION METHODS <i>Koshunyaeva N.V.</i>	209
PUPIL CENTER DETECTION ALGORITHM FOR VIDEONYSTAGMOGRAPHY SYSTEMS <i>Neprokin A.V., Gorbunov A.V., Solopakho A.V., Tugolukov E.N.</i>	214
INDIVIDUAL ENTROPY-PROBABILISTIC MONITORING OF FUNCTIONING OF CARDIOVASCULAR SYSTEM <i>Tyrsin A.N., Yashin D.A.</i>	219
DEVELOPMENT OF APPLICATION PROGRAMMING INTERFACES TO ENSURE DATA EXCHANGE WITH THE REPOSITORY OF NEURAL NETWORK MODELS <i>Yamashkin S.A., Yamashkina E.O., Yamashkin A.A.</i>	226

Technical sciences (2.5.2 (05.02.02, 05.02.18), 2.5.9 (05.02.11), 2.5.21 (05.02.13), 2.5.22 (05.02.22), 2.3.8 (05.13.17))

ARTICLES

APPLICATION OF CURVE-FITTING APPROXIMATION TO DETERMINE THE COMPUTATIONAL COMPLEXITY OF SOLUTIONS TO PROGRAMMING PROBLEMS <i>Buyanova I.V., Zamulin I.S.</i>	232
THE CURRENT STATE AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF DRIVE SYSTEMS OF VIBRATING SEPARATING MACHINES <i>Piven V.V., Umanskaya O.L.</i>	237
BELLOWS ACTUATION MECHANISMS WITH A HYBRID CURVILINEAR CONTROL METHOD <i>Sysoev S.N.</i>	246

DEVELOPMENT OF STRUCTURES OF THE TUNDISH OF THE CONTINUOUS CASTING MACHINE BASED ON MODELING <i>Tochilkin Vikt.V., Kamalikhina Z.V., Tochilkin Vas.V., Filatova O.A.</i>	251
TORQUE MECHANISM WITH VARIABLE MAGNITUDE AND DIRECTION OF LOAD FOR JOINT MECHANOTHERAPY <i>Umnov V.P.</i>	255

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.1 (13.00.05), 5.8.2, 5.8.3, 5.8.4 (13.00.04), 5.8.5 (13.00.04), 5.8.6 (13.00.04), 5.8.7)

ARTICLES

THE USE OF MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES IN SOLVING MATHEMATICAL PROBLEMS OF THE CONSTRUCTION PROFILE <i>Akimova I.V., Titova E.I.</i>	261
TRAINING OF FUTURE SPECIALISTS-TEACHERS ON CONFLICT PREVENTION AMONG PRIMARY SCHOOLCHILDREN OF INCLUSIVE CLASSES <i>Alpatova N.S., Fureeva E.P.</i>	269
DEVELOPMENT OF INFORMATION COMPETENCE OF MASTER OF PEDAGOGICAL EDUCATION <i>Bochkov D.V., Mikheeva E.V., Gorbacheva E.S.</i>	275
HEALTH TECHNOLOGIES OF PHYSICAL EDUCATION IN HIGHER EDUCATION INSTITUTION <i>Vorobeva S.A., Tarakanova M.E., Kryaklina A.A., Zavershinskaya N.A., Neronov A.V.</i>	280
REGULATORY LEGAL DOCUMENTS REGULATING THE USE OF E-LEARNING, DISTANCE LEARNING TECHNOLOGIES IN HIGHER EDUCATION <i>Dzhankezhov R.X., Dzhankezhova S.B.</i>	287
STAGES OF PEDAGOGICAL SUPPORT OF ADAPTATION OF COLLEGE STUDENTS BY MEANS OF COLLEGE ACTIVITIES <i>Igoshin S.N.</i>	292
LEARNER'S GLOSSARY AS A MEANS OF LEXICAL COMPETENCE DEVELOPMENT IN PROFESSIONALLY ORIENTED FOREIGN LANGUAGE TRAINING <i>Levandrovskaya N.V.</i>	297
PECULIARITIES OF THE INFLUENCE OF DANCE MOVEMENT THERAPY ON THE REDUCTION OF PSYCHO-EMOTIONAL STRESS OF CHILDREN WITH DISABILITIES OF HEALTH <i>Mikhaylenko O.I., Doguchaeva T.A., Moshura A.A.</i>	303
ADMINISTRATIVE AND METHODOLOGICAL SUPPORT OF CONTINUOUS PROFESSIONAL GROWTH OF TEACHERS <i>Sterkhov A.A.</i>	308
THE PURPOSE OF PROFESSIONAL EDUCATION OF STUDENTS <i>Toma Zh.V., Pashin A.A.</i>	314
REVIEWS	
DEVELOPING THE CREATIVITY OF CADETS IN THE TRAINING OF NAVAL PERSONNEL <i>Krechetnikov K.G.</i>	319

СТАТЬИ

УДК 656.075

**АНАЛИЗ УРОВНЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
ХОЗЯЙСТВА АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ
НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК****¹Горелик А.В., ²Шерстюков О.С.**¹*ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», Москва, e-mail: gatsroat@yandex.ru*²*Ростовский государственный университет путей сообщения, филиал в г. Воронеж,
Воронеж, e-mail: osherstukov@yandex.ru*

Для оценки качества работы автоматизированных информационных систем (АИС) хозяйства автоматизации и телемеханики применительно к железнодорожной отрасли возможно применять различные научные виды анализов, которые в настоящее время очень сложно осуществить ввиду определенных условий. Одним из самых простых и быстрореализуемых способов анализа работы любой системы является проведение экспертных оценок, позволяющих с помощью анкетирования и ранжирования критериев сделать необходимые выводы. Цель экспертных оценок – в короткие сроки определить слабые места в работе автоматизированных информационных систем, что в дальнейшем будет способствовать их скорейшему информационному совершенствованию. В статье приводятся основные положения методики проведения экспертных оценок по установлению уровня доверия к информации в автоматизированных информационных системах хозяйства автоматизации и телемеханики и причин искажения достоверности данных. В работе предложены критерии, определяющие показатели безопасности и надёжности работы технических средств железнодорожной автоматизации и телемеханики, автоматизированных систем управления, выполнен подбор экспертной группы. Кроме того, рассмотрен вариант ранжирования критериев экспертных оценок, произведена оценка согласованности мнений экспертов в области железнодорожной автоматизации и телемеханики.

Ключевые слова: экспертные оценки, железнодорожная автоматика, информация, инцидент, автоматизированные информационные системы

**ANALYSIS OF THE LEVEL OF RELIABILITY OF INFORMATION
IN AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS OF THE ECONOMY
OF AUTOMATION AND TELEMECHANICS BASED
ON THE METHOD OF EXPERT ASSESSMENTS****¹Gorelik A.V., ²Sherstyukov O.S.**¹*Russian University of transport, Moscow, e-mail: gatsroat@yandex.ru*²*Rostov State University of Railway Transport, branch in Voronezh, e-mail: osherstukov@yandex.ru*

To assess the quality of automated information systems (AIS) of the automation and telemechanics economy in relation to the railway industry, it is possible to apply various scientific types of analyses, which are currently very difficult to implement due to certain conditions. One of the simplest and quickest ways to analyze the work of any system is to conduct expert assessments that allow using questionnaires and ranking criteria to draw the necessary conclusions. The purpose of expert assessments is to identify weaknesses in the work of automated information systems in a short time, which will further contribute to their speedy information improvement. The article presents the main provisions of the methodology for conducting expert assessments to establish the level of confidence in information in automated information systems of automation and telemechanics and the causes of distortion of data reliability. The paper proposes criteria that determine the indicators of safety and reliability of the technical means of railway automation and telemechanics, automated control systems, the selection of an expert group is carried out. In addition, the variant of ranking criteria of expert assessments is considered, the consistency of opinions of experts in the field of railway automation and telemechanics is assessed.

Keywords: expert assessments, railway automation, information, incident, automated information systems

При решении задач, связанных с определением приоритетных направлений развития крупных производственных компаний, определением «слабых» мест, технологических и организационных барьеров хозяйственной деятельности, важное значение имеет мнение наиболее квалифицированных экспертов. В хозяйстве автоматизации и телемеханики ОАО «Российские железные дороги» метод экспертных оценок получил в последнее время широкое распространение и доказал свою эффективность [1; 2].

В настоящее время одной из ключевых инициатив стратегии развития хозяйства железнодорожной автоматизации и телемеханики до 2030 года является разработка, внедрение и автоматизация технологии управления активами хозяйства. Реализация данной инициативы предполагает широкое применение различных автоматизированных информационных систем (АИС). При этом наибольшие проблемы возникают из-за низкой достоверности данных в этих системах, ошибок и искажения исходной статистической информации. Для устранения ука-

занной проблемы, определения перечня первоочередных мер по повышению эффективности функционирования АИС применение метода экспертных оценок представляется весьма результативным.

Целью исследования является определение с помощью метода экспертных оценок в короткие сроки наиболее слабых мест в работе автоматизированных информационных систем хозяйства автоматики и телемеханики, что в дальнейшем будет способствовать их скорейшему информационному совершенствованию.

Материалы и методы исследования

Для оценки уровня доверия к информации в автоматизированных системах хозяйства автоматики и телемеханики, а также оценки причин ошибок и искажений достоверности информации можно выделить несколько факторов, от которых напрямую, согласно мнению экспертов, зависят статистические показатели безопасности и надёжности технических средств ЖАТ.

К таким факторам относятся:

- скрытие инцидента – С1;
- ошибка систем диагностирования – С2;
- несоответствие данных в смежных информационных системах – С3;
- малозначительность инцидента – С4;
- ограниченность во времени для полноценного анализа инцидента – С5;
- недостаточная квалификация технологического штата – С6;
- сбои в программном обеспечении систем – С7.

Рецензирование значимости факторов (критериев оценки) проводится при помощи экспертных методик [3].

Рассмотрим основные этапы и результаты применения экспертной процедуры.

Подбор экспертной группы осуществлялся из специалистов, которые имеют высокую профессиональную компетенцию в области железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), значительный практический опыт работы. Работа с экспертами выполнялась в условиях конфиденциальности.

В экспертную группу для проведения анкетирования были включены следующие специалисты в области ЖАТ одной из железных дорог ОАО «РЖД»: начальник службы автоматики и телемеханики железной дороги, доцент кафедры профильного высшего учебного заведения, заместитель начальника дистанции СЦБ, ведущий технолог отдела технической эксплуатации службы автоматики и телемеханики, заместитель начальника сектора центра диагностики и мониторинга. Качественный состав экспертной группы определяет высокий уровень объективности оценки.

Задачей сформированной экспертной группы являлось ранжирование (распределение) приведённых критериев оценки причин ошибок и искажений достоверности информации в автоматизированных системах по степени их значимости.

Этапу распределения предшествовала организация теоретического обучения специалистов экспертной группы по материалу, определяющему особенности работы автоматизированных систем сбора и анализа информации.

Распределение критериев оценки выполнялось в соответствии с сеткой с семью градациями значений оценки причин ошибок и искажения достоверности информации в автоматизированных системах, в связи с тем что классический инструмент ранжирования в формате пятибалльной системы рецензирования для рассматриваемой задачи малоинформативен, не обеспечивает требуемую точность рецензирования уровня качества. При этом применение градаций от девяти и выше не рекомендуется практикующими психологами, так как это приводит к дезориентации экспертов и снижению качества эксперимента [4].

Экспертам были рекомендованы шкалы оценивания по семи степеням:

- r1 – очень низкий;
- r2 – низкий;
- r3 – ниже среднего;
- r4 – средний;
- r5 – выше среднего;
- r6 – высокий;
- r7 – максимально высокий.

Приспособить выбранный способ ранжирования с семью ступенями до характерной пятибалльной системы возможно, применяя методы трансформации. На рисунке 1 приведены разновидности методов трансформации [4] систем оценивания.

Рисунок 1 демонстративно поясняет снижение показателя при трансформации от оценки с большим или меньшим значением.

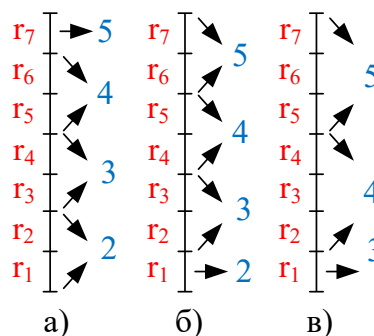


Рис. 1. Разновидности трансформации в пятибалльную систему оценивания

Таблица 1

Распределение эффективности метода экспертной оценки

	Эксперт №1	Эксперт №2	Эксперт №3	Эксперт №4	Эксперт №5	ΣR
C1	1	3	1	2	2	9
C2	4	3	5	4	5	21
C3	3	2	3	2	4	14
C4	5	5	6	6	5	27
C5	5	4	5	4	5	23
C6	7	7	7	6	6	33
C7	1	2	2	1	1	7

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты распределения показателей обстоятельств искажений в информации и ошибок в ней, оцененной по семибалльной шкале пятью специалистами-экспертами в области железнодорожной автоматики и телемеханики, сведены в таблицу 1.

Для обработки и подробного рассмотрения результатов выполненного экспертного метода проведено оценивание порядка сбалансированности позиций специалистов-экспертов.

При экспертной оценке применялся общеизвестный коэффициент конкордации, подтверждающий высокую взаимосвязь мнений специалистов-экспертов. Смысл применения дисперсионного коэффициента: при согласованности мнений значение коэффициента конкордации стремится к единице, если имеются противоречия – коэффициент стремится к нулю. Математическое округление дисперсионного коэффициента до значения единицы позволит определить согласованность позиций выбранных специалистов-экспертов [5]. Уточнение ценности анализа коэффициента конкордации должно выполняться с применением частотного распределения применяемых показателей. На основании таблицы 1 рассмотрены суммы рангов r_i по каждой строке (как случайные величины).

Выполним анализ согласованности мнений специалистов-экспертов.

Анализ математического ожидания случайной величины r_i рассчитывается по формуле:

$$\bar{r} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^d r_{is}, \quad (1)$$

где d – численность экспертов;

m – число показателей качества;

r_{is} – сумма значений, внесённых в каждую строку таблицы 1.

Таким образом, в нашем случае математическое ожидание $\bar{r} = .$

Сумма разности квадратов $(r_i - \bar{r})$:

$$S = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{s=1}^d (r_{is} - \bar{r})^2 \right), S = 549. \quad (2)$$

Наличие в таблице 1 связанных рангов вызывает необходимость расчёта коэффициента конкордации:

$$W = \frac{12 \cdot S}{d^2 \cdot (m^3 - m) - m \cdot \sum_{j=1}^m T_j}, \quad (3)$$

где j – число связанных рангов для каждого эксперта.

Величина T_j рассчитывается по формуле:

$$T_j = \sum_{k=1}^n (t_j^3 - t_j), \quad (4)$$

где n – количество связей (или видов повторяющихся балльных оценок) во всех оценках k -го специалиста-эксперта;

t_j – число компонентов в n -связке, k -го специалиста-эксперта.

Оценки специалистов-экспертов включают связанные ранги. На основании формулы (4) рассчитаем величины T_j для $n = 5$ специалистов-экспертов. $T_j = 72$, отсюда коэффициент конкордации $W = 0,834$.

Полученный результат даёт величину коэффициента конкордации, приближённую к единице, что свидетельствует о согласованности позиций экспертов по рассматриваемой проблеме. Исходя из суммы величин, полученной в строках таблицы 1, необходимо вычислить максимальный вес конкретного показателя качества метода ранжирования.

Исходя из выполненного распределения критериев экспертных оценок, делаем выводы:

1. Показатель «сбои в программной части систем» имеет предельно низкий уровень значимости.

2. Показатель «скрытие инцидента» не превышает низкого уровня значимости.

3. Показатель «несоответствие данных в смежных информационных системах» находится ниже среднего уровня значимости.

4. Показатели «неважность инцидента», «ограниченность во времени для полноценного оценивания инцидента» и «ошибка систем диагностирования» находятся в границах выше среднего уровня значимости.

5. Показатель «недостаточная квалификация технологического штата» имеет максимально высокий уровень значимости.

Наглядное представление распределения рангов критериев оценки представлено в виде диаграммы (рис. 2).

Согласно построенной диаграмме с точки зрения специалистов-экспертов к критериям оценки с первостепенной важностью относятся: C4, C6, C5, C2. Уменьшение уровня воздействия рассматриваемых критериев на величину эффективности изменяется по квадратичному полиному.

На данный факт указывает показатель коэффициента достоверности аппроксимации (R^2), который отражает уровень соответствия системы заданным показателям. Приближение показателя R^2 к единице указывает на точность описания моделью имеющихся данных.

По построенной диаграмме можно сделать вывод о том, что распределение рангов экспертных оценок имеет нелинейный характер, присутствует резкое снижение показателей рангов. По мнению специалистов-экспертов, значительное влияние на возникновение ошибок и искажения достоверности информации оказывают рассматриваемые критерии C6, C5, C4, C2, C3. Ранги C1 и C7 малозначимы и практически не влияют на проблему.

Для более качественной оценки уровня согласованности позиций специалистов-экспертов применена вербально-числовая шкала, рекомендованная Марголиным [3; 6; 7] (табл. 2).

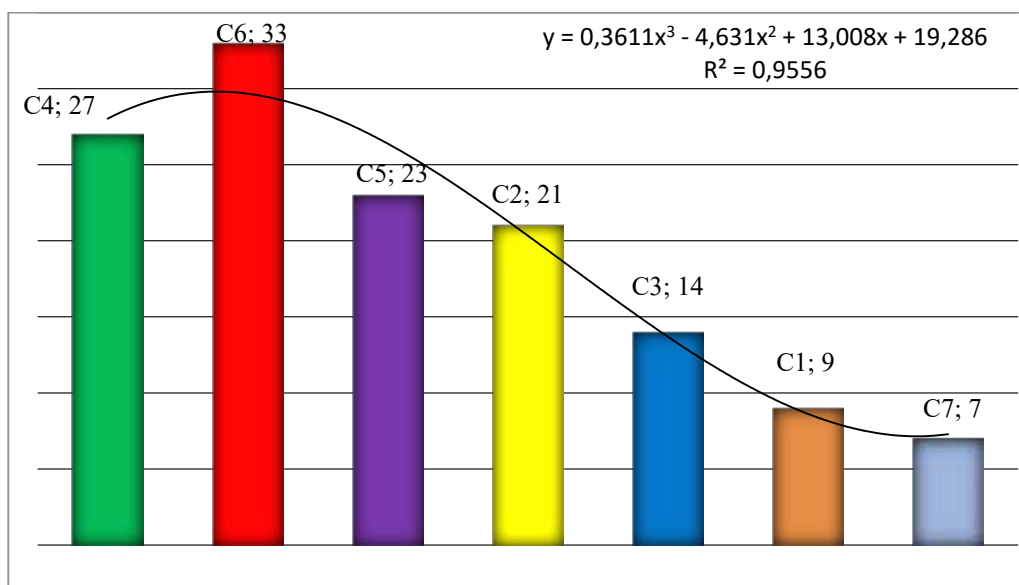


Рис. 2. Распределение рангов критериев оценки

Таблица 2

Оценка уровня согласованности позиций специалистов-экспертов

Показатель W	Значение уровня согласованности позиций специалистов-экспертов
$0 \leq W \leq 0,1$	Отсутствует
$0,1 \leq W \leq 0,3$	Очень слабая
$0,3 \leq W \leq 0,5$	Слабая
$0,5 \leq W \leq 0,7$	Умеренная
$0,7 \leq W \leq 0,9$	Высокая
$0,9 \leq W \leq 1,0$	Очень высокая

Делаем вывод о высоком уровне согласованности позиций специалистов-экспертов по рассматриваемой проблеме.

Для установления веса оценки коэффициента конкордации необходимо знать распределение частот для различных значений числа специалистов-экспертов (m/d) и количества объектов (n/m). При числе объектов $m \geq 7$ оценку веса коэффициента конкордации произведём по параметру χ^2 . Величина $W_m(m-1)$ имеет χ^2 -распределение с $\nu = m-1$ степенями свободы.

При наличии связанных рангов χ^2 -распределение с $\nu = m - 1$ степенями свободы имеет величина:

$$\chi^2 = \frac{12 \cdot S}{d \cdot m \cdot (m+1) - \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{j=1}^m T_j^2}, \quad (5)$$

Для проведённых экспертных оценок показатель $\chi^2 = 4,9$.

Для уровня значимости случайной величины, принятого равным $\alpha=0,005$ (то есть критическое значение уровня значимости составляет 0,5%), для числа степеней свободы $K = 6$ значение числа $\chi^2=1,000$.

Так как $1,000 < 4,9$, то гипотеза о согласии специалистов-экспертов в распределении рангов допускается. Можно утверждать, что с вероятностью выше 0,995 позиции экспертной группы согласованы.

Заключение

По итогам проведения экспертных оценок можно выделить основные выводы:

- информации, предоставляемой автоматизированными информационными системами хозяйства железнодорожной автоматики и телемеханики ОАО «РЖД», доверяют все специалисты, участвующие в экспертных оценках с максимально высоким уровнем;
- более достоверная информация предоставляется в системе АС АНПШ, а наименее достоверная – в системе ЕК АСУИ;
- наиболее существенными считаются ошибки, связанные с показателями надёжности работы устройств; наименее существенными – с технологией обслуживания устройств;
- скрывание инцидента в АИС возможно с очень низкой вероятностью, однако экс-

перты не исключают возможности возникновения подобных случаев;

- ошибки систем диагностирования устройств ЖАТ относительно часто влияют на уровень достоверности информации с вероятностью выше среднего;
- несоответствие между собой данных в различных АИС существенно влияет на искажения статистической информации;
- нехватка времени для полноценного анализа инцидентов существенно влияет на искажения данных;
- недостаточная квалификация технологического штата является основной причиной наличия недостоверной информации и ошибочных данных в АИС ОАО «РЖД»;
- сбои программных средств АИС не являются существенной причиной искажения информации;
- ручной ввод данных в АИС часто является причиной ошибки или искажения информации.

Полученные результаты позволяют разработать адресные меры, направленные на улучшение качества и повышение эффективности работы автоматизированных и информационно-аналитических систем на железнодорожном транспорте.

Список литературы

1. Горелик А.В., Дорохов В.С. Использование метода экспертных оценок для ранжирования объектов железнодорожной автоматики и телемеханики при планировании капитального ремонта // Наука и техника транспорта. 2019. № 2. С. 8-19.
2. Горелик А.В., Тарадин Н.А., Пархоменко А.А., Дорохов В.С. Экспертная оценка влияния человека на надёжность работы систем железнодорожной автоматики // Наука и техника транспорта. 2018. № 3. С. 49-54.
3. Eyewitness Guides – Train. London: Dorling Kindersley Ltd., 1992. 64 p.
4. Олейви Х.З. Метод экспертных оценок как метод оценки хозяйственного риска на предприятии // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. № 5-1. С. 221-224.
5. Эстетика на железнодорожном транспорте / Под ред. В.И. Сергеева. М.: Транспорт, 1977. 376 с.
6. Чупина Ж.С., Чупин А.Л., Алиев Б.М. Методика оценки стоимости проектов развития бизнес-инфраструктуры на территории ЕАЭС на основе экспертных оценок // Журнал исследований по управлению. 2021. Т. 7. № 3. С. 70-80.
7. Николаева А.Н. Экспертные оценки в геологии и алгоритм оценки их расхождения // Colloquium-journal. 2019. № 12-2 (36). С. 135-136.

УДК 004.42:369.216

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ В СОВРЕМЕННОЙ БИБЛИОТЕКЕ

¹Егармин П.А., ¹Данилович А.В., ²Малкова О.Н., ³Егармина А.П.

¹Лесосибирский филиал Сибирского государственного университета
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Лесосибирск,
e-mail: egarmi@yandex.ru, eleas99@mail.ru;

²Муниципальное бюджетное учреждение культуры «Централизованная библиотечная система»,
Лесосибирск, e-mail: malkova.bibl@mail.ru;

³Сибирский федеральный университет (институт архитектуры и дизайна), Красноярск,
e-mail: alena.egarminamail.ru@gmail.com

Внедрение цифровых технологий в учреждениях культуры позволяет музеям, выставочным залам, библиотекам расширять перечень своих услуг. Так, например, в централизованной библиотечной системе г. Лесосибирска разработано навигационное приложение на базе технологии дополненной реальности для людей с нарушением зрения. Приложение можно установить на мобильный телефон, планшет или интегрировать с очками дополненной реальности. Приложение с помощью специально созданной системы меток автоматически воспроизводит аудиоинформацию, что позволяет людям с нарушением зрения быстро найти библиотечный зал, необходимую книгу без привлечения сотрудника библиотеки. Приложение разработано с помощью программного комплекса Vuforia, который включает платформу дополненной реальности и инструментальный разработчика для мобильных устройств. В процессе разработки приложения удалось осуществить его интеграцию с очками дополненной реальности. Эта опция будет полезной для тех читателей, у которых нет современных гаджетов или нет навыков работы с ними. Наряду с настольным экраным увеличителем и оборудованным рабочим местом для слабовидящих, приложение формирует доступную среду для читателей библиотек с нарушением зрения. В настоящий момент приложение проходит стадию апробации.

Ключевые слова: библиотека, дополненная реальность, доступная среда, мобильное приложение

USING AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY TO CREATE AN ACCESSIBLE ENVIRONMENT IN A MODERN LIBRARY

¹Egarmin P.A., ¹Danilovich A.V., ²Malkova O.N., ³Egarmina A.P.

¹Lesosibirsk Branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Lesosibirsk, e-mail: egarmi@yandex.ru, eleas99@mail.ru;

²Municipal Budgetary cultural Institution «Centralized Library System», Lesosibirsk,
e-mail: malkova.bibl@mail.ru;

³Siberian Federal University (institute of Architecture and Design), Krasnoyarsk,
e-mail: alena.egarminamail.ru@gmail.com

The introduction of digital technologies in cultural institutions allows museums, exhibition halls, libraries to expand the list of their services. For example, a navigation application based on augmented reality technology for people with visual impairment has been developed in the centralized library system of Lesosibirsk. The application can be installed on a mobile phone, tablet or integrated with augmented reality glasses. The application automatically reproduces audio information using a specially created tag system, which allows people with visual impairment to quickly find the library room, the necessary book without involving a library employee. The application is developed using the Vuforia software package, which includes an augmented reality platform and developer tools for mobile devices. During the development of the application, it was possible to integrate it with augmented reality glasses. This option will be useful for those readers who do not have modern gadgets or do not have the skills to work with them. Along with a desktop screen magnifier and an equipped workplace for the visually impaired, the application forms an accessible environment for library readers with visual impairment. The application is currently undergoing testing.

Keywords: library, augmented reality, accessible environment, mobile application

Согласно Распоряжению Правительства РФ от 13.03.2021 № 608-р 2 «Об утверждении Стратегии развития библиотечного дела на период до 2030 г.» стремительно развивающиеся процессы цифровизации требуют от библиотек разработки и внедрения прин-

ципально новых форматов хранения и методов работы с ними. Следствием цифровой трансформации библиотек должны стать:

- перевод основных процессов, обеспечивающих жизнедеятельность библиотек, на цифровые технологии;

- формирование цифровой среды библиотеки, ориентированной на потребности разных групп населения;

- выравнивание ситуации по активности и уровню цифровизации библиотек по сравнению с другими учреждениями культуры и науки;

- формирование у IT-сообщества отношения к библиотеке как к равноправному и перспективному партнеру, встраивание библиотек в цифровую среду [1].

Использование цифровых технологий помогает учреждениям культуры коммуницировать в современном мире, представляя разнообразие культурных ценностей в более наглядном виде. Виртуальные выставки, 3D-туры, использование AR- и VR-технологий раскрывают возможности для создания более доступной информационной среды, что является одним из важнейших аспектов внедрения цифровых технологий в культуре [2].

В настоящее время в МБУК «Централизованная библиотечная система» города Лесосибирска активно идет процесс информатизации: создана лаборатория технологий будущего, проведена материально-техническая модернизация помещений, приобретено новое цифровое оборудование. В 2020 году было внедрено пробное приложение дополненной реальности для детской модернизированной центральной библиотеки имени А.П. Чехова, что пробудило интерес у посетителей младшего возраста [3]. Технология дополненной реальности (augmented reality, AR) – технология, позволяющая интегрировать информацию с объектами реального мира в форме текста, компьютерной графики и аудио в режиме реального времени [4]. В настоящее время библиотеки почти не используют данную технологию, однако она может служить достаточно мощным инструментом, особенно для привлечения в библиотеку людей с ограниченными возможностями.

Для людей с ослабленным зрением во многих библиотеках уже присутствует необходимое оборудование для чтения, например настольный электронный увеличитель, специализированные рабочие места, однако средств для упрощения навигации в библиотеке, поиска нужных книг без обращения к сотруднику в библиотеках нет [5; 6].

Для более комфортного пребывания в библиотеке читателей с нарушением зрения, быстрого поиска литературы по книжному фонду без привлечения сотрудников было принято решение о разработке собственного мобильного приложения дополненной реальности.

Материал и методы исследования

Перед началом работы был проведен опрос среди пользователей МБУК «Централизованная библиотечная система» города Лесосибирска о необходимости внедрения AR-технологий в библиотечную деятельность. Перед проведением опроса пользователям библиотек подробно рассказали о преимуществах технологии, познакомили с существующими мобильными приложениями дополненной реальности. В опросе приняли участие 337 респондентов, в том числе читатели с ослабленным зрением. Результаты показали, что за внедрение дополненной реальности в библиотеки города проголосовало 54% опрошенных, против 35%, оставшиеся 11% затруднились с выбором ответа (рис. 1).

Процент проголосовавших положительно свидетельствует о том, что читатели хотят получать более разнообразные и технологичные услуги. Однако многие читатели отнеслись к внедрению новых технологий настороженно и даже скептически, опасаясь, что не смогут освоить новые формы работы. Для таких читателей, и особенно для людей с ослабленным зрением, были проведены повторные консультации.

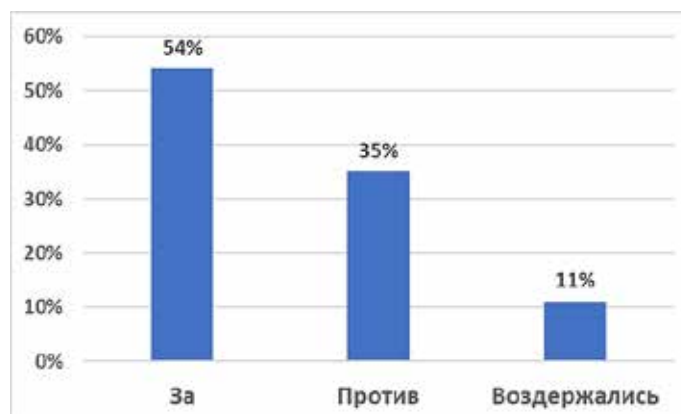


Рис. 1. Результаты опроса

Таблица 1

Выбор программного обеспечения

Наименование платформы	Тип программного обеспечения	Технические характеристики
Vuforia	Условно бесплатное	Поддержка ОС: <i>iOS, Android</i> , межплатформенная среда <i>Unity</i>
Wikitude	Условно бесплатное	Поддержка ОС: <i>iOS, Android, Windows</i> , очки дополненной реальности
ARToolKit	Бесплатное	Поддержка ОС: <i>Android, iOS, Windows, Mac OS X, Linux, Symbian, Windows Phone</i> , межплатформенная среда <i>Unity</i>
EasyAR	Бесплатное	Поддержка ОС: <i>Windows, iOS, Android</i> , межплатформенная среда <i>Unity</i>

Таблица 2

Требования к аппаратному обеспечению

Комплекующие	Минимальные характеристики	Рекомендуемые характеристики
Процессор	Частота: 2.9 ГГц Количество ядер: 4 Количество потоков: 4	Частота: 3.8 ГГц Количество ядер: 8 Количество потоков: 16
Жесткий диск	От 1 ТБ	От 1 ТБ
Оперативная память	От 8 Гб	От 16 Гб
Видеокарта	Объем видеопамати от 2 Гб	Объем видеопамати от 4 Гб

Для разработки приложения были рассмотрены платформы дополненной реальности, которые представлены в таблице 1. После анализа платформ было отдано предпочтение *Vuforia* – программному комплексу, который включает в себя платформу дополненной реальности и инструментарий разработчика программного обеспечения дополненной реальности [4].

Одной из важнейших технических характеристик выбранного программного продукта является наличие совместимости с межплатформенной средой *Unity*.

Для внедрения разработанного приложения можно воспользоваться сервисами *Google Play* или *App Store*. Чтобы опубликовать разработанное приложение в *Google Play*, необходимо создать аккаунт разработчика и внести разовую оплату в размере 25 долларов. Для публикации приложения в *App Store* необходимо производить оплату подписки ежегодно, где сумма оплаты равна 99 долларам.

Для того чтобы создать приложение на базе межплатформенной среды *Unity*, необходимо не только программное обеспечение, но и оборудование определенной архитектуры. Минимальные и рекомендуемые системные требования такого оборудования приведены в таблице 2.

После проведения мониторинга цен на оборудование и программное обеспе-

чение были сделаны следующие выводы: для разработки приложений AR-технологий и работы с компьютерной графикой необходим многопоточный процессор с тактовой частотой 3.8 ГГц оперативной памяти в общем объеме от 16 Гб с тактовой частотой от 2993 МГц, жестким диском с объемом от 500 Гб, видеокартой с объемом 4 Гб и выше. Средняя стоимость такого персонального компьютера составляет сегодня около 150 тысяч рублей [3]. Анализ оборудования МБУК «Централизованная библиотечная система» города Лесосибирска показал, что его характеристики являются достаточными для разработки и внедрения приложений дополненной реальности.

Таким образом, чтобы библиотека могла разрабатывать и внедрять приложения с дополненной реальностью, стоимость оборудования составляет на данный момент около 150 тысяч рублей (с учетом публикации приложения в онлайн-маркет), но эти расходы могут быть увеличены за счет приобретения дополнительных устройств, например таких, как очки дополненной реальности.

Разработку приложения дополненной реальности осуществляли студенты Лесосибирского филиала Сибирского государственного университета имени академика М.Ф. Решетнева в рамках договора о практической подготовке студентов между

МБУК «Централизованная библиотечная система» и университетом. Процесс разработки приложения представлен на рисунке 2.

Одна из важнейших задач, которая решалась в рамках проектирования и разработки приложения – изготовление специальных меток, которые должны обеспечивать навигацию по книжному фонду, быть стилизованы в соответствии с брендволом библиотеки и лаконично вписываться в ее интерьер. Пример разработанных меток для библиотеки им. А.Р. Беляева г. Лесосибирска приведен на рисунке 3.

Метки размещаются на книжных стеллажах, установленное на мобильный телефон или планшет приложение автоматически считывает их и обеспечивает воспроизведение аудиоинформации, позволяющей читателю ориентироваться в стенах библиотеки.

Помимо упрощения навигации, в приложение добавлена функция анимации некоторых объектов. Так, при входе в библиотеку им. А.Р. Беляева читателей приветствует сам писатель (рис. 4).

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время приложение полностью реализовано, размещено в интернет-магазине приложений Google Play и проходит стадии тестирования и апробации. Каждому желающему посетителю библиотеки, в том числе читателю с ослабленным зрением, предлагается скачать приложение и с его помощью осуществить навигацию по библиотеке, найти нужную книгу (рис. 4).

В процессе разработки приложения удалось осуществить его интеграцию с очками дополненной реальности. Эта опция стала полезной для тех читателей, у которых нет современных гаджетов или нет навыков работы с ними. Процесс навигации по библиотеке в этом случае выглядит так: при входе в библиотеку посетителю предлагается надеть очки дополненной реальности, затем при прохождении меток очки автоматически воспроизводят аудиоинформацию, направляя посетителя в нужный книжный зал.

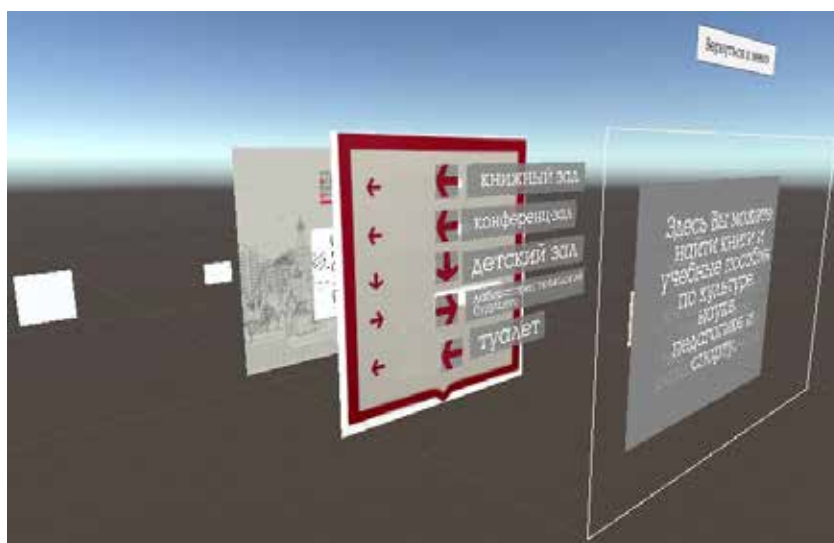


Рис. 2. Процесс разработки приложения



Рис. 3. Метки для реализации навигации



Рис. 4. Результат работы приложения

Заключение

Приложение спроектировано так, что его обслуживание не требует профессиональных навыков. Создавать навигационные метки и добавлять в существующую базу данных может любой сотрудник библиотеки, владеющий компьютером на уровне опытного пользователя. Разработанное приложение дополненной реальности расширяет аудиторию библиотеки, привлекает читателей, упрощает работу с книжным фондом. Наряду с имеющимся оборудованием приложение формирует в библиотеке доступную среду для лиц с ограниченными возможностями. Дальнейшее развитие приложения связано с увеличением числа навигационных меток и анимированных объектов, внедрением во все подразделения МБУК «Централизованная библиотечная система» г. Лесосибирска, адаптацией для всех возрастных групп.

Таким образом, за счет внедрения AR-технологий библиотека приобретает репутацию интерактивного творческого учреждения, открытого для внедрения достижений информационных технологий. Дополненная реальность расширяет диапазон восприятия мира за счет определенных мнимых объектов, наполненных информационной составляющей, читателю становится доступен новый мир, управляемый со своего мобильного устройства. Тем самым библиотека привлекает читателей, а людям с ослабленным зрением помогает ориентироваться

в информационном пространстве современного мира, привнося разнообразие и делая более увлекательным посещение библиотек. AR-технологии позволяют за меньшее время поделиться большим количеством информации с посетителями, повышая их культурную компетентность.

Работа выполнена при поддержке Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности».

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 13.03.2021 № 608-р «Об утверждении Стратегии развития библиотечного дела на период до 2030 г.». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400356337/> (дата обращения: 18.04.2022).
2. Гайд по виртуальным мирам: AR и VR [Электронный ресурс]. URL: <https://proglib.io/p/gayd-po-virtualnym-miram-ar-i-vr-2020-04-02> (дата обращения: 18.04.2022).
3. Данилович А.В. AR-технологии в библиотечной деятельности // Электронные ресурсы и технологии библиотек: современные решения, инновации, возможности: сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции (6-7 апреля 2021 г., г. Красноярск). Красноярск, 2021. С. 67-76.
4. Маслова Ю.А., Белов Ю.С. Технологии дополненной реальности // Научное сетевое издание «E-SCIO». 2022. № 2 (65). С. 313-322.
5. Васильева Н.В. Дополненная реальность в библиотеках // Научные и технические библиотеки. 2020. № 8. С. 115-128. DOI: 10.33186/1027-3689-2020-8-115-128.
6. Савицкая Т.Е. Технология дополненной реальности в библиотечной практике // Библиотековедение. 2019. № 68(3). С. 249-257. DOI: 10.25281/0869-608X-2019-68-3-249-257.

УДК 004.05

ТЕСТИРОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

^{1,2,3}Ковалев И.В., ^{2,4}Ковалев Д.И., ⁵Боровинский Д.В., ⁴Мансурова Т.П., ^{1,4}Ворошилова А.А.¹ ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: kovalev.fsu@mail.ru;² ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», Красноярск,
e-mail: grimm7jow@gmail.com;³ ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева», Красноярск, e-mail: kovalev.fsu@mail.ru;⁴ Красноярский краевой Дом науки и техники РосСНИО, Красноярск, e-mail: mansurovatp@mail.ru;⁵ ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», Железногорск,
e-mail: b-dim@mail.ru

В статье представлены результаты тестирования алгоритмов муравьиной колонии для формирования программного обеспечения системы обработки данных реального времени долговременной орбитальной станции. Система характеризуется временными ограничениями на реализацию множества выполняемых функций и накладываемыми ограничениями на способы реализации программной избыточности при мультиверсионной реализации программного обеспечения. Таким образом, сравнительный анализ модификаций алгоритмов муравьиной колонии, применяемых для формирования отказоустойчивого программного обеспечения, является актуальной задачей для рассматриваемых систем обработки данных реального времени. Представлен состав модулей тестовой программной системы. Все версии программных модулей характеризуются показателями надежности и стоимости их использования. Учитывается, что каждый режим работы станции характеризуется своим набором модулей, которые обеспечивают выполнение функций этого режима, а также своей целевой функцией и ограничениями на итоговое решение. Для каждого из режимов полета долговременной орбитальной станции представлены соответствующие схемы программной системы. Кратко описаны характеристики режимов, входящие в макетный план полета, которому и соответствуют представленные схемы программной системы. Используемая при тестировании модификация алгоритма муравьиной колонии заключается в изменении формулы расчета весов дуг, введении нового коэффициента, учитывающего ресурсоемкость (стоимость использования модуля) и возможности анализа динамической (изменяемой) архитектуры программы для восходящего принципа проектирования программных систем. В статье представлены графики изменения показателей надежности и стоимости использования модулей программной системы в процессе выполнения плана полета. В результате анализа тестовых данных сделан вывод о том, что модифицированный алгоритм по всем параметрам превосходит стандартный, что должно обеспечить его преимущественное использование при формировании программного обеспечения системы обработки данных реального времени долговременной орбитальной станции.

Ключевые слова: программное обеспечение, система реального времени, алгоритм муравьиной колонии, мультиверсионная программа, тестирование, схема программы

TESTING ANT COLONY ALGORITHMS FOR THE FORMATION OF SOFTWARE FOR REAL TIME SYSTEMS

^{1,2,3}Kovalev I.V., ^{2,4}Kovalev D.I., ⁵Borovinsky D.V., ⁴Mansurova T.P., ^{1,4}Voroshilova A.A.¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: kovalev.fsu@mail.ru;²Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, e-mail: grimm7jow@gmail.com;³Siberian State University of Science and Technologies named after academician M.F. Reshetnev,
Krasnoyarsk, e-mail: kovalev.fsu@mail.ru;⁴Krasnoyarsk Science and Technology City Hall, Krasnoyarsk, e-mail: mansurovatp@mail.ru;⁵Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, e-mail: b-dim@mail.ru.

The article presents the results of testing the ant colony algorithms for the formation of software for the real-time data processing system of a long-term orbital station. The system is characterized by time restrictions on the implementation of a set of performed functions and imposed restrictions on the methods for implementing software redundancy in the case of multiversion software implementation. Thus, a comparative analysis of modifications of the ant colony algorithms used to form fault-tolerant software is an urgent task for the considered real-time data processing systems. The composition of the modules of the test software system is presented. All versions of software modules are characterized by indicators of reliability and cost of their use. It is taken into account that each operating mode of the station is characterized by its own set of modules that ensure the performance of the functions of this mode, as well as its objective function and limitations on the final solution. For each of the flight modes of a long-term orbital station, the corresponding schemes of the software system are presented. The characteristics of the modes included in the mock-up flight plan are briefly described, to which the presented diagrams of the software system correspond. The modification of the ant colony algorithm used in testing consists in changing the formula for calculating the weights of arcs, introducing a new coefficient that takes into account resource intensity (the cost of using the module) and the possibility of analyzing the dynamic (changeable) program architecture for the bottom-up principle of designing software systems. The article presents graphs of changes in reliability indicators and the cost of using software system modules in the process of executing a flight plan. As a result of the analysis of test data, it was concluded that the modified algorithm surpasses the standard one in all parameters, which should ensure its preferential use in the formation of software for the real-time data processing system of a long-term orbital station.

Keywords: software, real-time system, ant colony algorithm, multiversion program, testing, program scheme

В работах [1–3] рассмотрен ряд модификаций алгоритма муравьиной колонии, применяемых для решения задач формирования отказоустойчивых программных систем для управления объектами критических приложений. Такие объекты характеризуются сложностью процессов управления, а системы обработки информации в таких объектах непосредственно влияют на эффективность функционирования аппаратных и программных средств, выполняющих ключевые функции по управлению объектом [4–7]. Система обработки данных реального времени долговременной орбитальной станции (ДОС) характеризуется временными ограничениями на реализацию множества выполняемых функций и накладываемыми ограничениями на способы реализации программной избыточности при мультиверсионной реализации программного обеспечения (ПО) [8]. Таким образом, сравнительный анализ модификаций алгоритмов муравьиной колонии, применяемых для формирования отказоустойчивого ПО, является актуальной задачей для систем данного типа [9–11].

Для возможности тестирования алгоритмов с учетом изменяющейся структуры программной системы (ПС) реального объекта управления рассматривается задача управления системой обработки данных реального времени (СОД РВ) ДОС. Как отмечается в [9], современная ДОС представляет собой аппаратно-программный комплекс с избыточной архитектурой, компоненты которой, как правило, функционально зависимы и структурно взаимосвязаны, что позволяет эффективно выполнять целевые задачи ДОС.

Мультиверсионное программное обеспечение систем обработки данных реального времени ДОС можно рассматривать как иерархическую систему резервирования, обобщенная модель которой представлена в [5]. На бортовые ЭВМ и обеспечивающие системы ДОС в процессе функционирования действуют различные дестабилизирующие факторы. Эти факторы действуют и на систему резервирования, представленную мультиверсионным программным обеспечением, функционирующим в режиме реального времени.

Можно предположить, что возможные изменения в архитектуре программ связаны с нарушением связей между подсистемами ДОС и, соответственно, между модулями мультиверсионного ПО. Эффект «стирания» ребер [12] в схеме программы или частичная или полная недоступность отдельных мультиверсионных программных модулей формирует динамическую (изменяемую) архитектуру ПО СОД РВ ДОС. С точки зрения целево-

го функционирования мультиверсионных программ анализ нарушения связей между модулями показывает, что воздействия данного типа соответствуют переходу на некоторое время, до восстановления структуры программы, на новую структуру с использованием соответствующего пула доступных программных модулей, обеспечивающих выполнение целевой задачи. Таким образом, можно полагать, что дестабилизирующее воздействие на мультиверсионную программу приводит к изменению состава резервированных модулей (мультиверсий) на некотором интервале времени.

Объект управления и постановка задачи

При формулировке тестовой задачи рассматривается четыре группы управляемых процессов в ДОС [9]: процессы движения ДОС; рабочие процессы (целевое назначение ДОС); энергетические процессы; процессы жизнеобеспечения космонавтов. Анализ алгоритмов решения бортовых задач ДОС и их особенностей [10] позволяет ставить задачу формирования мультиверсионного программного обеспечения с динамической (изменяемой) архитектурой.

В общем виде динамическую архитектуру ПО представим, как t -уровневую программную систему с мультиверсиями. Количество мультиверсий i -го типа в f -м модуле программы l -го уровня обозначим b_{if}^i , а c_{lf}^i – f -й модуль l -го уровня мультиверсионной программы.

Для каждого модуля $j \in K$ имеется множество Di мультиверсий i -го типа, доступных для него в системе резервирования. Отметим, что для всех модулей одного множества, множество Di будет иметь один и тот же вид. Тогда «стирание» ребер в графе структуры программы с резервными мультиверсиями модулей, то есть связывающих j -й модуль с доступным для него множеством мультиверсий, соответствует сужению множества $F(Di)$. Это свидетельствует об удалении тех мультиверсий, в которые входят ставшие недоступными ресурсы. Очевидно, что тогда множество дестабилизирующих воздействий на мультиверсионную программу (резервируемую) может быть частично упорядочено относительно сужения множеств $F(Di)$, где $j \in K$.

Применение в этом случае динамической мультиверсионной программной системы позволяет обеспечить результативность функционирования резервированных модульных программ ПО СОД РВ ДОС и выполнить стоящие перед ней целевые задачи.

Основным средством управления ДОС является программа полета. Она состоит из последовательности режимов работы

ДОС [9]. В макетный план полета включены стандартный режим, режим коррекции орбиты, режим внешней деятельности и режим микрогравитации. Поэтому для получения результатов сравнения стандартного и модифицированного алгоритма [1] была создана тестовая задача управления ДОС и выполнения макетного плана полета [11].

Результаты решения тестовой задачи

Программа, реализующая тестовую задачу, представляет из себя 22 модуля по 10 версий в каждом. Все версии программных модулей характеризуются показателями надежности R и стоимости их использования C . Перечень модулей и их назначение представлены в таблице.

Модули тестовой программной системы

Модуль	Назначение
UI	Получение и сбор информации для ее последующего использования
NAV	Выработка управляющих воздействий для движения станции
NAVLIM	Выработка ограничений на управляющие воздействия
ORIENT	Ориентация станции
ROTATION	Вращение станции
MOVE	Движение станции
AMOVE	Сегмент, отвечающий за движение станции
ENERGY	Система энергоснабжения станции
Solar	Управление солнечными батареями
EManager	Распределение энергии на станции
AESM	Взаимодействие с сегментом, отвечающим за энергоснабжение
LSMonitor	Контроль за параметрами жизнедеятельности
LSManager	Изменение параметров жизнедеятельности
BordSystemM	Слежение за параметрами бортовых систем
BordSystemR	Восстановление систем в случае их сбоя
ObjectSDMonitor	Система слежения за внешними объектами
ObjectSDControl	Система контроля скорости и направления внешних объектов
FuelAnalyzer	Сбор и анализ информации об уровнях топлива
RefuelControl	Обеспечение дозаправки станции
ManipulatorControl	Управление внешними манипуляторами станции
ManipulatorLim	Задание ограничений на управляющие воздействия, передаваемые на манипуляторы
DataSaver	Сохранение и отправка данных о работе станции

Схемы ПС каждого из режимов полета ДОС представлены на рис. 1–5. Задача характеризуется следующим планом полета с учетом режима квантования времени [11]:

- Стандартный режим: $0 \leq t < 100$, $C \rightarrow \min$, $R_{\min} = 0,95$.
- Стыковка: $100 \leq t < 200$, $R \rightarrow \max$, $C_{\max} \rightarrow 300$.
- Стандартный: $200 \leq t < 300$, $C \rightarrow \min$, $R_{\min} = 0,95$.
- Внешняя деятельность: $300 \leq t < 400$, $R \rightarrow \max$, $C_{\max} \rightarrow 350$.
- Стыковка: $400 \leq t < 500$, $R \rightarrow \max$, $C_{\max} \rightarrow 250$.
- Коррекция орбиты: $500 \leq t < 600$, $R \rightarrow \max$, $C_{\max} \rightarrow 400$.
- Микрогравитация: $600 \leq t < 700$, $C \rightarrow \min$, $R_{\min} = 0,98$.
- Стандартный: $700 \leq t < 800$, $C \rightarrow \min$, $R_{\min} = 0,95$.

Как следует из рис. 1–5, каждый режим работы станции характеризуется своим набором модулей, которые обеспечивают выполнение его функций, а также своей целевой функцией и ограничениями на итоговое решение.

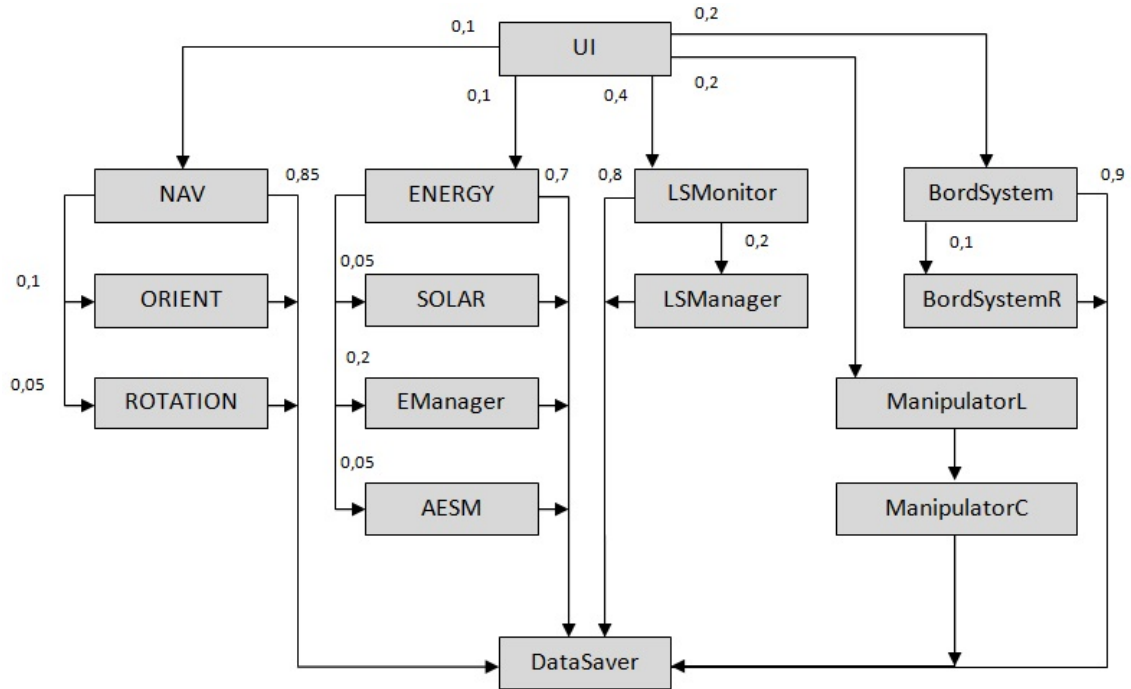


Рис. 1. Схема программы в режиме внешней деятельности

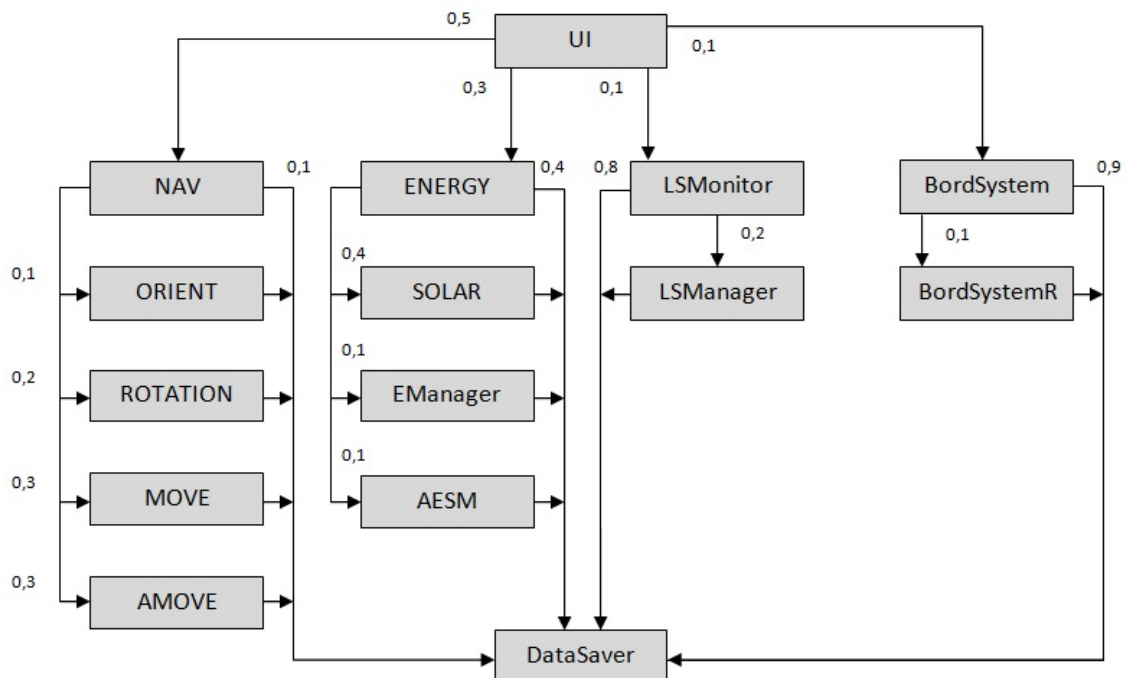


Рис. 2. Схема программы в режиме коррекции орбиты

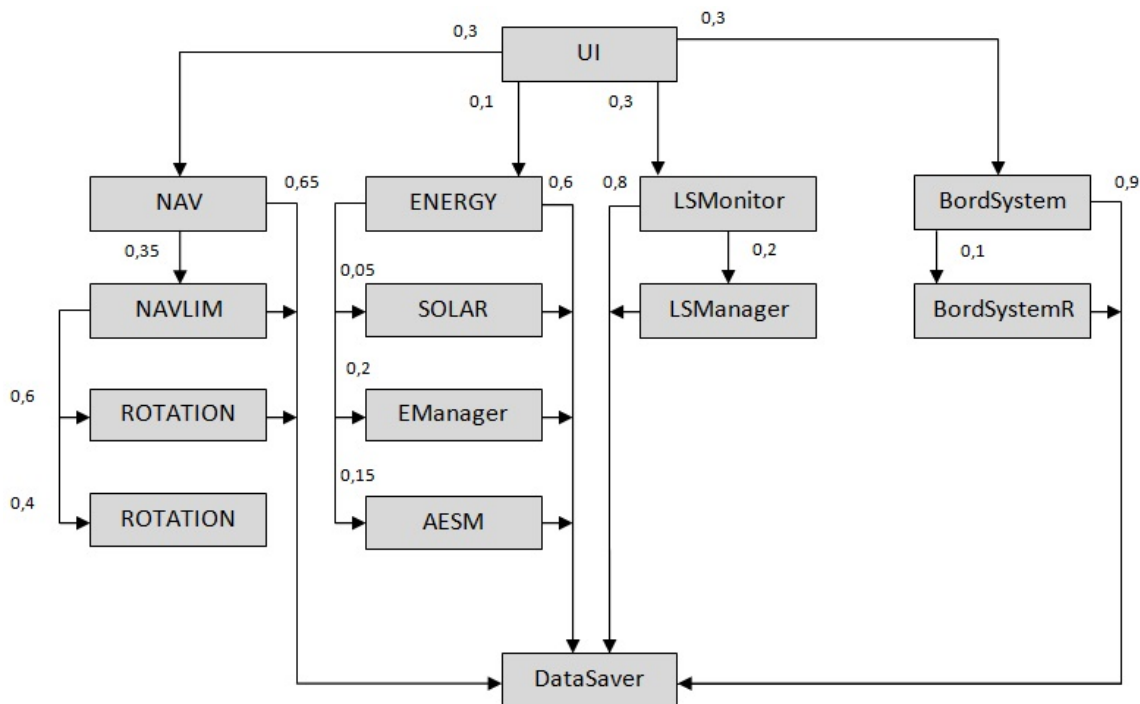


Рис. 3. Схема программы в режиме микрогравитации

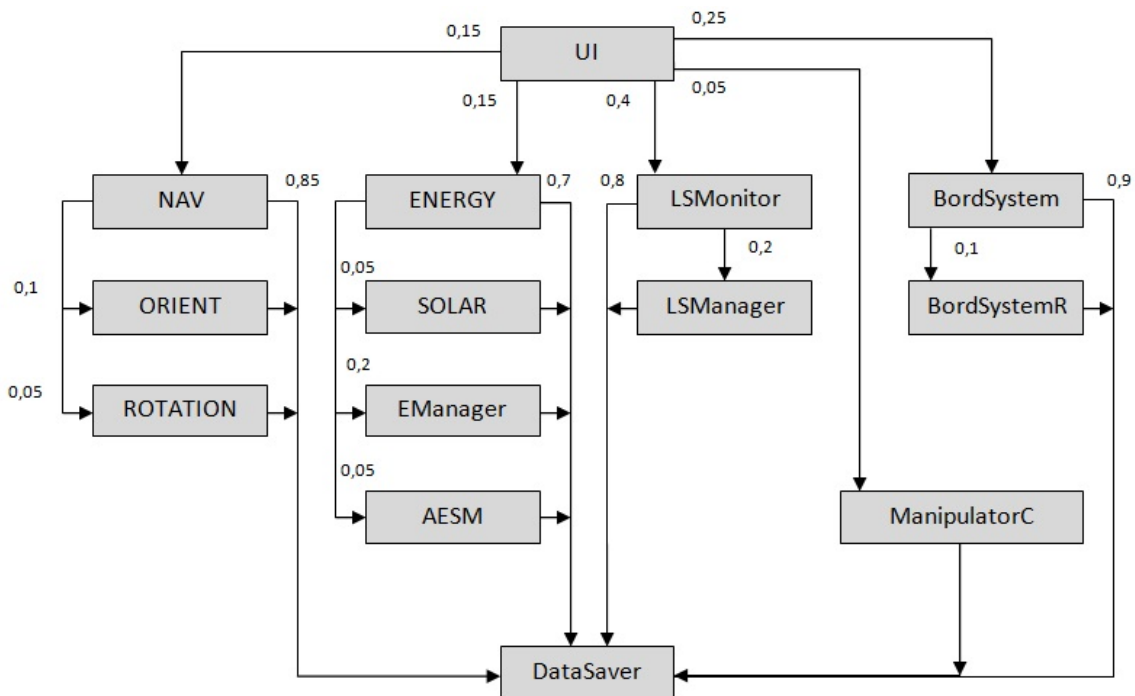


Рис. 4. Схема программы в стандартном режиме

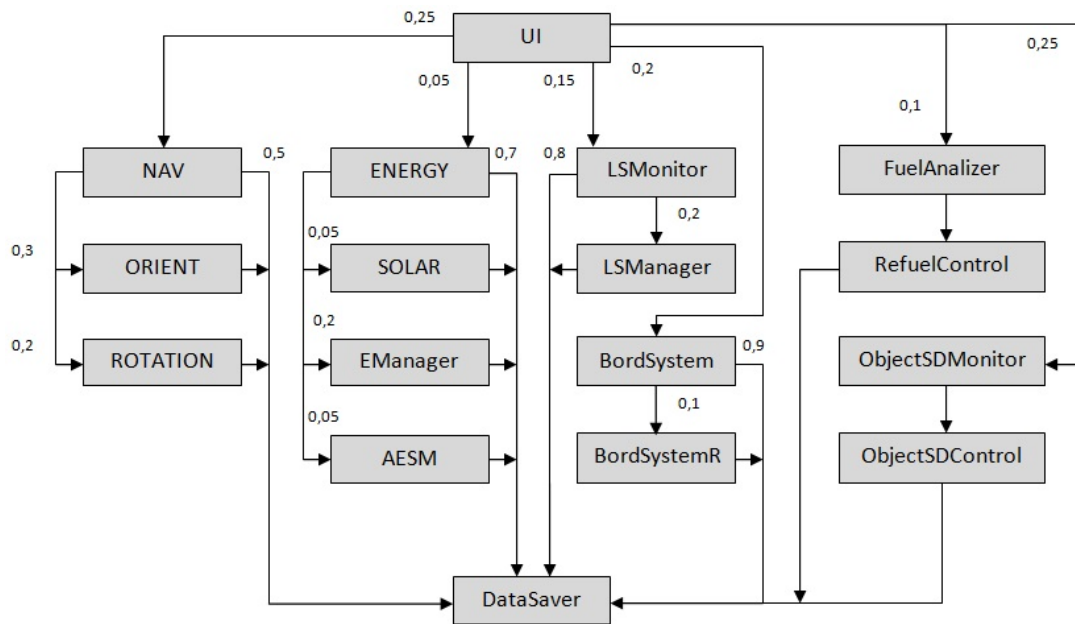


Рис. 5. Схема программы в режиме стыковки

Стандартный алгоритм построен по классической схеме [13–15]. Модификация алгоритма отражена в [1, 3–5] и заключается в изменении формулы расчета весов дуг, введении нового коэффициента, учитывающего ресурсоемкость (стоимость использования модуля C) и возможности анализа динамической (изменяемой) архитектуры для восходящего принципа проектирования ПС.

На рис. 6 представлены графики изменения показателей стоимости использования модулей ПС в процессе выполнения плана полета. В результате анализа полученных

данных было установлено, что среднее значение стоимости, которое достигалось при использовании модифицированного алгоритма, на 4,96 % лучше, чем при использовании стандартного алгоритма. Как видно из графика, модифицированный алгоритм быстрее достигает результатов, которые были достигнуты при использовании стандартного алгоритма. При использовании модифицированного алгоритма тратилось в среднем на 70,86 % меньше времени на достижение результатов, полученных с помощью стандартного алгоритма.

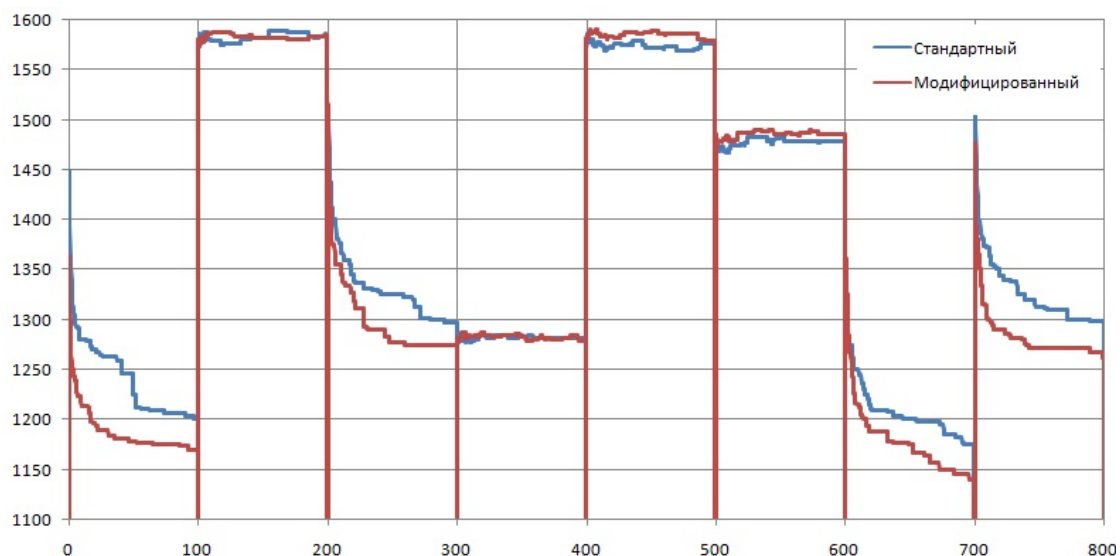


Рис. 6. Изменение стоимости решения в процессе выполнения плана полета

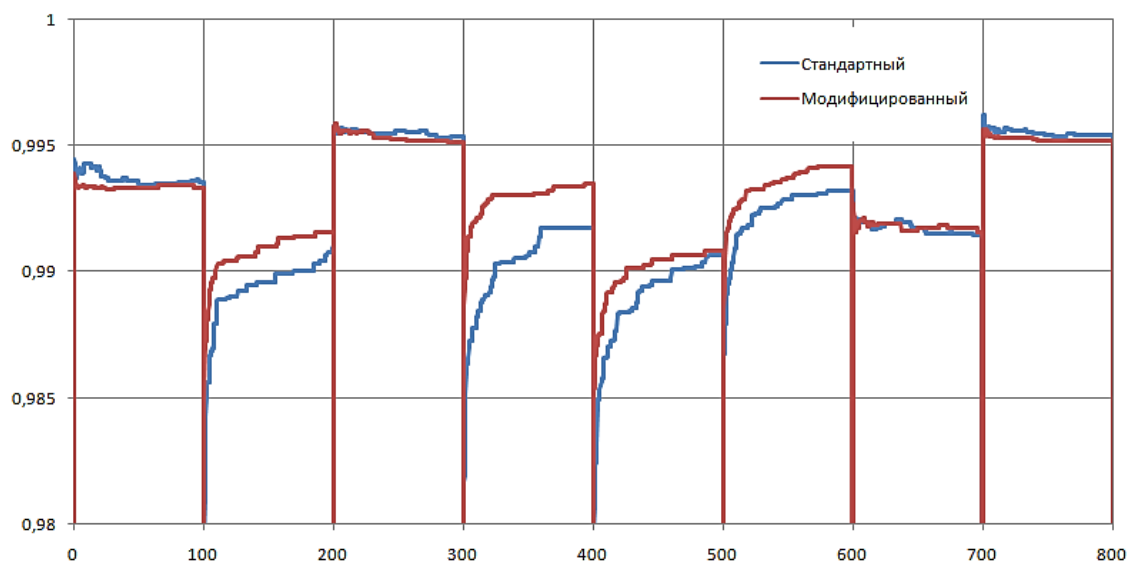


Рис. 7. Изменение надежности ПС решения в процессе выполнения плана полета

На рис. 7 представлены графики изменения показателей надежности ПС в процессе выполнения плана полета. В результате анализа полученных данных было установлено, что среднее значение надежности, которое достигалось при использовании модифицированного алгоритма, на 0,086 % лучше, чем при использовании стандартного алгоритма. График показывает, что модифицированный алгоритм быстрее достигает результатов, которые были достигнуты при использовании стандартного алгоритма. Также при использовании модифицированного алгоритма тратилось в среднем на 59,5 % меньше времени на достижение результатов стандартного алгоритма.

Заключение

Таким образом, в работе представлен сравнительный анализ модификаций алгоритмов муравьиной колонии, применяемых для формирования отказоустойчивого программного обеспечения, реализующего план полета долговременной орбитальной станции, который состоит из последовательности режимов работы ДОС. Выполненный анализ является актуальным для рассматриваемого класса систем обработки данных реального времени. В результате анализа тестовых данных сделан вывод о том, что модифицированный алгоритм муравьиной колонии по всем параметрам превосходит стандартный, что должно обеспечить его преимущественное использование при решении подобного типа задач.

Проведение исследований по проекту осуществляется при поддержке Краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в соответствии с заявкой 2021110907918.

Список литературы

1. Ковалев И.В., Ковалев Д.И., Брит А.А., Сарамуд М.В. Информационная технология для мультиверсионного формирования отказоустойчивых программных систем // Системы управления и информационные технологии. 2021. № 2 (84). С. 56–68. DOI: 10.36622/VSTU.2021.84.2.013.
2. Зенюткин Н.В., Ковалев Д.И., Туев Е.В., Туева Е.В. О способах формирования информационных структур для моделирования объектов, сред и процессов // Современные инновации, системы и технологии. 2021. № 1 (1). С. 10–22. DOI: 10.47813/2782-2818-2021-1-1-10-22.
3. Буховцев Д.Д. Применение модифицированного алгоритма муравьиной колонии для решения задачи календарного планирования распределенных предприятий // Современные инновации, системы и технологии. 2021. № 1 (1). С. 29–42. DOI: 10.47813/2782-2818-2021-1-1-29-42.
4. Бальбердин В.А., Белевцев А.М., Степанов О.А. Анализ основных процессов обеспечения надежности программных средств АСУ специального назначения // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2015. № 3 (164). С. 62–70.
5. Saramud M.V., Kovalev I.V., Losev V.V., Karaseva M.V., Kovalev D.I. On the application of a modified ANT algorithm to optimize the structure of a multiversion software package // Lecture Notes in Computer Science. 2018. Vol. 10941. P. 91–100.
6. Липаев В.В. Надежность и функциональная безопасность комплексов программ реального времени. М.: ЗАО «Светлица», 2013. 192 с.
7. Данилов А.А. Комплекс программ оценивания надежности и планирования разработки программных средств на основе динамических моделей // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2017. № 4. С. 18–24.

8. Грузенкин Д.В., Якимов И.А., Кузнецов А.С., Царев Р.Ю. Определение метрики диверсифицированности мультиверсионного программного обеспечения на уровне алгоритмов // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 6. С. 36–40.
9. Микрин Е.А., Кульба В.В., Павлов Б.В. Разработка моделей и методов проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов // *Автоматика и телемеханика*. 2013. № 3. С. 38–50.
10. Зубов Н.Е., Ли М.В., Микрин Е.А., Рябченко В.Н. Терминальное построение орбитальной ориентации космического аппарата // *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. 2017. № 4. С. 154–173. DOI: 10.7868/S0002338817040138.
11. Микрин Е.А., Сомов С.К. Оптимизация резервирования информации в распределенных системах обработки данных реального времени // *Проблемы управления*. 2016. № 6. С. 47–52.
12. Быкова В.В. О мерах целостности графов: обзор // *Прикладная дискретная математика*. 2014. № 4 (26). С. 96–111.
13. Dorigo M., Stutzle T. *Ant Colony Optimization*. Cambridge: MIT Press, 2004. 305 p.
14. Белых М.А., Барабанов В.Ф., Подвальный С.Л., Донских А.К. Структура интеллектуальной системы поддержки эволюционных алгоритмов // *Вестник Воронежского государственного технического университета*. 2021. Т. 17. № 3. С. 7–13.
15. Лебедев Б.К., Лебедев О.Б., Лебедева Е.М. Однородная распределительная задача на основе моделей адаптивного поведения муравьиной колонии // *Программные продукты и системы*. 2017. Т. 30. № 2. С. 217–226. DOI: 10.15827/0236-235X.118.217-226.

УДК 519.7/.8

МЕТОД ИНТЕГРАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ВОЗМУЩЕНИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМЫ АНАЭРОБНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

¹Колесникова С.И., ²Цветницкая С.А., ¹Фоменкова А.А.¹ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: skolesnikova@yandex.ru;
²ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет»,
Томск, e-mail: svetasa@sibmail.com

Рассмотрена математическая модель анаэробного биореактора как объекта мониторинга и управления. При этом акцент сделан на исследовании устойчивых состояний биореактора, обладающих аттрактивным свойством (инвариантов) и желательных с точки зрения эксплуатации в течение длительного времени. Целевые инварианты отражают заданные технологические и/или энергетические требования к системе в установившемся режиме. Дана краткая характеристика основных направлений имеющихся исследований по вопросу применяемого математического аппарата управления биореакторами. Представлены два подхода к достижению инварианта с заданными свойствами: аналитический (на основе интегральной адаптации – одного из основных методов синергетической теории управления) и численный (на основе компьютерного имитационного моделирования стационарного состояния со свойством устойчивости). Показана робастность первого подхода и привлекательная простота второго при условии достаточно полного описания математической модели биореактора. Приведены данные моделирования двух подходов для модели анаэробного биореактора со взвешенно-седиментированной биомассой в задаче максимизации выхода биогаза и достижения показателя эффективности заданной степени очистки на выходе реактора. Демонстрируются свойства робастности системы управления на базе метода интегральной адаптации для разного типа возмущений, действующих на объект по каналу управления.

Ключевые слова: устойчивость состояния, аттрактивные свойства состояния, инвариант, имитационная модель биореактора, метод интегральной адаптации, энергоэффективность

METHOD OF INTEGRAL ADAPTATION FOR DISTURBANCE COMPENSATION IN SIMULATION OF ANAEROBIC BIOLOGICAL PURIFICATION SYSTEM

¹Kolesnikova S.I., ²Tsvetnitskaya S.A., ¹Fomenkova A.A.¹Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg,
e-mail: skolesnikova@yandex.ru;²National Research Tomsk State University, Tomsk, e-mail: svetasa@sibmail.com

A mathematical model of an anaerobic bioreactor as an object of monitoring and control is considered. At the same time, the emphasis is on the study of stable states of the bioreactor, which have an attractive property (invariants) and are desirable from the point of view of operation for a long time. Target invariants reflect the specified technological and/or energy requirements for the system in steady state. A brief description of the main directions of existing research on the applied mathematical apparatus for controlling bioreactors is given. Two approaches to achieving an invariant with given properties are presented: analytical (based on integral adaptation – one of the main methods of synergetic control theory) and numerical (based on computer simulation of a stationary state with the property of stability). The robustness of the first approach and the attractive simplicity of the second one are shown, provided that the mathematical model of the bioreactor is sufficiently described. The simulation data of two approaches for the model of an anaerobic bioreactor with suspended-sedimented biomass in the problem of maximizing the biogas yield and achieving the efficiency index of a given degree of purification at the reactor outlet are presented. The robustness properties of the control system are demonstrated on the basis of the integral adaptation method for various types of disturbances acting on the object through the control channel.

Keywords: stability of the state, attractive properties of the state, invariant, bioreactor simulation model, integral adaptation method, energy efficiency

Создание общего аппарата анализа, оценивания состояния и управления сложных технических систем, под которыми будем понимать некоторую структуру функционально взаимодействующих подсистем даже с известной (нелинейной, вообще говоря) математической моделью их функционирования, вряд ли возможно: «...не верю, что можно найти общие закономерности в поведении сложных систем» (Джон фон Нейман).

Система анаэробной биологической очистки (САБО) [1] как объект моделирования [2, 3], анализа [4] и конструирования системы управления [5] обладает всеми признаками сложного объекта [6] (по Л.А. Растригину), поведение которого существенно усложняется наличием динамики биомассы с математическим описанием в виде уравнений динамики «хищник – жертва»: 1) отсутствие полного математического описания; 2) «зашумленность» объекта (системы),

реализуемая неожиданностью поведения объекта для исследователя; 3) «сопротивляемость» к управлению; 4) нестационарность системы (дрейф характеристик во времени); 5) неоднородность (неповторяемость) результатов экспериментов и слабая доступность к их проведению; 6) многомерность, многосвязность основных характеристик; 7) нелинейность многомерного описания.

Цель настоящего исследования – изложение двух подходов к стабилизации желаемых состояний систем анаэробной биологической очистки сточных вод (САБО): аналитического на основе концепции самоорганизации [6, 7] и имитационного, и их численное сравнение на предмет робастности в условиях неизвестных возмущений.

1.1. Математическая модель САБО как объекта управления

Согласно базовой модели ADM-1 [1] для описания работы анаэробного биореактора достаточно рассмотрения двухстадийной модели процесса (рис. 1), исходя из которой концентрация органического загрязнения сточной воды пересчитывается в эквивалентную концентрацию глюкозы S .

На вход в биореактор подается сточная вода с эквивалентной концентрацией глюкозы S_{in} . Двухстадийный процесс анаэробного брожения, протекающий по схеме: $S + B_1 \rightarrow P, P + B_2 \rightarrow G$ с вектором состояний $X \in R^7, X = (S, B_1, P, B_2, G, \theta, Q)^T$ характеризуется следующей динамикой: в биореактор-смеситель объемом V, m^3 в момент времени t подается субстрат с расходом $Q(t) = Q_{in}(t), m^3 \text{сут}^{-1}$ и концентрацией органических загрязнений $S = S_{in}(t), \theta$ – рабочая температура процесса. На выходе биореактора формируется поток очищенной воды с концентрацией загрязнений $S_{out}(t) = S(t) + P(t)$, состоящих из остатков исходного субстрата с концентрацией $S(t)$ и промежуточных продуктов анаэробного брожения с концентрацией $P(t)$. В процессе очистки исходное органическое загрязнение проходит стадии кислотогенеза и метаногенеза. В результате жизнедеятельности кислотогенной биомассы с концентрацией B_1 образуются промежуточные продукты очистки, которые перерабатываются в биогаз метаногенной биомассой с концентрацией B_2 . Трофическая цепь двухстадийного процесса анаэробного брожения имеет иерархический вид (знаком «●» здесь обозначена взаимосвязь в паре «хищник – жертва»):

Кислотогенез. Субстрат-жертва (S)●Биомасса-хищник (B_1) \Rightarrow Продукт (P);

Метаногенез. Продукт (P)-жертва (S)●Биомасса-хищник (B_2) \Rightarrow Газ (G).

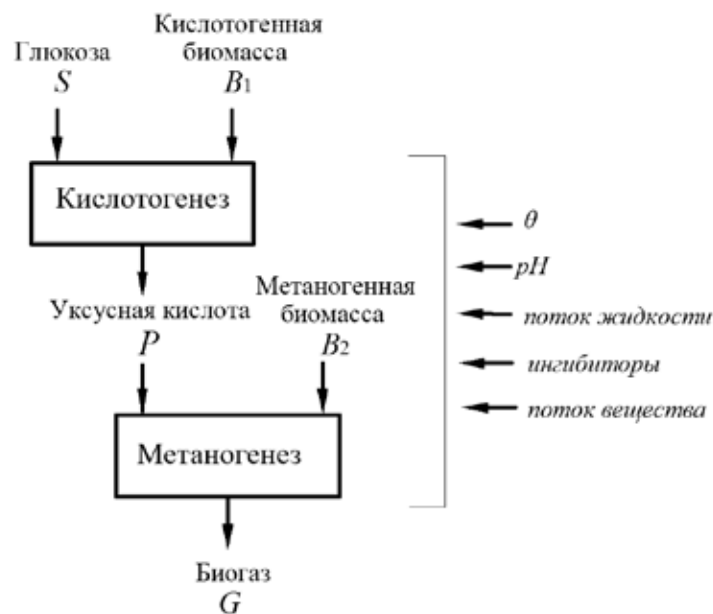


Рис. 1. Схема двухстадийного процесса анаэробного разложения органического загрязнения сточной воды в анаэробном биореакторе

1.2. Анаэробный биореактор со взвешенно-седиментированной биомассой

Рассмотрим для определенности математическое описание вида, структурная схема мониторинга с наблюдателем состояний которого представлена в [5]:

$$\begin{aligned} \dot{S}(t) &= f_1(t) - (\mu_{\max 1}/Y_{X1} + K_{mX1})\lambda_1(t)B_1(t) - B_1(t)K_{SX1}, \\ \dot{B}_1(t) &= -V^{-1}Q_{in}(t)B_1(t) + \frac{\mu_{\max 1}S(t)B_1(t)}{K_{S1} + S(t) + K_i^{-1}S(t)^2} - k_{d1}B_1(t), \\ \dot{P}(t) &= f_3(t) + Y_{S1}B_1(t)(K_{SX1} + K_{mX1}\lambda_1(t)) - \left(\frac{\mu_{\max 2}}{Y_{X2}} + K_{mX2} \right) \frac{P(t)B_2(t)}{K_{S2} + P(t) + K_i^{-1}P(t)^2} - B_2(t)K_{SX2}, \\ \dot{B}_2(t) &= -V^{-1}Q_{in}(t)B_2(t) + \mu_{\max 2}P(t)B_2(t)/(K_{S2} + P(t))^{-1} - k_{d2}B_2(t), \\ \dot{G}(t) &= -G(t) + \frac{V_{m\max}P(t)}{K_m + P(t)} \frac{B_2(t)K_{im}}{K_{im} + P(t)} + (\mu_{\max 1}\lambda_1(t)B_1(t)Y_{CO_2S} + \mu_{\max 2}\lambda_2(t)B_2(t)Y_{CO_2P}) \frac{M_{CO_2}}{M_B}, \\ \lambda_j(t) &= \frac{S(t)}{K_{Sj} + S(t)}, j = 1, 2; \\ f_1(t) &= \frac{Q_{in}(t)}{V}(S_{in}(t) - S(t)), f_2(t) = \frac{Q_{in}(t)}{V}(B_{in}(t) - B_1(t)), f_3(t) = -\frac{Q_{in}(t)}{V}P(t). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь $Y_{Xj}, Y_{Sj}, Y_{CO_2S}, Y_{CO_2P}, K_{SXj}, K_{mX}, K_S, K_i, K_{im}, \mu_{\max j}, k_{dj}, j = 1, 2$; – кинетические постоянные, определяемые эмпирически с учетом двух групп микроорганизмов – кислотогенов и метаногенов с концентрациями B_1 и B_2 соответственно.

Функции $f_1(t), f_2(t), f_3(t)$ характеризуют поступление и отвод субстрата, биомассы и продуктов биохимической реакции соответственно.

1.3. Используемый аппарат управления процессами в биореакторах

Математический аппарат, используемый в контексте управления процессами биореактора (принцип максимума Понтрягина (В.В. Кафаров, 1988), релейное управление (А.Н. Кириллов, 2011), АКАР (В.Ю. Невинцын, 2013; Е.К. Грудяева, 2015), ПИ-регулирование (Е. Ali, 1999; J. Busch, 2008), скользящие режимы (Н.Т. Там, 2003), Nonlinear Model Predictive Control (J. Busch, 2008) и др.), подтверждает нетривиальность проблемы воздействия на биохимические процессы биореактора (обзор проблем управления в [8–10], без претензий на полноту приведенных ссылок):

1) все системы биологической очистки имеют нелинейное описание и наличие возмущений по ряду параметров, динамика частных процессов подчиняется системам уравнений в частных производных, что приводит либо к невозможности непосредственного применения классических алгоритмов управления, либо к громоздкости вычисли-

тельных процедур при использовании в реальном режиме времени [11, 12];

2) непосредственное корректное применение классических методов теории оптимального управления возможно только для хорошо формализованных и корректно линеаризованных объектов со всеми вытекающими от операции линеаризации побочными эффектами [8, 9, 11];

3) не существует универсального общего подхода к управлению с наблюдателем состояний сложного объекта (оценкой неизмеряемых непосредственно переменных); имеют место: затруднительная практическая осуществимость; частичная нефизичность и неинтерпретируемость полученных управлений; учет наблюдаемости всех переменных в процессе построения регуляторов [11–13]; неадаптивность самого управления в неустойчивых режимах; необходимость параметризации линеаризации при попытке учесть нелинейность исходного описания в регуляторе.

Ниже представлены два подхода к управлению: первый – эвристический, реализующий стабилизацию САБО в окрестности устойчивого состояния, отвечающего технологическим условиям; второй – аналитический, основан на принципах синергетической

теории управления и метода интегральной адаптации, компенсирующий ограниченные возмущения по каналу управления.

Первый подход – эвристический, основан на численном поиске искомой ситуации в имитационной модели и наиболее распространен для сложных систем, но требующий точного знания уравнений динамики

всех переменных объекта управления. Второй подход, по мнению авторов статьи, является наиболее перспективным на роль основы общей методологии конструирования энергоэффективного воздействия на сложный объект, функционирующий в неполно определенной среде, обеспечивающий целевой системе робастные свойства.

2. Подход к решению задачи стабилизации на основе целевых инвариантов САБО.

Стационарные состояния системы $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$, $\mathbf{x}, \mathbf{f} \in R^n$ (состояния равновесия) характеризуются уравнением $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = 0$.

Для (1) вектор $\mathbf{x}^0 = (x_1^0 \ x_2^0 \ x_3^0 \ x_4^0 \ x_5^0)^T = (S^0 \ B_1^0 \ P^0 \ B_2^0 \ G^0)^T$ стационарных состояний соответствует соотношениям

$$\begin{aligned} S^0 &= -\frac{(Q_{in}V^{-1} - k_{d1}(\theta))K_{S1}(\theta)}{Q_{in}V^{-1} - k_{d1}(\theta) - \mu_{\max 1}(\theta)}; B_1^0 = \frac{Q_{in}}{V} \frac{S_{in} - S^0}{S^0(\mu_{\max 1}Y_{X1}^{-1} + K_{mX1})(K_{S1} + S^0)^{-1} + K_{SX1}}; \\ P^0 &= -\frac{(Q_{in}V^{-1} - k_{d1}(\theta))K_{S2}(\theta)}{Q_{in}V^{-1} - k_{d2}(\theta) - \mu_{\max 2}(\theta)}; \\ B_2^0 &= \frac{(K_{S2} + P^0)\left(Y_{S1}B_1^0(K_{SX1} + K_{mX1}S^0(K_{S1} + S^0)^{-1}) - Q_{in}V^{-1}P^0\right)}{K_{SX2}(K_{S2} + P^0) + (\mu_{\max 2}Y_{X2}^{-1} + K_{mX2})P^0}; \\ G^0 &= V_{m\max} \frac{P^0 B_2^0}{K_m + P^0} \cdot \frac{K_{im}}{K_{im} + P^0} + \left(\mu_{\max 1} \frac{S^0 B_1^0}{K_{S1} + S^0} Y_{CO_2S} + \mu_{\max 2} \frac{P^0 B_2^0}{K_{S2} + P^0} Y_{CO_2P} \right) \frac{M_{CO_2}}{M_B}. \end{aligned} \quad (2)$$

2.1. Исследование устойчивости точки равновесия

Состояние равновесия является устойчивым по Ляпунову, если малое изменение начальных условий объекта $|\mathbf{x}(0) - \mathbf{x}_0| < \delta$, $\delta > 0$ приведет к малым изменениям состояния с течением времени $|\mathbf{x}(t) - \mathbf{x}_0| < \varepsilon$, $t > t_0$, $\varepsilon > 0$, согласно описанию $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x})$, $\mathbf{x}, \mathbf{f} \in R^n$. Состоянию равновесия $S^0 = 0.577$, $B_1^0 = 0.136$, $B_2^0 = 0.158$, $G^0 = 1.79 \times 10^{-4}$, $P^0 = 0.83$, согласно уравнениям (2), сопоставлен вектор $\lambda = (-1 \ 0 \ -0.065 \ -0.017 + 0.057i \ -0.017 - 0.057i)^T$ собственных значений матрицы Якоби с отрицательными вещественными частями собственных чисел (кроме 2-й координаты), свидетельствующий в целом о его устойчивости.

2.2. Стабилизация САБО в окрестности устойчивого состояния с приемлемыми свойствами на основе численного моделирования

Для заданных входных данных: V (объем реактора), S_{in} (входная загрязненность), θ (температура) найти значение θ^* , обеспечивающей заданную степень очистки

$$f_c(S_{in}, S, P) = \frac{S_{in} - (S + P)}{S_{in}} 100\% \text{ на выходе}$$

реактора, при ограничении на значение гидравлического времени $V/Q_{in} < t_{st}$.

1. Зададим начальные значения $f_c(S_{in}, S, P)$, t_{st} , Q_{in} , удовлетворяющие ограничению $V/Q_{in} < t_{st}$: $f_c = 90\%$, $t_{st} = 250$, $Q_{in} = 10$.

2. Вычислим массив значений стационарных точек системы по формулам (2) в соответствии с изменением температуры θ от 25 °C до 45 °C (рис. 2), определяя для каждой i -й стационарной точки значение степени очистки $f_{c,i}(S_{in}^0, S^0, P^0)$.

3. Проверяем условие: если $|f_{c,i}(S_{in}^0, S^0, P^0) - f_c| < 1\%$, запоминаем соответствующую температуру θ , соответствующую заданной степени очистки.

Результат работы программы в соответствии с данным алгоритмом: $f_c(S_{in}^0, S^0, P^0) = 90.799\%$ при $\theta = 28 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 2) и вектором состояния $(S^0 \ B_1^0 \ P^0 \ B_2^0 \ G^0)^T$ с координатами

$$S^0 = 0.231 \text{ кг}_{\text{ХПК}} / \text{м}^3, \ B_1^0 = 0.07 \text{ кг} / \text{м}^3, \ B_2^0 = 0.172 \text{ кг} / \text{м}^3,$$

$$G^0 = 3.066 \times 10^{-4} \text{ кг} / (\text{м}^3 \text{с}), \ P^0 = 0.2 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

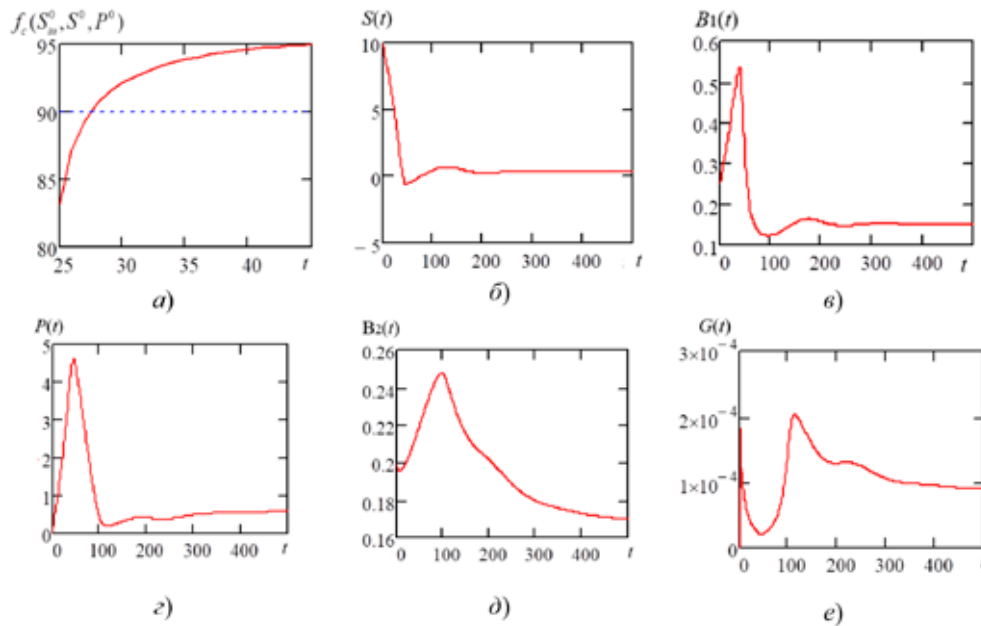


Рис. 2. а) динамика степени очистки на выходе реактора при заданных начальных условиях и выбранном управляющем показателе; б) – е) характер переходных процессов по каждой координате объекта управления (1)

3. Стабилизация САБО в окрестности устойчивого состояния с компенсацией неизвестных возмущений на основе алгоритма интегральной адаптации

(Nonlinear ADaptation (NAD)). Реализация NAD-алгоритма имеет следующие положения [7]:

1. Задание целевых (желаемых) значений для L управляемых переменных.

Пример векторной макропеременной при $L = 2$ для (1). Основной целью функционирования биореактора в САБО является снижение концентрации органического загрязнения сточной воды до (или ниже) нормативного значения $S_{\text{норм}}$. При этом желательно максимально полно преобразовать загрязнения в биогаз. Если G^* – расчетное количество биогаза, которое возможно получить, то целевая макропеременная может принять вид

$$\psi_1^*(t) = S_{\text{out}}(t) + P_{\text{out}}(t) - S_{\text{норм}} \rightarrow 0;$$

$$\psi_2^*(t) = G_{\text{out}}(t) - G^* \rightarrow 0, t \rightarrow \infty.$$

При этом описание (1) преобразуется добавлением/изменением уравнений для организации обратной связи, например, дополнительных уравнений вида

$$\dot{\theta}(t) = \zeta_1(t) + u_1(t), \ \dot{Q}(t) = \zeta_2(t) + u_2(t). \quad (3)$$

2. Расширение фазового пространства за счет моделирования возмущения, система (1) дополняется уравнениями вида

$$\dot{z}_l(t) = \eta_l \psi_l^*(t), \ \eta_l > 0, \ l = 1, L,$$

где L – размерность вектора управления, $z_l(t)$ – аддитивная модель возмущения $\zeta_l(t)$ по l -му каналу управления, $\psi_l^*(t)$ – l -я целевая макропеременная.

3. Осуществление классического АКАР-синтеза [7] для полученной замкнутой системы тем лишь различием, что на конечном этапе синтеза достигаемая l -я цель управления будет иметь описание не $\psi_l^*(t) = 0, t \rightarrow \infty$, а $\psi_l^*(t) + z_l(t) = 0, t \rightarrow \infty$ (подробно в [14]).

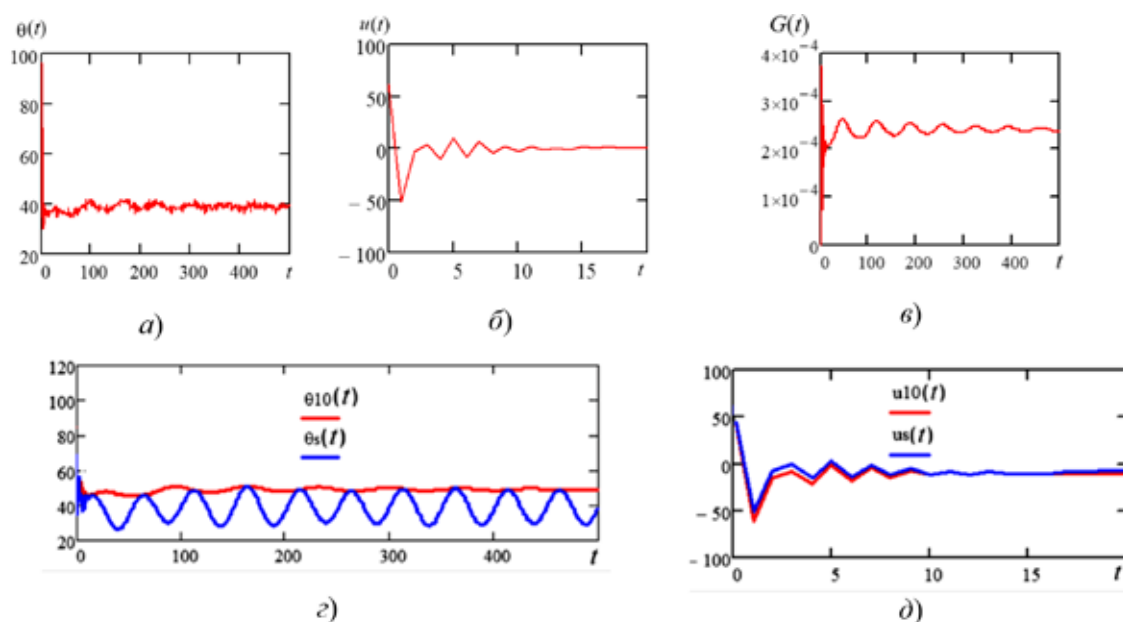


Рис. 3. а), б) форма изменения управляющей переменной, величины воздействия и в) стабилизируемой переменной соответственно, со случайным возмущением $N(0;1)$; в), д) θ_s , u_s ; θ_{10} , u_{10} температура и управления при гармонической помехе и постоянной помехе $\zeta(i\Delta) = 10$ соответственно; Δ – настраиваемый интервал дискретизации

Утверждение. Если вид нелинейного описания математической модели процессов биореактора допускает существование классического АКАР-управления без учета возмущения, то существует NAD-управление, на основе которого осуществляется компенсация неизвестных ограниченных аддитивных возмущений по каналам воздействия.

Доказательство утверждения основано на конструктивном NAD-алгоритме [7, 15]. На рис. 3 иллюстрируются робастные свойства NAD-алгоритма для случая $L = 1$ с управлением по температуре и разными типами возмущений (постоянным, гармоническим, случайным).

Заключение

Постановки задач управления для объектов с нелинейным описанием и заданием целесообразных предельных законов функционирования, отражающих технологические требования к целевой системе, связаны с изучением следующих вопросов:

- математические условия конструирования физической системы управления;
- условия существования одного или нескольких решений для управления;
- физическая интерпретация локальных функционалов, сопровождающих синтез регуляторов и практическая реализация полученных систем управления.

Для выбираемого воздействия на объект традиционно требуется информация о полном векторе состояния объекта. В рассмотренном здесь объекте (САБО) непосредственному измерению доступны не все координаты, для части координат в реальных системах это либо технически трудно реализуемо, либо физически невозможно, поскольку на скорость и качество химических реакций влияют многие факторы, не все учитываемые в модели. Таким образом, неизбежное наличие немоделируемой динамики не только возможно, но и может играть нежелательную роль, приводящую к неустойчивым состояниям САБО.

Новое направление в теории нелинейного адаптивного управления, реализованное методом интегральной адаптации, на основе которого решена задача компенсации возмущения в объекте (1) по каналу управления, позволяет конструировать робастные системы управления без получения текущей информации об изменении параметров объекта и внешней среды.

Основная идея используемого NAD-алгоритма состоит в введении в каналы управления интеграторов, обеспечивающих подавление кусочно-постоянного возмущения, аддитивно входящего в уравнение с управлением (в установившемся режиме работы системы).

Собирая известные положения:

а) непрерывные функции (возмущения) моделируются решениями некоторых дифференциальных уравнений (обоснование АКАР-синтеза синергетических регуляторов в [13]);

б) любая измеримая ограниченная функция представима как равномерный предел кусочно-постоянных функций –

допустимо применение NAD-алгоритма для любого ограниченного возмущения, не выводящего из условий применимости АКАР-метода. Вопрос только в величине радиуса окрестности целевого множества, требующий отдельного изучения для конкретного вида математической модели.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ № 20-08-00747.

Список литературы

1. Batstone D., Keller J., Angelidaki I., Kalyuzhnyi S., Pavlostathis S., Rozzi A., Sanders W., Siegrist H., Vavilin V. The IWA anaerobic digestion model No 1. *Wat. Sci. Technol.* 2002. Vol. 45. No. 10. P. 65–73.
2. Narayanan C.M., Narayan V. Biological wastewater treatment and bioreactor design: a review. *Sustain Environ.* 2019. Vol. 29. No. 33. DOI: 10.1186/s42834-019-0036-1.
3. Lauwers J., Appels L., Thompson I.P., Degreè J., Van Impe J.F., Dewil R. Mathematical modelling of anaerobic digestion of biomass and waste: Power and limitations. *Progress in Energy and Combustion Science.* 2013. Vol. 39. No. 4. 2013. P. 383–402. DOI: 10.1016/j.pecs.2013.03.003.
4. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии: Основы стратегии. М.: Юрайт, 2018. 499 с.
5. Фоменкова А.А., Ключарев А.А., Колесникова С.И. Синтез системы управления, мониторинга и оценивания состояния анаэробного биореактора // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2022. Т. 26. № 1. С. 21–33. DOI: 10.38028/ESI.2022.25.1.002.
6. Иваницкий Г.Р. Самоорганизующаяся динамическая устойчивость биосистем, далёких от равновесия // Успехи физических наук. 2017. Т. 187. № 7. С. 757–784.
7. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. М.: Либроком, 2012. 237 с.
8. Petre E., Selişteanu D., Roman M. Advanced nonlinear control strategies for a fermentation bioreactor used for ethanol production. *Bioresource Technology.* 2021. Vol. 328. DOI: 10.1016/j.biortech.2021.124836.
9. Robles A., Ruano M.V., Charfi A., Lesage G., Heran M., Harmand J., Seco A., Steyer J.-Ph., Batstone D.J., Kim J., Ferrer J. A review on anaerobic membrane bioreactors (AnMBRs) focused on modelling and control aspects. *Bioresource Technology.* 2018. Vol. 270. P. 612–626. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.09.049.
10. Грудяева Е.К., Душин С.Е., Кузьмин Н.Н. Динамические модели управляемых биохимических процессов очистки сточных вод // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 9. С. 732–737.
11. Neto O.B.L., Mulas M., Corona F. About the classical and structural controllability and observability of a common class of activated sludge plants. *Journal of Process Control.* 2022. Vol. 111. P. 8–26. DOI: 10.1016/j.jprocont.2021.12.013.
12. Alex dos Reis de Souza, Efimov D., Polyakov A., Gouzé J.-L. Observer-Based Robust Control of a Continuous Bioreactor with Heterogeneous Community. *IFAC-PapersOnLine.* 2020. Vol. 53. Iss. 2. P. 11800–11805. DOI: 10.1016/j.ifacol.2020.12.689.
13. Fruchard M., Bernard O., Gouzé J.-L. Interval observers with confidence levels. application to the activated sludge process. *Proceedings of the IFAC World Congress.* – Barcelona, Spain, 2002. Vol. 35. P. 413–418.
14. Фоменкова А.А., Ключарев А.А., Колесникова С.И. Formalization of target invariants and designing an adaptive control system for the model of anaerobic biological wastewater treatment. *J. Phys.: Conf.* 2021. 2099 012035. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2099/1/012035> (дата обращения: 04.05.2022).
15. Kolesnikova S.I. Synthesis of the control system for a second order non-linear object with an incomplete description. *Automation and Remote Control.* 2018. Vol. 79. No. 9. P. 1556–1566.

УДК 621.865.8

АВТОМАТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ И СОРТИРОВКА БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Костин С.В., Шамраев А.А., Якимайнен Д.С.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: sergheous@yandex.ru, shamraev@bsu.edu.ru, 1248975@bsu.edu.ru

Эффективность классификации бытовых отходов путем использования человеческих ресурсов становится недостаточной для ряда предприятий промышленности (например, по сортировке бытовых отходов). Это объясняется все более возрастающей тенденцией к созданию автоматизированных производств. В то же время ручной труд, применяемый в процессе сортировки мусора, значительно ограничен возможностями человеческого зрения и физической активностью рабочего. В связи с этим активно рассматриваются технические решения, построенные на автоматической классификации бытовых отходов. В статье проведен обзор имеющихся технологий автоматической классификации бытовых отходов в задачах их сортировки. Выявлены критерии оценки эффективности, основанные на показателях быстродействия, точности и себестоимости. Рассмотрены методы, компоненты реализаций и недостатки наиболее распространенных решений по автоматической классификации. Предложена реализация автоматической классификации бытовых отходов на основе использования нейросетевого модуля распознавания архитектуры YOLOv4. Для осуществления отслеживания (трекинга) объектов мусора предлагается использовать SORT-алгоритм на основе использования расстояния Махаланобиса и фильтра Калмана. Предложенному решению также дана оценка эффективности в сравнении с описанными аналогами исходя из произведенного тестирования по вышеупомянутым критериям оценки. Полученные авторами результаты свидетельствуют о пригодности предложенного подхода по организации автоматической классификации бытовых отходов в задачах их сортировки.

Ключевые слова: классификация, бытовые отходы, автоматизация сортировки, YOLO, SORT алгоритм

AUTOMATIC CLASSIFICATION AND SORTING OF THE HOUSEHOLD WASTE

Kostin S.V., Shamraev A.A., Yakimaynen D.S.

Belgorod National Research University, Belgorod,
e-mail: sergheous@yandex.ru, shamraev@bsu.edu.ru, 1248975@bsu.edu.ru

The efficiency of classification of household waste through the use of human resources is becoming insufficient for a number of industrial enterprises, for example, for sorting household waste. This is explained by the increasing trend towards the creation of automated production facilities. At the same time, manual labor used in the process of sorting garbage is significantly limited by the capabilities of human vision and physical activity of the worker. In this regard, technical solutions based on automatic classification of household waste are being actively considered. The article provides an overview of the available technologies for automatic classification of household waste in the tasks of sorting them. Efficiency evaluation criteria based on performance indicators, accuracy and cost have been identified. Methods, components of implementations and disadvantages of the most common solutions for automatic classification are considered. The implementation of automatic classification of household waste based on the use of the YOLOv4 neural network architecture recognition module is proposed. To carry out tracking (tracking) of garbage objects, it is proposed to use a SORT algorithm based on the use of the Mahalanobis distance and the Kalman filter. The proposed solution is also evaluated for effectiveness in comparison with the described analogues based on the testing performed according to the above-mentioned evaluation criteria. The results obtained by the authors indicate the suitability of the proposed approach for the organization of automatic classification of household waste in the tasks of sorting them.

Keywords: classification, household waste, sorting automation, YOLO, SORT algorithm

В современном мире большое внимание уделяется экологическим проблемам. В связи с этим создается большое количество предприятий по сортировке твердых бытовых отходов.

Для одного из основных этапов сортировочного процесса – точной классификации фрагментов мусора на конвейерной ленте – по большей части применяется ручной труд. Моделирование показывает, что достаточная эффективность в расчете на одного рабочего конвейерной линии крайне мала. Скорость сортировки с ограниченной для человека точностью достига-

ет 27,8 единиц/мин при скорости конвейера $V = 0,39$ м/с. При этом стоит учесть, что данные метрики идеализированы, с учетом человеческого фактора их реальные значения, как правило, меньше в два раза. Единоразово в своем поле зрения человек не способен правильно определить, к какому классу мусора относится объект, не потеряв в скорости – возможности скорости работы человеческого глаза и мозга ограничены [1].

В целях решения данной проблемы необходим переход от ручного труда к использованию роботизированных систем автоматической сортировки бытовых отходов.

Сравнение методов автоматической классификации бытовых отходов

Метод	Критерии оценки эффективности		
	Быстродействие	Точность	Себестоимость
1. Фотоклассификатор + датчик ближнего инфракрасного спектра (NIR)	около 80 кг/мин, без точной сортировки	90%, только для разделения пластика по классу	4 млн руб. в среднем
2. RGB-камера + NIR + датчик визуального спектра света (VLSI) + обработка нейронной сети	66 объектов в минуту	97%, размером от 225 см ² , не менее чем 150 мм	1,4 млн евро
3. RGB-камера видимого спектра + обработка нейронной сетью	70 объектов в минуту (NevLabs) или 80 (AMP Robotics)	около 95 %	4 млн руб. в среднем, 300 000\$

Метод № 1 – используется «Экосорт», метод 2 – используется «ZenRobotics», метод 3 – используется «AMP Robotics» и «NevLabs».

Целью исследования является повышение показателей эффективности автоматической классификации бытовых отходов в задачах их сортировки.

Материалы и методы исследования

Материальной базой исследования будут служить имеющиеся производственные решения. Среди отечественных решений можно выделить разработки «Экотех» (г. Москва), «Экосорт» (Алтайский край) и «NeuroRecycle» (г. Санкт-Петербург). Среди зарубежных – ZenRobotics (Финляндия), Waste Robotics (Канада) и AMP Robotics (США). Решения по распознаванию мусора представлены различными методами [2], качественное сравнение которых приведено в таблице.

Если придерживаться вариации использования NIR-сенсора как «фундамента» для построения метода автоматизированной классификации, то возможна модификация с использованием нескольких дополнительных модульных устройств – RGB-камеры, VLS-сенсора (используются установками ZRR компании ZenRobotics). Нейросетевая обработка в данном случае помогает использовать последовательный «конвейер» из модулей с максимальной производительностью, оптимизируя вид сырых данных и производя необходимые вычисления – в случае с ZRR, нейронный модуль помогает находить пересечения данных между слоями (выходные параметры спектрометра, 3D-сенсоров глубины) и относить сортируемый мусор к определенному классу.

Однако такие методы организации автоматической классификации также обладают рядом недостатков. В первую очередь это высокая стоимость сенсоров, которая составляет порядка 70% от стоимости обо-

рудования (порядка 1 млн евро при общей стоимости в 1,4 млн). Во вторую очередь влияет критерий высоких затрат на развертку оборудования на предприятиях и узкий спектр выполнимых задач – если система настроена на сортировку ПЭТ пластика, то перенастройка её для классификации более крупных ТБО, например металла, потребует больших дополнительных вложений.

Наиболее перспективным является третий метод – использование RGB-камеры видимого спектра + обработка нейронной сетью. В этом методе нейросеть не является связующим вычислительным компонентом, а берет на себя работу по распознаванию и классификации в реальном времени. Такой подход имеет ряд преимуществ:

1. Простота настройки – нет необходимости объединять несколько модулей, работающих с разными данными, под один формат. Распознавание осуществляется одним модулем и зависит только от качества обучения нейросетевого обеспечения.

2. Низкая себестоимость метода, которая обусловлена стоимостью используемых компонентов – требуется только RGB-камера и вычислительное устройство.

3. Распознавание осуществляется в видимом спектре по полной аналогии с человеческим зрением – нейронная сеть распознает точно так же, как человек может отделить отдельные виды мусора из одинакового материала.

Стремясь минимизировать негативные последствия, разработчики из AMP Robotics используют в своем модуле распознавания AMP Neuron двухуровневую архитектуру Fast R-CNN [3] в связке с экстрактором классовых признаков ResNet101 [4]. Максимальная производительность такой связки может достичь порядка 17 FPS (кадров в секунду) при среднем mAP 80.5 [5].

Производительность накладывает определенные ограничения на построение системы автоматической классификации – необходимо либо постоянно рассчитывать задержку между обнаружениями, либо распараллелить процесс обнаружения при помощи нескольких RGB-камер, либо изменить скорость движения конвейерной ленты сортировочной линии. Большинство существующих решений базируются на использовании экстракторов уникальных признаков распознаваемых объектов, таких как ResNet50, AlexNet, VGG [6, 7].

Также вариативным рассматривается использование нейросетевых моделей на базе YOLO и SSD, при этом основным аргумент в сравнении с перечисленными выше технологиями заключается в высоких показателях точности обнаружения объектов при высокой производительности.

Специфика поставленной задачи – распознавание бытовых отходов на постоянно двигающейся плоскости сортировочной линии в реальном времени также требует качественного межфреймового трекинга. Мало распознавать объекты на каждом фрейме, необходимо также поддерживать между ними взаимосвязь, чтобы объекты не обнаруживались заново. Существующие методы либо не подготовлены для задач автоматической классификации, например как представленный в работе [8], либо основаны на классификаторах, что существенно влияет на производительность [6].

Для построения системы автоматической классификации бытового мусора авторами была выбрана архитектура YOLOv4 [9], построенная по принципу singleshot-детектора. Обращение к фрейму происходит однократно, что повышает производительность до зоны, в которой воз-

можна классификация в режиме реального времени.

Нейросеть YOLOv4 обрабатывает поступающее изображение последовательно в несколько сценариев (рис. 1).

На этапе Backbone происходит извлечение отдельных регионов – то есть областей с повышенным шансом нахождения объекта, аналогичным с двухуровневой архитектурой способом. Предсказания, предоставляемые этим сценарием, содержат лишь общую информацию об отдельных признаках и вероятности появления объектов, без описания их качественной формы и математических параметров. Речь идет о том, содержит ли некая область объект мусора или нет (например, выделяется ли он на темном фоне конвейера).

Этап Neck представляет собой сценарий агрегации передаваемых с Backbone признаков алгоритмами SPP [10] и PAN [11] – совместное их применение способствует тому, что на выход в блок Head поступает фрейм с четко определенной пространственной характеристикой изображения (PAN обработка) и с единым набором характерных признаков, получаемых от регионов различного разрешения и объединяемых в одну взаимосвязь (SPP обработка). Данный этап необходим для условий, когда происходит обработка объектов мусора неоднородного качества или неоднозначных признаков (незначительно деформированный пластик, нестандартные формы или размеры).

В этап Head поступают фрагменты изображений с уже размеченной информацией – своего рода маской, над которой производится дополнительная обработка, связанная с привязкой математических расчетов нейронной сети к видимому кадру.

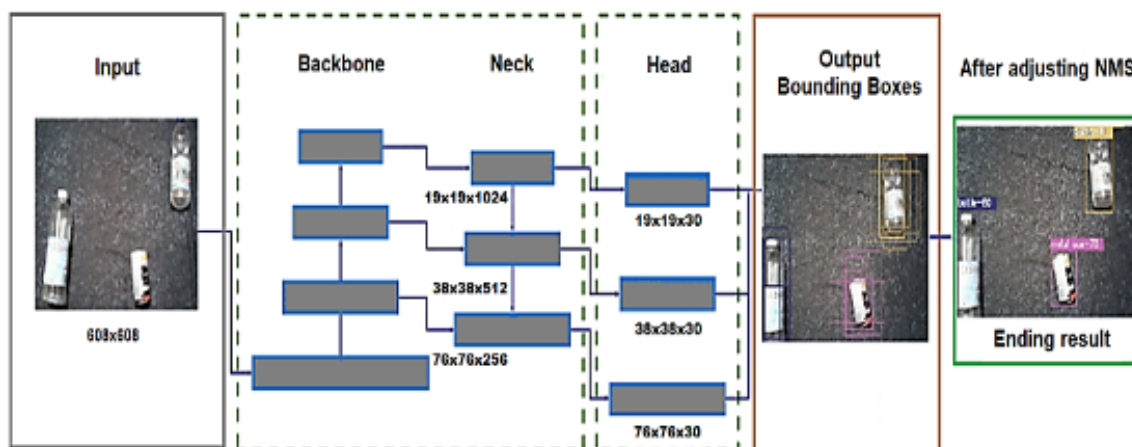


Рис. 1. Сценарии обработки входного кадра нейросетью

Помимо решения задачи классификации средствами YOLO также необходимо производить максимально точный трекинг распознанных объектов мусора на конвейерной линии. Конвейерная лента, по которой движется мусор, является неустойчивой поверхностью. В зависимости от количества поступающего движимого мусора распознавание в режиме реального времени может работать с ошибками и потерями, к примеру, если мусор будет перекрывать друг друга по ходу движения или попадать в слепую зону обработчика нейросети.

Решение данной задачи заключается в использовании так называемых SORT-алгоритмов [12], основанных на использовании фильтра Калмана и расстояния Махаланобиса [13]. SORT-алгоритм помогает минимизировать риск потери определенного объекта, предсказывая его положение и переопределяя его как уже обнаруженный объект в случае наличия данных об обнаружении.

Фильтр Калмана [14] определяет каждый классифицированный объект вектором вида $(u, v, a, h, u', v', a', h')$, где u, v – центр bounding box; a, h – высоты; u', v', a', h' – производные переменных – скорости. Таким образом, для каждого bounding box формируется вектор, который будет определять траекторию движения объекта. Далее необходимо лишь совместить с помощью расстояния Махаланобиса предсказанные появления объектов (с множественными измерениями в пространстве) с появлениями, рассчитываемыми с помощью YOLO, с поправкой на корреляцию.

Оценку эффективности предложенного способа организации автоматической классификации необходимо произвести путем тестирования. Разделенная на train и test в соотношении 75/25 выборка из 6000 из-

бражений подверглась результативному анализу по окончании обучения нейросетевой модели. YOLOv4 для двух классов мусора была обучена за 8000 итераций. Для тестирования качества обучения был проведен эксперимент – распознавание было запущено на минутном ролике, в течение которого на конвейере демонстрировались пластиковые бутылки и металлические банки – в количестве 20 бутылок различной формы и размера и 10 консервных банок. Натренированные веса в формате yolo.weights были инициализированы в программном обеспечении, вычислительная база – CPU i3 7100U, GPU Nvidia GeForce 930MX.

Для тестирования качества отслеживания объектов было воспроизведено распознавание с симуляцией закрытой зоны по вышеописанному видео. На срединную часть кадра обрабатываемого видеосегмента сортировочной линии была нанесена так называемая «слепая полоса». Объекты распознаются и отмечаются трекингом как до, так и после слепой полосы. В самой слепой полосе происходит модификация кадра (условные повороты, смены освещения, контрастности и шума) ради получения различающейся картинки на выходе из «слепой зоны». Эффективность предложенной методики трекинга была подтверждена экспериментально: после прохождения слепой зоны объекты мусора распознаются как уже ранее отслеживаемые, даже если они меняли свое положение и ориентацию.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим результаты, позволяющие оценить достижение повышения эффективности автоматической классификации за счет предложенной организации (YOLO + SORT алгоритм) (рис. 2).

```
[yolo] params: iou_loss: ciou (4), iou_norm: 0.07, cls_norm: 1.00, scale_xy: 1.10
ms_kind: greedyms (1), beta = 0.600000
151 route 147
152 conv 512 3 x 3/ 2 20 x 20 x 150 -> 13 x 13 x 512 0.199 BF
133 route 152 110
154 conv 512 1 x 1/ 1 13 x 13 x1024 -> 13 x 13 x 512 0.177 BF
155 conv 1024 3 x 3/ 1 13 x 13 x 512 -> 13 x 13 x1024 1.995 BF
156 conv 512 1 x 1/ 1 13 x 13 x1024 -> 13 x 13 x 512 0.177 BF
157 conv 1024 3 x 3/ 1 13 x 13 x 512 -> 13 x 13 x1024 1.995 BF
158 conv 512 1 x 1/ 1 13 x 13 x1024 -> 13 x 13 x 512 0.177 BF
159 conv 1024 3 x 3/ 1 13 x 13 x 512 -> 13 x 13 x1024 1.995 BF
160 conv 18 1 x 1/ 1 13 x 13 x1024 -> 13 x 13 x 18 0.906 BF
161 yolo
[yolo] params: iou_loss: ciou (4), iou_norm: 0.07, cls_norm: 1.00, scale_xy: 1.05
ms_kind: greedyms (1), beta = 0.600000
Total BFlops 59.563
avg_outputs = 489778
Allocate additional workspace_size = 52.43 MB
loading weights from /yakimainen_drive/wastesorting/yolov4-waste.weights...
Trained: 50 k-images
Done! Loaded 162 layers from weights-file
/yakimainen_drive/test_sort_clip.mp4: Predicted in 33.243000 milli-seconds for 1 frame!
Average FPS: 32. CUDA was running on GeForce 930MX!
classes score: metal can - 10 items with 97% AP!
bottle - 10 items with 92% AP!
Press Q to end Test-case-1.
Checking result of Test-case-2...
Running through Tracks:
Tracks - before blind zone = 20, last - 19 bottle
after blind zone = 20, last - 19 bottle
Checking metal = True.
Press Q to end Test-case-2.
```

Рис. 2. Результаты тестирования

Обращаясь к ранее проведенным исследованиям, с использованием наиболее оптимального решения на базе CNN ResNet-50 и SVM (Support Vector Machine) была достигнута точность классификации 87%, однако результаты оценки производительности представлены не были. Базируясь на представленных и реально используемых характеристиках в продуктах компании AMP Robotics, численно сравнимых с YOLO [5], можно подтвердить то, что выбранная модель организации распознавания на базе YOLOv4 является применимой для задач технического зрения по сортировке бытовых отходов. Такой вывод можно сделать исходя из результатов проведенных нами экспериментов, представленных в главе Results. Данные на рис. 2 свидетельствуют о достижении поставленных авторами исследования задач: получена требуемая производительность (32 FPS без трекинга) при слабой вычислительной мощности устройства, на котором было запущено распознавание (CPU i3 7100U, GPU Nvidia GeForce 930MX). Из 30 объектов мусора не распозналась лишь одна бутылка, точность распознавания превысила 91%, при этом на обработку каждого фрейма требовалось меньше 350 мс.

Как видно из представленных на рис. 2 результатов, трекер показал одинаковое число отслеживаемых объектов до слепой зоны и после неё, при этом порядковый идентификатор последнего вошедшего и последнего вышедшего из слепой зоны объекта одинаков, что свидетельствует о работоспособности организации отслеживания объектов.

Ключевая особенность предложенного авторами заключается в том, что оно обеспечивает высокую точность и стабильность классификации мусора в реальном масштабе времени (более 30 кадров видеопотока в секунду), что является высоким значением в сравнении с существующими реализациями технического зрения для сортировки отходов мусора, превышая показатели имеющихся разработок на 10–13 FPS, точности – на 5–10%, скорости – на 40 мс (80–85 объектов классифицируемого мусора в минуту).

Заключение

Предложенный подход автоматизированной классификации бытовых отходов обеспечивает высокую эффективность по сравнению с имеющимися аналогами, а также подходит для решения задачи по отбору ПЭТ бутылок из потока отходов на сортировочной линии после ручной сортировки для повышения эффективности валового отбора вторичного сырья из ТКО. Полученные в работе результаты защищены

патентом 2021613763 «Программа для распознавания и классификации бытовых отходов» от 15.03.2021. В настоящее время совместно с ООО ТК «Экотранс» ведутся работы по адаптации автоматической системы классификации для работы в составе комплекса технического зрения при сортировке ПЭТ продукции на сортировочном комплексе МСК «Стрелецкое» (Белгородская область, Россия).

Работа выполнена в рамках гранта ФСИ «Разработка роботизированной технологической линии сортировки бытовых отходов на основе технического зрения», договор от 04 июля 2020 г. № 15536ГУ/2020.

Список литературы

1. Robert G., Marcin P., Mlynczak M. Analysis of Picked up Fraction Changes on the Process of Manual Waste Sorting. 16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, RelStat'2016. 2017. Procedia Engineering 178. P. 349–358.
2. Hancu O. Aspects concerning the optimal development of robotic systems architecture for waste sorting tasks. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018. Vol. 444. No. 5.
3. Matanya B., Horowitz, James A., Bailey. Systems and methods for optical material characterization of waste materials using machine learning. US Patent 11, 069, 053. 6 Nov 2021.
4. Huang J., Rathod V., Sun C., Zhu M., Korattikara A., Fathi A., Fischer I., Wojna Z., Song Y., Guadarrama S., Murphy K. Speed/accuracy trade-offs for modern convolutional object detectors. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. P. 1–21.
5. Sanchez S.A., Romero H.J., Morales A. A review: Comparison of performance metrics of pretrained models for object detection using the TensorFlow framework. In: IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 844. No. 1. P. 1–15.
6. Olugboja A., Wang Z. Intelligent Waste Classification System Using Deep Learning Convolutional Neural Network. Procedia. 2019. P. 607–612.
7. Shi C., Tan C., Wang T., Wang L. A Waste Classification Method Based on a Multilayer Hybrid Convolution Neural Network. Applied Sciences 11(18). 2021. P. 1–19.
8. Shinfeng D.L., Tingyu C., Wensheng C. Multiple Object Tracking using YOLO-based Detector. Journal of Imaging Science and Technology 65(4). 2021. P. 40401-1–40401-9.
9. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas. 2016. P. 1–10.
10. Zhang X., Wang W., Zhao Y., Xie H. An improved YOLOv3 model based on skipping connections and spatial pyramid pooling. System Science and Control Engineering 9 (1). 2020. P. 1–8.
11. Shu L., Liu Q., Haifang Q., Jianping S., Jiaya J. Path Aggregation Network for Instance Segmentation. In: IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2018. P. 8759–8768.
12. Bathija A., Sharma G. Visual Object Detection and Tracking using YOLO and SORT. International Journal Of Engineering Research & Technology (IJERT) 8(11). 2019. P. 705–708.
13. Martins A., Duarte A., Dantas J. Neural networks applied to classification of data based on Mahalanobis metrics. In: Neural Networks. Proceedings of the International Joint Conference. Vol. 4. 2003. P. 3071–3076.
14. Lv X., Dai C., Chen L., Lang Y. A Robust Real-Time Detecting and Tracking Framework for Multiple Kinds of Unmarked Object. Sensors (Basel, Switzerland) 20(1). 2019. P. 1–17.

УДК 51-7

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПОСТРОЕНИИ МАТРИЦ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ЭКСТРАПОЛЯЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Кошуняева Н.В.*ФГБУН «ФИЦКИА УрО РАН», Архангельск, e-mail: n.koshunyaeva@narfu.ru*

В работе исследуется вопрос учета транспортных потоков. Выявлено, что одним из современных методов учета является построение матриц транспортных корреспонденций и составление прогнозов с их помощью. В статье производится анализ экстраполяционных методов построения матриц корреспонденций транспортной системы, с выявлением их достоинств и недостатков. Рассматриваются экстраполяционные методы с единственным коэффициентом роста, методы со средним коэффициентом роста, детройтский метод, а также метод Фратара. Учитывая, что корреспонденции между узлами невозможно измерить непосредственно, их необходимо рассчитывать. На основе расчетных данных определяются прогнозные значения и строятся матрицы прогнозных корреспонденций. Фактические значения будут зависеть от множества факторов. Для учета неопределённости в информации, предназначенной для построения матриц и субъективности в оценках экспертов, предлагается использование методологии нечетких отношений для формирования фактических и прогнозных корреспонденций. При работе с нечеткими числами, выражающими фактические корреспонденции, а также коэффициенты роста и коэффициенты развития, выбрана треугольная функция принадлежности, которая является наиболее удобной в исследовании систем. В работе описаны свойства треугольных нечетких чисел, которые необходимо использовать при построении прогнозных значений. Наложение нечетких отношений позволит добавить реалистичности и адекватности построенным моделям.

Ключевые слова: транспортная система, матрица корреспонденций, экстраполяционные методы, нечеткие числа, функция принадлежности

APPLICATION OF FUZZY CHARACTERISTICS IN THE CONSTRUCTION OF CORRESPONDENCE MATRICES BY EXTRAPOLATION METHODS

Koshunyaeva N.V.*FECIAR UrB RAS, Arkhangelsk, e-mail: n.koshunyaeva@narfu.ru*

The paper examines the issue of accounting for traffic flows. It is revealed that one of the modern accounting methods is the construction of transport correspondence matrices and the preparation of forecasts with their help. The article analyzes the extrapolation methods of constructing correspondence matrices of the transport system, with the identification of their advantages and disadvantages. Extrapolation methods with a single growth coefficient, methods with an average growth coefficient, the Detroit method, as well as the Fratar method are considered. Given that the correspondence between nodes cannot be measured directly, they must be calculated. Based on the calculated data, forecast values are determined and matrices of forecast correspondences are constructed. The actual values will depend on many factors. To take into account the uncertainty in the information intended for the construction of matrices and subjectivity in expert assessments, it is proposed to use the methodology of fuzzy relations for the formation of actual and forecast correspondence. When working with fuzzy numbers expressing actual correspondences, as well as growth and development coefficients, a triangular membership function is chosen, which is the most convenient in the study of systems. The paper describes the properties of triangular fuzzy numbers that must be used when constructing predictive values. The imposition of fuzzy relations will add realism and adequacy to the constructed models.

Keywords: transport system, correspondence matrix, extrapolation methods, fuzzy numbers, membership function

Моделирование является основным инструментом для анализа и повышения эффективности в организации функционирования транспортных потоков. Вопросы оптимального управления логистическими системами регионов являются весьма актуальными в настоящее время, что связано с возрастающими объемами транспортных корреспонденций. Поэтому для управления транспортными потоками необходимо использовать современные методы построения и обновления матриц, которые будут учитывать особенности исследуемого региона, а также вероятностные характеристики системы.

Для построения матрицы корреспонденций исследуемый регион разбивают на N районов и находят корреспонденции между i -м и j -м районами, где $i, j = 1, \dots, N$.

Библиографический поиск показал, что интерес к данной проблеме достаточно велик у коллективов отечественных и зарубежных авторов. Так, например, в работе [1] обсуждаются вопросы моделирования логистических процессов в Арктической зоне Российской Федерации, а также производится анализ существующих моделей, где выявляется, что Арктический регион имеет существенные особенности для применения данных моделей; в [2] описаны

основные методы и модели построения матриц транспортных корреспонденций; в статье [3] выявлены критерии устойчивости и надежности транспортных систем; в статье [4] раскрыта возможность построения матрицы транспортных корреспонденций с помощью больших данных, получаемых посредством мобильного телефона; вопросы, связанные с применением беспроводных сенсорных систем для управления городским транспортом, описаны в работе [5].

Обычно при формировании матриц, корреспонденции представляют в виде действительных чисел, что не позволяет учитывать неоднородность и нечеткость входной информации. Анализ позволил выявить, что современные методы моделирования сталкиваются с проблемой получения корреспонденций, так как их необходимо определять опосредованно. В явном виде они не являются наблюдаемыми. При получении корреспонденций приходится работать с большим количеством неоднородных данных, которые необходимо затем привести к единому формату для построения моделей транспортных систем. При этом необходимо учитывать достаточное количество факторов, которые влияют на значения корреспонденций. К таким факторам относятся результаты анкетирования населения об их передвижении, информация о социально-экономической ситуации в исследуемом регионе, данные о билетах для оплаты проезда и так далее. Возникает задача извлечения знаний из полученных данных. С извлечением знаний чаще всего работают эксперты, которые вносят своё субъективное решение в полученную информацию. Представить полученные знания в виде некоторой случайной величины также не всегда представляется возможным, так как для эмпирических данных сложно подобрать известную функцию распределения. Именно поэтому методологию нечетких отношений удобно использовать для получения матрицы корреспонденции.

Целью данного исследования является модификация моделей построения матриц корреспонденций экстраполяционными методами за счет применения к ним нечетких характеристик, которые позволят учесть неоднородность и нечеткость данных, входящих в модель транспортной системы.

Материалы и методы исследования

Среди методов построения матриц корреспонденций выделяют экстраполяционные, вероятностные и реляционные методы. К наиболее простым для реализации методам относятся экстраполяционные методы

или, как их ещё называют, методы коэффициентов роста.

В качестве исходной информации обычно используют фактические величины корреспонденций между транспортными узлами региона и прогноз их роста [2]. При этом прогноз определяется экспертами, поэтому все данные удобнее представить в виде нечетких чисел.

В рамках теории нечетких множеств под нечетким числом понимается некоторое расширение классического множества на множество действительных чисел. В классическом множестве принадлежность элемента к множеству имеет точное значение: 0 или 1, то есть можно с достоверной вероятностью сказать, принадлежит ли элемент множеству. В нечетком множестве значение функции принадлежности может принимать значения от 0 до 1. При этом если значение меньше 0,5, то элемент скорее не принадлежит множеству, если больше, чем 0,5, то элемент скорее принадлежит множеству. Если значение функции принадлежности равно 0,5, то эксперт, определяющий принадлежность элемента к нечеткому множеству, находится в затруднении и эта точка является точкой перехода.

Пусть U – универсальное множество, $\mu_A(u)$ – функция, определенная на множестве U и принимающая значения на отрезке $[0,1]$. Тогда пара $(U, \mu_A(u))$ называется нечетким множеством A , а функция $\mu_A(u)$ является функцией принадлежности нечеткого множества A [6].

Общая форма записи нечеткого подмножества для случаев, когда U конечно или счетно, имеет вид

$$A = \sum_{i=1}^n \mu_A(u_i) / u_i, u_i \in U$$

Оперируя нечеткими числами, необходимо определить функцию принадлежности. Эти функции подразделяются на два больших класса: непрерывные и дискретные. При работе с эмпирическими данными удобнее использовать дискретные функции принадлежности, так как это упрощает расчеты и сокращает вычислительные ресурсы. Среди дискретных функций принадлежности самой часто используемой в практике за счет своей простоты является треугольная функция. Поэтому при составлении матриц корреспонденций будем использовать класс так называемых треугольных нечетких чисел.

Треугольное нечеткое число W представляет собой тройку чисел (c_p, a, c_r) , где a – центр, c_l – это величина нечеткости слева, c_r – это величина нечеткости справа.

Число a – мода или четкое значение нечеткого треугольного числа, а c_l и c_r определяют степень размытости четкого числа.

Треугольному нечеткому числу W соответствует нечеткое множество A , функция принадлежности которого определена на множестве R^+ и имеет вид

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x - c_l}{a - c_l}, & \text{если } x \in [c_l, a] \\ \frac{x - c_r}{a - c_r}, & \text{если } x \in [a, c_r] \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Если W_1 и W_2 – два треугольных нечетких числа, заданных тройками чисел (c_l^1, a^1, c_r^1) и (c_l^2, a^2, c_r^2) соответственно. Тогда операции между этими числами будут производиться в соответствии со следующими правилами:

$$W_1 \mp W_2 = (c_l^1 \mp c_l^2, a^1 \mp a^2, c_r^1 \mp c_r^2)$$

$$W_1 * W_2 = (c_l^1 * c_l^2, a^1 * a^2, c_r^1 * c_r^2)$$

$$W_1 / W_2 = (c_l^1 / c_l^2, a^1 / a^2, c_r^1 / c_r^2)$$

При этом результат выполнения операций (сложения, вычитания, умножения и деления) над треугольными числами будет являться треугольным числом, то есть всегда будет выполняться условие замкнутости [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из наиболее простых экстраполяционных методов является метод с единственным коэффициентом роста. Данный коэффициент определяется как отношение общих прогнозируемых корреспонденций к общим фактическим корреспонденциям [2]. Таким образом, коэффициент роста K также будет нечетким треугольным числом, зависящим от таких показателей, как уровень дохода населения, количество населения в регионе, уровень автомобилизации и других [2].

Рассмотрим построение матрицы корреспонденций методом единственного коэффициента роста с использованием нечетких треугольных чисел между N транспортными узлами. Каждый элемент матрицы является нечетким треугольным числом

$$\rho_{ij}^0 = (a_{ij}^0, b_{ij}^0, c_{ij}^0), i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, N$$

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{j=1}^N \rho_{1j}^0 &= (a_{12}^0, b_{12}^0, c_{12}^0) + \dots + (a_{1N}^0, b_{1N}^0, c_{1N}^0) \\ &\dots \\ \sum_{j=1}^N \rho_{Nj}^0 &= (a_{N1}^0, b_{N1}^0, c_{N1}^0) + \dots + (a_{N(N-1)}^0, b_{N(N-1)}^0, c_{N(N-1)}^0) \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{i=1}^N \rho_{i1}^0 &= (a_{21}^0, b_{21}^0, c_{21}^0) + \dots + (a_{N1}^0, b_{N1}^0, c_{N1}^0) \\ &\dots \\ \sum_{i=1}^N \rho_{iN}^0 &= (a_{1N}^0, b_{2N}^0, c_{3N}^0) + \dots + (a_{(N-1)N}^0, b_{(N-1)N}^0, c_{(N-1)N}^0) \end{aligned} \right.$$

$$P^0 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \rho_{ij}^0$$

Общий объем прогнозных значений также будет выражаться нечетким треугольным числом.

$$P^* = (p_1^*, p_2^*, p_3^*)$$

Коэффициент роста $K = (k_1, k_2, k_3)$ – нечеткое треугольное число вычисляется в виде отношения

$$K = \frac{P^*}{P^0} = \left(\frac{P_1^*}{P_1^0}, \frac{P_2^*}{P_2^0}, \frac{P_3^*}{P_3^0} \right)$$

Затем строим матрицу прогнозных корреспонденций, где

$$\rho_{ij}^* = K \cdot \rho_{ij}^0, \quad i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, N$$

Все элементы полученной матрицы также будут представлять собой нечеткие треугольные числа.

Метод единственного коэффициента не позволяет учитывать динамику системы, обладает низкой достоверностью и используется только для проектирования отдельных регионов на ближайшую перспективу.

Использование нечетких чисел при расчете транспортных корреспонденций позволит учесть неопределенность и получить более реалистичную оценку значений матрицы.

Если величины корреспонденций будут определяться экспертами и представляться в виде треугольных нечетких чисел, то соответственно величины прогнозируемых корреспонденций также будут представлять собой треугольные числа, и определяться как произведение количества фактических корреспонденций, относящихся к определенному участку транспортной сети, на коэффициент роста [2].

Более точные прогнозные матрицы корреспонденций позволяет получить метод, основанный на методе средних коэффициентов роста. Данный метод также опирается на информацию, полученную при анализе фактических корреспонденций. Однако здесь вычисляется не общий коэффициент, а среднее арифметическое между коэффициентами i -го и j -го транспортных районов, то есть

$$K_i = \frac{P_i^*}{P_i^0} = \left(\frac{P_{i1}^*}{P_{i1}^0}, \frac{P_{i2}^*}{P_{i2}^0}, \frac{P_{i3}^*}{P_{i3}^0} \right),$$

$$K_j = \frac{P_j^*}{P_j^0} = \left(\frac{P_{j1}^*}{P_{j1}^0}, \frac{P_{j2}^*}{P_{j2}^0}, \frac{P_{j3}^*}{P_{j3}^0} \right), \quad i, j = 1, \dots, N$$

где P_i^0, P_j^0 – объемы общих фактических корреспонденций;

P_i^*, P_j^* – объемы общих прогнозируемых корреспонденций.

Для нахождения прогнозных корреспонденций на первом шаге будем использовать формулу:

$$\rho_{ij}^1 = \rho_{ij}^0 \cdot \frac{K_i^0 + K_j^0}{2}, \quad i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, N,$$

$$\rho_{ij}^0 = (a_{ij}^0, b_{ij}^0, c_{ij}^0),$$

В данном случае при нахождении прогнозных корреспонденций необходимо будет использовать свойства суммы и умножения нечетких треугольных чисел, а также деления нечеткого числа на четкое. В результате объемы корреспонденций на первом шаге также получаются треугольными числами. При нахождении прогнозных корреспонденций на некотором шаге k необходимо будет воспользоваться итерационной формулой.

Данный метод связан с большими расчетами по сравнению с методом единственного коэффициента роста, однако он позволяет учесть неравномерность в темпах роста различных районов в исследуемом регионе. Следует отметить, что при достаточно большом росте подвижности населения вышеописанный метод даст слишком большую погрешность.

Объединение вышеописанных методов получило название детройтский метод. В данном методе учитываются не только коэффициенты роста каждого района, но и коэффициент роста, общий для всего исследуемого региона. В этом случае величина прогнозных коэффициентов на каждом шаге будет определяться как произведение корреспонденций на предыдущем шаге на отношение произведения коэффициентов роста для i -го и j -го региона на предыдущем шаге на общий коэффициент роста.

Недостаток данного метода заключается в том, что в случае большой разницы между отдельно взятым районом и регионом в целом, прогнозные значения матрицы корреспонденции будут иметь слишком большое отклонение от реальности.

Наибольшее распространение из всех экстраполяционных методов получил метод Фратара. В данном методе, помимо коэффициентов роста для i -го и j -го районов, в расчете прогнозных корреспонденций участвуют коэффициенты роста корреспонденций в зоне m , обусловленного развитием зон i и j . При этом процесс также является итерационным. Корреспонденции от каждого последующего шага зависят от предыдущей итерации.

$$\rho_{ij}^k = \rho_{ij}^{k-1} K_i^{k-1} K_j^{k-1} \cdot \frac{L_i^{k-1} + L_j^{k-1}}{2},$$

где L_i^0, L_j^0 – коэффициенты роста корреспонденций в зоне m , $m = 1, \dots, N$. Данные

коэффициенты также будут представляться тройками чисел.

$$L_i^0 = \frac{\sum_{m=1}^n \rho_{im}}{\sum_{m=1}^n \rho_{im} K_m}, L_j^0 = \frac{\sum_{m=1}^n \rho_{jm}}{\sum_{m=1}^n \rho_{jm} K_m},$$

где K_m – коэффициент развития для зоны m .

Для окончания процесса моделирования рассчитывается величина, равная заранее заданному значению транспортно-оборота. При этом на каждой итерации производится сравнение полученной суммы прогнозных корреспонденций региона с данным значением. Итерационный процесс заканчивается в случае, когда достигается равенство указанных величин.

При использовании нечетких чисел, в расчетах коэффициентов роста и развития регионов, корреспонденции также будут являться нечеткими числами с треугольной функцией распределения. Данный метод является самым трудоемким среди остальных экстраполяционных методов, однако именно он дает наиболее точные результаты. Учитывая, что наложение нечетких отношений на входные данные ещё более усложнит расчеты, для моделирования матриц корреспонденций заданным методом необходимо использование программного обеспечения.

Заключение

Среди известных методов построения матриц корреспонденций экстраполяционные методы являются наиболее простыми для расчетов, однако обладают недостатками, связанными с получением моделей, не учитывающих нечеткость и неоднородность входных данных. Они не позволяют строить модели на долгосрочную перспективу.

Использование нечетких чисел при расчете транспортных корреспонденций, безусловно, усложняет расчеты, появляется необходимость применения свойств нечетких чисел, а также необходимость работы с ма-

трицами, где элементы матриц также будут нечеткими. Учитывая данный факт, необходимо проводить дополнительные исследования, связанные с проверкой устойчивости матриц к воздействиям.

Однако применение методологии нечетких отношений позволит учесть неопределенность и субъективизм экспертов в оценке корреспонденций и даст более гибкую оценку значениям корреспонденций.

Работа выполнена в рамках темы ФНИР «Трансформация социокультурного пространства регионов Арктической зоны Российской Федерации в современных условиях» № государственной регистрации 122012100405-4.

Список литературы

1. Тутыгин А.Г., Антипов Е.О., Коробов В.Б. Проблемы моделирования логистических операций в Арктической зоне Российской Федерации: монография / Рос. акад. наук, М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. исслед. центр комплекс. изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаврова РАН. Архангельск: КИРА, 2020. 244 с.
2. Селиверстов Я.А., Селиверстов С.А. Методы и модели построения матриц транспортных корреспонденций // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика, телекоммуникации и управление. 2015. С. 49-70.
3. Тесёлкина К.В., Тесёлкин А.А. Критерии устойчивости и надежности транспортных систем // Наука, образование, кадры: материалы конференции в рамках V Международного форума «Транспорт Сибири». Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2016. С. 17-23.
4. Montero L., Ros-Roca X., Herranz R., Barceló J. Fusing mobile phone data with other data sources to generate input OD matrices for transport models. Transportation Research Procedia 2019. V. 37. P. 417-424.
5. Nellore K.A., Hancke G.P., Survey on Urban Traffic Management System Using Wireless Sensor Networks. Pretoria: University of Pretoria, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mdpi.com/1424-8220/16/2/157/pdf> (дата обращения: 30.04.2022).
6. Копышева Л.К., Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств: учебное пособие. СПб.: Питер, 2011. 192 с.
7. Шевляков А.О. Алгебраические операции с нечеткими треугольными числами с использованием алгебры двухкомпонентных чисел // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: системный анализ и информационные технологии. 2017. №1. С.149-153.

УДК 004.932.2

АЛГОРИТМ НАХОЖДЕНИЯ ЦЕНТРА ЗРАЧКА ДЛЯ СИСТЕМ ВИДЕОНИСТАГМОГРАФИИ

Непрокин А.В., Горбунов А.В., Солопахо А.В., Туголуков Е.Н.

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов,
e-mail: alexhome16@mail.ru*

Разработан и описан алгоритм для нахождения центра зрачка на изображениях, полученных с помощью камер с инфракрасной подсветкой, использующихся в системах регистрации и анализа движений глаз. Особое внимание уделено алгоритмическому обеспечению систем видеонистагмографии. В результате проведенного анализа выделены достоинства и недостатки существующих методов и дальнейшие перспективы развития информационных систем анализа глазодвигательных нарушений. В работе предложен оригинальный алгоритм определения координат центра зрачка на изображениях, состоящих из пяти основных этапов. На начальном этапе проводится предварительная обработка изображений, после чего выполняется процедура автоматизированной пороговой бинаризации видеоряда, включающая построение гистограмм для нескольких кадров и вычисление их первого локального минимума. На полученных бинарных изображениях находится кластер темных пикселей, формирующих зрачок, и проводится дальнейший расчет координат центра этого кластера. Разработанный алгоритм показывает эффективность в работе с видеорядом в реальном времени, при наличии шумов, неравномерности инфракрасной подсветки камер, дефектов изображения, что особенно актуально при построении систем анализа движений глаз на основе доступных аппаратных средств. Отмечены перспективы дальнейшего применения алгоритма в информационных системах анализа движений глаз.

Ключевые слова: обработка изображений, анализ изображений, видеонистагмография, распознавание образов, компьютерное зрение, поиск зрачка

PUPIL CENTER DETECTION ALGORITHM FOR VIDEONYSTAGMOGRAPHY SYSTEMS

Neprokin A.V., Gorbunov A.V., Solopakho A.V., Tugolukov E.N.

Tambov State Technical University, Tambov, e-mail: alexhome16@mail.ru

An algorithm for pupil center detection for infrared illuminated camera images has been developed. Particular attention has been paid to the algorithms of videonistamography systems. As a result of the analysis the advantages and disadvantages of existing methods and further prospects for the development of information systems for the analysis of oculomotor disorders has been highlighted. An original algorithm for determining the coordinates of the pupil center in images consisting of five main stages has been proposed. At the initial stage, a preliminary image processing is carried out followed by the procedure of adaptive threshold binarization of the video sequences including the construction of histograms for several frames and calculation of their first local minimum. On the obtained binary images will be found a cluster of black pixels that forms the pupil and the coordinates of the center of this cluster will be calculated further. The implemented algorithm shows the effectiveness with real time video processing, in the presence of noise, irregularity of infrared illumination of cameras, image defects that is especially relevant for building systems of eye movements analysis based on the available hardware. The prospects of further application of the algorithm in information systems of eye movement analysis has been highlighted.

Keywords: image processing, image analysis, videonystagmography, pattern recognition, computer vision, pupil detection

Видеонистагмография (ВНГ) – это сравнительно новый метод диагностики заболеваний вестибулярного аппарата. Системы видеонистагмографии (видеоокулографии) являются на сегодняшний день наиболее объективным методом количественной оценки движений глаз при различных неврологических заболеваниях, имеющим ряд преимуществ по сравнению с методиками, которые использовались ранее [1, 2].

Системы видеонистагмографии позволяют диагностировать заболевания вестибулярного аппарата путем регистрации движения глаз человека с помощью камер с инфракрасной подсветкой и последующей компьютерной обработкой полученных данных. Однако ввиду чрезвычайной дороговизны систем видеонистагмографии большинство медицинских учреждений зача-

стую просто не в состоянии оснастить ими свои диагностические кабинеты. Актуальным остается вопрос технического решения систем диагностики вестибулярного аппарата, необходимость в современном и недорогом оборудовании. В связи с активным развитием технологий на рынке появились доступные аппаратные средства, которые, в рамках импортозамещения, могут быть использованы для построения систем анализа движений глаз в медицинских, исследовательских и образовательных целях [3].

Основная задача программного обеспечения системы видеонистагмографии – проводить распознавание зрачка и его центра с восстановлением траектории его движения. Существующие коммерческие системы ВНГ имеют проприетарное программное обеспечение, поэтому изучение

методов и алгоритмов обработки изображений в подобных системах не представляется возможным. При разработке подобных систем часто применяют специализированные библиотеки, в которых реализованы методы компьютерного зрения. В зависимости от конкретного метода обработки видеоданных определяется либо центр зрачка, либо его границы. При выборе метода обработки изображений необходимо учитывать условия проведения съемки и конфигурацию системы (равномерность инфракрасной подсветки камер, наличие шумов на получаемом изображении), а также вычислительную сложность, поскольку нахождение координат центра зрачка должно проводиться в реальном времени при достаточно высокой частоте кадров (30–60 кадров/с для анализа нистагма и более 60 кадров/с для анализа саккад) [2].

На сегодняшний день существует ряд алгоритмов вычисления центра зрачка на изображении [4]. При оценке их эффективности часто используют изображения из открытых баз данных, например CASIA Iris Image Database, где, как правило, кадры получены в «идеальных» условиях (с помощью стационарных установок, когда взгляд направлен прямо в камеру, в отсутствие шумов от неравномерности подсветки и бликов). «Классические» подходы при решении данного класса задач подразумевают предварительную пороговую бинаризацию изображения и дальнейшее применение преобразования Хафа, морфологических операций и/или нахождения контуров, формирующих зрачок.

Большая группа методов [5–8] основана на применении преобразования Хафа, при котором задача поиска зрачка и его центра на изображении сводится к нахождению окружности, которую образуют пиксели зрачка. Преобразование Хафа (англ. Hough Transform), разработанное в прошлом веке, стало эффективным средством решения задач биометрической идентификации и пупиллометрии [8]. Однако данный алгоритм

неудобен для работы с видеорядом, так как требует постоянного подбора параметров для каждого кадра и больших временных затрат на обработку изображения [9]. Граница зрачка является округлым контуром, но её отличия по радиусу от аппроксимирующей окружности в половине случаев достигают 5 % радиуса, иногда превышают 10 %.

В связи с этим алгоритмы поиска границы зрачка как окружности работают неустойчиво (рис. 1). Дефекты зрачка и значительные изменения его формы, ресницы, темный цвет радужной оболочки глаза, веки, прикрывающие радужную оболочку, и другие факторы также усложняют задачу.

Применение морфологических операций подразумевает преобразования, основанные на изменении формы изображения. В данном контексте подобные преобразования обычно выполняются над бинарными изображениями, с применением таких базовых операций математической морфологии, как эрозия и дилатация. Недостатком этого подхода является значительное число ошибок, связанных со значительным искажением формы зрачка, удалением пикселей, несущих полезную для расчета искомым координат информацию [9].

В системах для отслеживания направления взгляда (eye tracking) для выделения контура зрачка часто применяют детектор границ Канни с последующим расчетом центра масс найденных контуров [10, 11]. Недостаток данного метода заключается в том, что на бинарном изображении находится множество контуров, в том числе бликов подсветки и различных шумов от темных областей на изображении. При этом вычисляемый центр масс будет смещаться в направлении контуров, формирующих компоненты, оставшиеся после бинаризации. В этом случае возможно применение дополнительной фильтрации контуров, связанной с нахождением области интереса, в которой находится зрачок [11], что, однако, существенно повысит вычислительную сложность и время выполнения алгоритма.

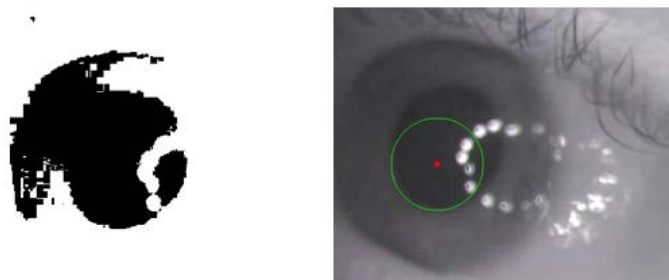


Рис. 1. Пример бинаризации зашумленного изображения (слева) и обнаружения ложной окружности с помощью преобразования Хафа (справа)



Рис. 2. Основные этапы алгоритма нахождения центра зрачка

Исходя из вышеизложенного актуальной задачей при создании системы регистрации движений глаз является разработка алгоритма нахождения центра зрачка на полученных изображениях с возможностью его применения в системах реального времени.

Материалы и методы исследования

Для решения задачи нахождения центра зрачка на изображении был разработан оригинальный алгоритм, на рис. 2 показаны его основные этапы

1. Первоначально проводится предварительная обработка изображения, которая заключается в переводе оригинального RGB изображения в оттенки серого. Большинство библиотек компьютерного зрения (например, OpenCV) работают именно с таким форматом изображений. Затем изображение уменьшается в 4–5 раз, с сохранением соотношения сторон, для уменьшения объема обрабатываемой информации.

2. Для дальнейшего выделения области зрачка на изображении проводится процедура адаптивной пороговой бинаризации. Для нахождения порога бинаризации для нескольких начальных кадров из видеоряда строятся их гистограммы. Для каждой гистограммы проводится ее сглаживание методом скользящего среднего, который заключается в замене значений столбцов гистограммы на среднее арифметическое по соответствующему плечу:

$$H = \sum_{k-N}^{k+N} H(k),$$

где N – размер плеча (подбирается эмпирически), k – номер члена ряда, значение которого заменяется средним.

После сглаживания на каждой гистограмме находится первый локальный минимум. Среднее значение минимума для этих

нескольких кадров будет являться порогом бинаризации.

На рис. 3 показано сравнение исходной (оранжевым цветом) и полученной после обработки, сглаживания, гистограммы (синим цветом). Красной линией показан первый локальный минимум (искомый порог бинаризации). Значения слева от порога соответствуют пикселям, формирующим зрачок.

3. Зрачок определяется как самая темная область на изображении, так как отражение света там наименьшее. Операция бинаризации проводится с целью обнуления яркостей, превышающих заданные пороги и выделения пикселей с наименьшими яркостями, чтобы впоследствии рассмотреть исключительно объекты, полученные из темных областей.

Всем пикселям изображения (M), значения которых меньше порога (θ), присваивается значение 1 (черный цвет), а оставшимся пикселям, где значение больше, присваивается 0 (белый цвет):

$$M(x, y) = \begin{cases} 1, & M(x, y) \leq \theta \\ 0, & M(x, y) > \theta \end{cases}.$$

4. На полученном бинарном изображении находится наибольший кластер из связанных черных пикселей (по принципу 4-связности). Это необходимо для фильтрации шумов на изображении и получения более статистически устойчивых результатов при вычислении координаты центра зрачка (кластера).

5. Анализ выделенного кластера с целью определения его центра проводится следующим образом:

- Определяются минимальная и максимальная (по кластеру) строки.

- Для каждой из строк этого диапазона определяются крайние пиксели и тем самым и вес каждой строки (ее длина).

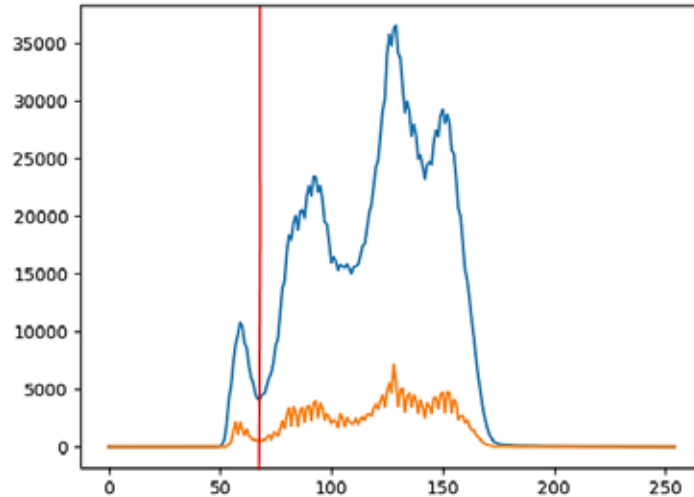


Рис. 3. Оригинальная гистограмма изображения (оранжевым цветом), гистограмма после сглаживания (синим цветом). Красным отмечен найденный порог. По оси абсцисс – интенсивность пикселей (от 0 до 255), по оси ординат – количество пикселей

– Формируются суммы номеров строк кластера (S_1) с учетом их весов и центров строк кластера (S_2) с учетом их весов:

$$S_1 = \sum_{i=I_{min}}^{I_{max}} i \cdot (J_{max_i} - J_{min_i});$$

$$S_2 = \sum_{i=I_{min}}^{I_{max}} (J_{max_i} - J_{min_i}) \cdot \frac{J_{max_i} + J_{min_i}}{2}$$

где I_{min} и I_{max} – крайние пиксели кластера; i – номер строки; J_{max} и J_{min} – крайние пиксели строк кластера.

На итоговом шаге находятся средние этих сумм, которые и задают искомый центр зрачка:

$$C_x = \frac{S_2}{S_0}, \quad C_y = \frac{S_1}{S_0}$$

$$S_0 = \sum_{i=I_{min}}^{I_{max}} (J_{max_i} - J_{min_i}).$$

Для восстановления исходного вычисленные значения координат центров также

умножаются на коэффициент, соответствующий степени уменьшения оригинального изображения. На рис. 4 показан результат работы алгоритма.

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, был разработан оригинальный алгоритм нахождения центра зрачка на изображении для систем видеонистагмографии. Время обработки одного кадра разрешением 1280 на 720 пикселей составляет не более 10 мс, что позволяет применять алгоритм в информационных системах анализа движений глаз в реальном времени.

Предложенный метод обработки изображений показывает эффективность в работе с «реальными» данными при наличии шумов, неравномерности инфракрасной подсветки камер, дефектов изображения, что особенно актуально при построении систем анализа движений глаз на основе доступных аппаратных средств.



Рис. 4. Слева направо: результат пороговой бинаризации по найденному минимуму, результат фильтрации (нахождения кластера зрачка), найденный центр зрачка

Предлагаемый метод адаптивной пороговой бинаризации позволяет автоматизировать процесс нахождения порога преобразования, что позволяет сократить временные затраты на его подбор в процессе проведения исследований

Заключение

Видеонистагмография – объективный метод исследования количественных характеристик движений глаз. Благодаря технологическому прогрессу метод продолжает развиваться, совершенствуются алгоритмы обработки изображений, повышается точность получаемых данных.

Совершенствуя и создавая новые системы и комплексы анализа движений глаз, их алгоритмическое и программное обеспечение, мы получим возможность, уменьшив временные и финансовые затраты, повысить объективность исследований, эффективность диагностики и точность получаемых данных. Помимо прочего, алгоритмы, используемые для анализа движений глаз, также требуют дальнейшего совершенствования.

Список литературы

1. Белякова-Бодина А.И., Бриль Е.В., Зимнякова О.С., Аникина М.А., Брутян А.Г. Видеонистагмография в диагностике глазодвигательных нарушений // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2017. № 4. С. 52–64.
2. Горбунов А.В., Непрокин А.В. Нистагмография в медико-биологической практике: учебное пособие. Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО ТГТУ. 2020. 84 с.
3. Непрокин А.В. Устройство для видеонистагмографии // Патент РФ № 183466. Патентообладатель Непрокин А.В. 2018. Бюл. № 27.
4. Romaguera T.V., Romaguera L.V., Piñol D.C., Seisdedos C.R. Pupil Center Detection Approaches: A Comparative Analysis. *Computación y Sistemas*. 2021. Vol. 25. DOI: 10.13053/cys-25-1-3385.
5. Chen D., Bai J., Qu Z. Research on pupil center location based on improved Hough transform and edge gradient algorithm. *Proc. National Conf. Information Technology and Computer Science*. 2012. P. 47–51.
6. Ma L., Wang Y., Tan T. Iris recognition using circular symmetric filters. *Proc. 16th Int. Conf. Pattern Recognition*. 2002. Vol. 2. P. 414–417.
7. Pan L., Chu W.S., Saragih J.M., de la Torre F. Fast and robust circular object detection with probabilistic pairwise voting. *Signal Processing Letters*. 2011. Vol. 11. P. 639–642.
8. Матвеев И.А., Цурков В.И., Чинаев Н.Н. Поиск окружности зрачка преобразованием Хафа для границ компонент связности // *Автоматика и телемеханика*. 2015. № 11. С. 104–117.
9. Чинаев Н.Н., Матвеев И.А. Определение точной границы зрачка // *Journal of Machine Learning and Data Analysis*. 2013. № 4.
10. Непрокин А.В., Горбунов А.В. Метод определения центра зрачка для систем видеонистагмографии // *Мир науки без границ: материалы 7-й международной научно-практической конференции молодых учёных (Магнитогорск, 14 февраля 2020 г.)*. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2020. С. 33–37.
11. Грушко Ю.В. Аппаратно-программный комплекс аугментативной системы коммуникации на основе технологии Eye-tracking // *Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки*. 2019. № 2. С. 55–73.

УДК 519.237:519.254:611.1

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ЭНТРОПИЙНО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

^{1,2}Тырсин А.Н., ³Яшин Д.А.¹ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: at2001@yandex.ru;²Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, Екатеринбург;³ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Челябинск, e-mail: yashid.chel@mail.ru

Одной из актуальных и мало изученных проблем в медицине является комплексная оценка здоровья одновременно по нескольким факторам риска. Одним из подходов, направленных на решение этой проблемы, является энтропийно-вероятностное моделирование, представляющее собой синтез риск-анализа и системно-энтропийного анализа многомерных систем. Описана методика энтропийно-вероятностного мониторинга индивидуального состояния здоровья на примере сердечно-сосудистой системы. Индивидуальный энтропийно-вероятностный мониторинг позволяет обнаружить момент существенного изменения функционирования сердечно-сосудистой системы и определить, какие из множества факторов на это повлияли. Он обладает универсальностью и может использоваться в других областях клинической медицины, особенно в тех, где постоянно с использованием информационных технологий фиксируется большое количество параметров функционирования разных систем. Наряду с риск-анализом и системно-энтропийным анализом имеется возможность совместного анализа различных факторов риска с множеством входных показателей, оказывающих влияние на состояние здоровья конкретного человека. Мониторинг осуществляется по ряду показателей, таких как энтропия хаотичности и самоорганизации множеств входных показателей и факторов риска, энтропия взаимосвязи между входными показателями и факторами риска, многомерный риск, оценка вклада каждого фактора риска в общий риск. Методика апробирована на примере сердечно-сосудистой системы. Результаты мониторинга согласуются с данными о фактическом состоянии здоровья.

Ключевые слова: энтропия, риск-анализ, вероятность, сердечно-сосудистая система, мониторинг

INDIVIDUAL ENTROPY-PROBABILISTIC MONITORING OF FUNCTIONING OF CARDIOVASCULAR SYSTEM

^{1,2}Tyrsin A.N., ³Yashin D.A.¹Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: at2001@yandex.ru;²Science and Engineering Center «Reliability and Resource of Large Systems and Machines», Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg;³South Ural State Medical University, Chelyabinsk, e-mail: yashid.chel@mail.ru

One of the urgent and little-studied problems in medicine is a comprehensive assessment of health simultaneously for several risk factors. One of the approaches aimed at solving this problem is entropy-probabilistic modeling, which is a synthesis of risk analysis and system-entropy analysis of multidimensional systems. The article describes the technique of entropy-probabilistic monitoring of individual health status on the example of the cardiovascular system. Individual entropy-probabilistic monitoring allows you to detect the moment of a significant change in the functioning of the cardiovascular system and determine which of the many factors influenced it. It has versatility and can be used in other areas of clinical medicine, especially in those where a large number of parameters of the functioning of different systems are constantly recorded using information technology. Along with risk analysis and system-entropy analysis, it is possible to jointly analyze various risk factors with a variety of input indicators that affect the health of a particular person. Monitoring is carried out according to a number of indicators, such as the entropy of randomness and self-organization of sets of input indicators and risk factors, the entropy of the relationship between input indicators and risk factors, multidimensional risk, and assessment of the contribution of each risk factor to the overall risk. The technique was tested on the example of the cardiovascular system. The results of monitoring are consistent with data on the actual state of health.

Keywords: entropy, risk-analysis, probability, cardiovascular system, monitoring

И.П. Павлов отмечал, что «животный организм представляет крайне сложную систему, состоящую из почти бесконечного ряда частей, связанных как друг с другом, так и в виде единого комплекса с окружаю-

щей природой и находящихся с ней в равновесии» [1, с. 106]. Комплексная оценка здоровья одновременно по нескольким факторам риска является одной из актуальных и недостаточно изученных проблем в меди-

цине. Часто применяемые в таких случаях экспертные оценки нельзя считать в полной мере объективными [2].

Одним из направлений для комплексного оценивания здоровья может быть использование энтропии, являющейся одной из наиболее универсальных характеристик сложных систем [3, 4]. Такие системы обычно обладают неопределенным (стохастическим) характером поведения и состоят из множества сложным образом взаимосвязанных между собой элементов. При этом все компоненты связаны между собой некоторым образом. Важно указать на то, что имеет место неоднозначность выбора элементов в сложной системе [5, 6]. В этой ситуации ее часто представляют в виде случайного вектора (с.в.) $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$, в котором каждая компонента Y_i является одномерной случайной величиной, характеризующей функционирование соответствующего элемента системы [7].

Представляет интерес вопрос использования энтропии для мониторинга систем. В [8] предложено использование энтропийного анализа для мониторинга популяционного здоровья. В его основе векторное представление дифференциальной энтропии (далее – энтропии). Использование системно-энтропийного анализа позволило понять основные системные причины ухудшения популяционного здоровья, а для формирования рекомендаций по улучшению здоровья также необходима количественная оценка вклада в его ухудшение каждого из факторов риска [9]. Отметим, что энтропийно-вероятностный (ЭВ) подход, объединяющий системно-энтропийный и риск-анализ, предложен и апробирован для исследования популяций [10]. Поэтому представляет интерес рассмотреть возможности ЭВ моделирования для мониторинга индивидуального состояния здоровья.

Цель исследования – разработать методику энтропийно-вероятностного мониторинга индивидуального состояния здоровья на примере сердечно-сосудистой системы.

Материалы и методы исследования

Имеем два множества (случайных вектора): $\mathbf{X} = (X_1, X_2, X_3)$ – множество входных показателей, $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, Y_3)$ – множество факторов риска (выходных показателей) (см. табл. 1). Выбор выходных показателей объясняется следующими причинами. Во-первых, они являются обобщенными показателями как состояния человеческого здоровья и качества работы сердечно-сосудистой системы в частности [11, 12]. Во-вторых, эти показатели доступны для измерения. В-третьих, ставилась цель показать

возможности предлагаемой методики в целом. Для более глубокого исследования состояния здоровья понадобится большее число наблюдаемых показателей и наблюдение в медицинском учреждении, что в настоящее время осложнено из-за ковидных ограничений. Выбор входных показателей \mathbf{X} обусловлен наличием метеозависимости, проявляющейся в избыточном реагировании человека на изменения условий окружающей среды [13].

Таблица 1

Анализируемые показатели

Обозначение	Показатель
X_1	Атмосферное давление, мм рт. ст.
X_2	Влажность воздуха, %
X_3	Суточное время, % от 24 ч
Y_1	Систолическое артериальное давление (САД), мм рт. ст.
Y_2	Диастолическое артериальное давление (ДАД), мм рт. ст.
Y_3	Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин

Системно-энтропийный анализ включает в себя следующее. Общая энтропия непрерывного с.в. $\mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_m)$ определяется по формуле [8]

$$H(\mathbf{Z}) = \sum_{i=1}^m \ln \sigma_{Z_i} + \sum_{i=1}^m \kappa_i + 0,5 \cdot \sum_{k=2}^m \ln(1 - R_{Z_k/Z_1 Z_2 \dots Z_{k-1}}^2), \quad (1)$$

где

$$H(\mathbf{Z})_V = \sum_{i=1}^m \ln \sigma_{Z_i} + \sum_{i=1}^m \kappa_i,$$

$H(\mathbf{Z})_R = 0,5 \cdot \sum_{k=2}^m \ln(1 - R_{Z_k/Z_1 Z_2 \dots Z_{k-1}}^2)$ – энтропия хаотичности (энтропия с.в. с взаимно независимыми компонентами) и энтропия самоорганизации (показывает взаимодействие между подсистемами – чем меньше коэффициент, тем больше корреляционная взаимосвязь между компонентами системы, тем меньше общая энтропия; при наличии функциональной связи между хотя бы двумя компонентами $H(\mathbf{Z})_R = -\infty$, при взаимной независимости всех компонент $H(\mathbf{Z})_R = 0$) σ_{Z_i} – стандартное отклонение; $\kappa_i = H(Z_i/\sigma_{Z_i})$ – энтропийный показатель типа закона распределения случайной величины Z_i ; $R_{Z_k/Z_1 Z_2 \dots Z_{k-1}}^2$ – индексы детерминации регрессионных зависимостей. Разделим энтропию хаотичности на две составляющие

$$H(\mathbf{Z})_V = H(\mathbf{Z})_\sigma + H(\mathbf{Z})_\kappa, \quad (2)$$

где $H(\mathbf{Z})_\sigma = \sum_{i=1}^m \ln \sigma_{Z_i}$ – «хаотичности энтропия рассеяния» (характеризует вклад в энтропию хаотичности степени рассеяния всех элементов системы \mathbf{Z}), $H(\mathbf{Z})_\kappa = \sum_{i=1}^m \kappa_i$ – «хаотичности энтропия распределения» (определяет вклад в энтропию хаотичности форм распределения компонент многомерной с.в. \mathbf{Z}), $H(\mathbf{Y})_{\text{comp}} = H(\mathbf{Y})_R + H(\mathbf{Y})_\sigma$ – «энтропия сравнения» (если $H(\mathbf{Y})_\kappa$ неизменна, то $H(\mathbf{Y})_{\text{comp}}$ облегчает восприятие изменения энтропии).

Анализ распределений компонент случайных векторов \mathbf{X} и \mathbf{Y} подтвердил вывод [7] о близости распределений к нормальному закону. Поэтому вместо (1) и (2) имеем

$$H(\mathbf{X})_\sigma = \sum_{i=1}^3 \ln \sigma_{X_i},$$

$$H(\mathbf{X})_\kappa = 1,5 \cdot \ln(2\pi e) = 4,257,$$

$$H(\mathbf{X})_R = 0,5 \cdot \ln |R_X|, \quad (3)$$

$$H(\mathbf{Y})_\sigma = \sum_{i=1}^3 \ln \sigma_{Y_i},$$

$$H(\mathbf{Y})_\kappa = 1,5 \cdot \ln(2\pi e) = 4,257,$$

$$H(\mathbf{Y})_R = 0,5 \cdot \ln |R_Y|. \quad (4)$$

Отметим, что между энтропией самоорганизации и теснотой корреляционной связи между компонентами с.в. \mathbf{X} и \mathbf{Y} существует взаимно однозначная функциональная связь.

Энтропия взаимосвязи $H(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y})$ между векторами \mathbf{X} и \mathbf{Y} позволит количественно оценивать влияние метеорологических факторов на состояние сердечно-сосудистой системы. Она изменяется от 0 (соответствует независимости между \mathbf{X} и \mathbf{Y}) до $+\infty$ (в случае, когда хотя бы один из показателей Y_j функционально связан с хотя бы одним показателем X_i). Для гауссовых случайных векторов [10]

$$H(\mathbf{X} \cap \mathbf{Y}) = -\frac{1}{2} \ln \frac{|R_{X \cup Y}|}{|R_X| \cdot |R_Y|}. \quad (5)$$

Вероятность неблагоприятного исхода $P(D)$ (вероятность перехода испытуемого в «риск-зону» по факторам риска Y_1, Y_2, Y_3 относительно пороговых уровней) как [9]

$$P(D) = P(\mathbf{Y} \in D),$$

$$D = \left\{ \mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots, y_m) : \sum_{j=1}^m \frac{(y_j - \theta_j)^2}{b_j^2} \geq 1 \right\}. \quad (6)$$

Абсолютное и относительное изменение риска за счет добавления фактора Y_k равно

$$\Delta P(Y_k) = P(\mathbf{Y} \in D) - P(\mathbf{Y}_k^- \in D),$$

$$\delta P(Y_k) = \Delta P(Y_k) / P(\mathbf{Y}_k^- \in D), \quad (7)$$

где $\mathbf{Y}_k^- = (Y_1, \dots, Y_{k-1}, Y_{k+1}, \dots, Y_m)$.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве исходных данных использовались ежедневные показания двух человек (испытуемый 1 – мужчина 47 лет; испытуемый 2 – мужчина 60 лет), давших согласие на участие в экспериментах. Поскольку мы рассматриваем не популяционный, а индивидуальный мониторинг, то число испытуемых несущественно (у каждого испытуемого могут быть свои индивидуальные особенности в зависимости от возраста и т.п., а значит, и разные исследуемые показатели). С учетом того, что ставилась задача описания методики в целом, такого числа испытуемых достаточно. Измерения артериального давления и пульса проводили в соответствии с клиническими рекомендациями [14] с помощью тонометра Sanitas SBC 23: погрешность измерения давления ± 3 мм рт. ст.; погрешность измерения пульса $\pm 5\%$. Погодные условия фиксировались с сайта <https://www.gismeteo.ru/>. Результаты наблюдений и состояние здоровья испытуемых контролировались квалифицированным врачом-терапевтом. Количество наблюдений для испытуемых составило 87 и 285 измерений (в среднем более 50 измерений в месяц), достаточно для имеющейся погрешности тонометра. Анализ проводился с помощью программы [15].

ЭВ мониторинг показателей сердечно-сосудистой системы для испытуемого 1.

В табл. 2 представлены средние уровни САД, ДАД, ЧСС, энтропийные коэффициенты, показатели риск-анализа в различное время дня (утро, день, вечер) и в период до и после 21.02.22. Проведение анализа до и после 21.02.22 обусловлено тем, что по данным анамнеза после 21.02.22 произошло существенное изменение в состоянии здоровья испытуемого 1 вследствие стресса. У испытуемого 1 не было медицинских оснований учитывать влияние на сердечно-сосудистую систему климатических условий, поэтому энтропийный анализ взаимосвязи между входными показателями \mathbf{X} и факторами риска \mathbf{Y} не проводился.

Таблица 2

Результаты ЭВ мониторинга показателей сердечно-сосудистой системы испытуемого 1 в различные временные периоды

Показатель	31.01 – 20.03.22	31.01 – 21.02.22	22.02 – 20.03.22	Утро	День	Вечер
n	84	47	37	39	21	24
Y_1 $M \pm m$ (σ)	153,1 \pm 0,9 (8,28)	149,95\pm0,97 (6,65)	157,0\pm1,4* (8,52)	153,8 \pm 1,2 (7,53)	152,05 \pm 1,89 (8,64)	152,8 \pm 1,9 (9,3)
Y_2 $M \pm m$ (σ)	94,1 \pm 0,76 (6,96)	92,1\pm0,76 (5,21)	96,6\pm1,32** (8,04)	97,2\pm0,91 (5,7)	90,7\pm1,48* (6,78)	92,0\pm1,43^^ (6,99)
Y_3 $M \pm m$ (σ)	72,7 \pm 0,81 (7,45)	71,4 \pm 0,87 (5,97)	74,2 \pm 1,46 (8,85)	72,8 \pm 1,41 (8,81)	73,2 \pm 1,43 (6,55)	71,9 \pm 1,19 (5,85)
$H(Y)_R$	-0,35	-0,23	-0,44	-0,31	-0,63	-0,45
$H(Y)_\sigma$	6,04	5,30	6,37	5,896	5,88	5,88
$H(Y)_K$	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26
$H(Y)_V$	10,30	9,56	10,62	10,15	10,13	10,13
$H(Y)$	9,95	9,32	10,18	9,85	9,5	9,68
$H(Y)_{\text{comp}}$	5,7	5,07	5,92	5,59	5,24	5,425
$P(D)$	0,397	0,171	0,631*	0,503	0,275	0,305
$\delta P(Y_1)$, %	24,5	25,0	20,2	13,2	48,7	58,1
$\delta P(Y_2)$, %	22,05	23,5	13,9	37,7	6,8	11,5
$\delta P(Y_3)$, %	68,4	136,0	55,6	62,5	82,4	49,7

Примечание. M – средняя (арифметическая) величина; m – средняя ошибка средней величины; σ – стандартное отклонение; n – количество значений САД, ДАД, ЧСС; ** – $p < 0,01$ при сравнении представленных групп с предыдущей по временному периоду (анализ проводился для САД, ДАД, ЧСС, $P(D)$); * – $p < 0,001$; ^^ – $p < 0,01$ при сравнении между группами «Утро» / «Вечер» для САД, ДАД, ЧСС; n – количество измерений

Уровни для риск-анализа определим так: оптимальный – среднее арифметическое из всех измерений, пороговые уровни (верхний/нижний) – $\pm\sigma$ (σ – стандартное отклонение), критические уровни (верхний/нижний) – $\pm 2\sigma$. Использование уровней для риск-анализа на основании клинических рекомендаций (например, оптимальный уровень артериального давления 120/80 мм рт. ст., верхние пороговые и критические уровни, соответствующие 1 и 3 степеням артериальной гипертензии и т.д.) в данном случае неудобно, так как из-за высоких значений артериального давления у испытуемого вероятность $P(D)$, например, за весь период будет равна 0,998, что затрудняет проведение анализа.

Анализ по средним величинам показывает, что утром выше средний уровень ДАД в сравнении с дневным (на 7,2%) и вечерним (на 5,6%) временем при неизменных САД и ЧСС. При этом риск-анализ фиксирует существенное снижение $P(D)$ с 50,3% до 27,5%. Изменение энтропии аналогично – $H(Y)_{\text{comp}}$ уменьшилась с 5,59 до 5,24 при существенном снижении энтропии самоорганизации

(с -0,31 до -0,63), что свидетельствует об усилении внутренних взаимосвязей и стабилизации функционирования сердечно-сосудистой системы в дневное время. Более существенное изменение показателей риск-анализа в сравнении с анализом по отдельным подсистемам позволяет выявить более «тонкие» изменения, особенно при недостатке данных (малом числе наблюдений).

После 21.02.22 достоверно увеличились уровни САД (на 4,7%), ДАД (на 4,9%). При этом $H(Y)_{\text{comp}}$ возросла с 5,07 до 5,92 (на 16,7%) с уменьшением $H(Y)_R$ с -0,23 до -0,44 (стабилизация на более «негативном» уровне). Риск возрос еще больше: $P(D)$ увеличилась с 17,1% до 63,1% ($p < 0,001$). Дату 21.02.22, после которой произошло существенное ухудшение показателей сердечно-сосудистой системы, мы знали из данных анамнеза.

Применим далее ЭВ мониторинг для периодов с равным количеством измерений ($n = 30$) и «перекрытием» смежных групп, т.е. группы с номерами измерений 1–30, 16–45, 31–60, 46–75, 61–84. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты ЭВ мониторинга показателей сердечно-сосудистой системы испытуемого 1 для периодов с равным количеством измерений

Показатель	Период 1	Период 2	Период 3	Период 4	Период 5
Интервал	31.01–13.02.22	08.02–20.02.22	14.02–02.03.22	21.02–15.03.22	03.03–20.03.22
n	1–30	16–45	31–60	46–75	61–84
Y_1 $M \pm m$ (σ)	148,25±1,29 (7,05)	150,4±1,33 (7,3)	152,5±1,31 (7,16)	155,5±1,59 (8,72)	159,9±1,3*** (6,37)
Y_2 $M \pm m$ (σ)	91,1±1,04 (5,68)	91,75±0,79 (4,35)	94,05±1,22 (6,71)	96,1±1,59 (8,73)	97,9±1,44 (7,08)
Y_3 $M \pm m$ (σ)	71,9±1,23 (6,74)	72,0±1,15 (6,28)	74,3±1,35 (7,39)	74,75±1,6 (8,78)	71,5±1,69 (8,28)
$H(Y)_R$	-0,28	-0,21	-0,23	-0,5	-0,58
$H(Y)_\sigma$	5,55	5,24	5,82	6,45	5,86
$H(Y)_x$	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26
$H(Y)_v$	9,8	9,5	10,08	10,71	10,12
$H(Y)$	9,52	9,29	9,85	10,21	9,54
$H(Y)_{comp}$	5,27	5,04	5,59	5,95	5,28
$P(D)$	0,204	0,198	0,395	0,61	0,599

Примечание. M – средняя (арифметическая) величина; m – средняя ошибка средней величины; σ – стандартное отклонение; n – номера измерений САД, ДАД, ЧСС; *** – $p < 0,05$ при сравнении представленной группы с предыдущей (анализ проводился для САД, ДАД, ЧСС).

При однофакторном анализе (по одному показателю в отдельности) обнаружено только достоверное увеличение САД на 2,8% в группе № 5 относительно периода № 4. Определить момент, когда произошло резкое изменение в системе при анализе по одному показателю в отдельности не представляется возможным. При динамическом энтропийно-вероятностном анализе в периоде 3 зафиксирован рост $H(Y)$ на 10,9% с 5,04 до 5,59. Показатели риск-анализа фиксируют еще более выраженные изменения при переходе из периода № 2 в № 3 – рост $P(D)$ с 19,8% до 39,5%. Уменьшение $H(Y)_R$ с -0,23 в периоде № 3 до -0,5 в периоде № 4 при одновременном росте остальных энтропийных коэффициентов и риска $P(D)$ показывает стабилизацию системы на более «негативном» уровне. Таким образом, метод ЭВ мониторинга в отличие от однофакторного анализа позволяет выявить момент, когда в системе произошел качественный сдвиг (резкое ухудшение) – это середина интервала 14.02–02.03.22, что совпадает, в том числе с данными анамнеза (22.02.2022) (табл. 2).

ЭВ мониторинг показателей сердечно-сосудистой системы для испытуемого 2.

У испытуемого 2 были основания учитывать влияние климатических условий на факторы риска. Поэтому показатели X фиксировались и проводился энтропийный

анализ взаимосвязи между входными показателями X и факторами риска Y . Ввиду ограниченности объема статьи не будем приводить таблицы, аналогичные табл. 2, 3, а представим результаты мониторинга состояния его здоровья в графическом виде (рис. 1–3). Весь диапазон был разбит на 8 интервалов: $k = 1$ (01.11.21 – 20.11.21), $k = 2$ (21.11.21 – 10.12.21), $k = 3$ (11.12.21 – 31.12.21), $k = 4$ (01.01.22 – 20.01.22), $k = 5$ (21.01.22 – 10.02.22), $k = 6$ (11.02.22 – 28.02.22), $k = 7$ (01.03.22 – 20.03.22), $k = 8$ (21.03.22 – 10.04.22). Следует отметить, что испытуемому 2 в начале февраля была сделана операция, не связанная с сердечно-сосудистой системой.

Из рис. 1, а, видно, что энтропии хаотичности, как входных показателей, так и факторов риска, ведут себя достаточно стабильно. Энтропия самоорганизации (рис. 1, б) входных показателей близка к нулю (соответствует их независимости), однако в начале года было некоторое уменьшение, вызванное случайным появлением корреляции между влажностью воздуха и суточным временем фиксации данных (эту корреляцию можно считать нонсенс-корреляцией, обусловленной фактором случайности). Энтропия самоорганизации вначале растет до конца января, а затем начинает стабильно уменьшаться (все три фактора риска становятся взаимно более коррелированными), что мо-

жет быть охарактеризовано как их более согласованное поведение. А одновременное снижение риска (рис. 2, а) позволяет говорить об улучшении функционирования сердечно-сосудистой системы. Влияние САД и ДАД на вероятность $P(D)$ с февраля стало стабильно уменьшаться (рис. 2, б). Скачок роста $\Delta P(Y_k)$ из-за ЧСС вызван увеличением физической нагрузки и к концу анализируемого периода он существенно уменьшился.

Как видно из рис. 3, энтропия взаимосвязи между атмосферным давлением, влажностью воздуха и суточным временем и факторами риска в декабре – январе увеличилась, а с середины февраля стала монотонно уменьшаться (факторы риска в меньшей степени стали зависеть от климатических условий), что также можно характеризовать как улучшение работы сердечно-сосудистой системы.

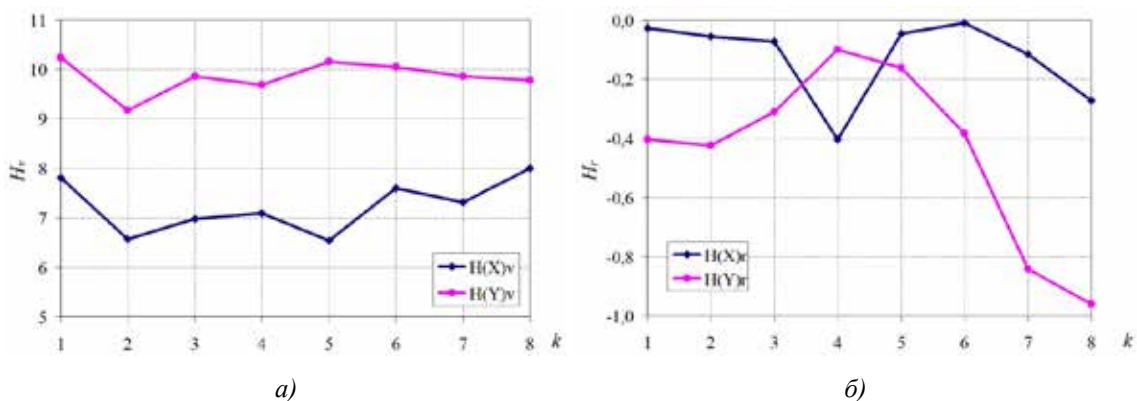


Рис. 1. Значения энтропий для множеств показателей X и Y :
а) энтропии хаотичности $H(X)_v$ и $H(Y)_v$; б) энтропии самоорганизации $H(X)_r$ и $H(Y)_r$

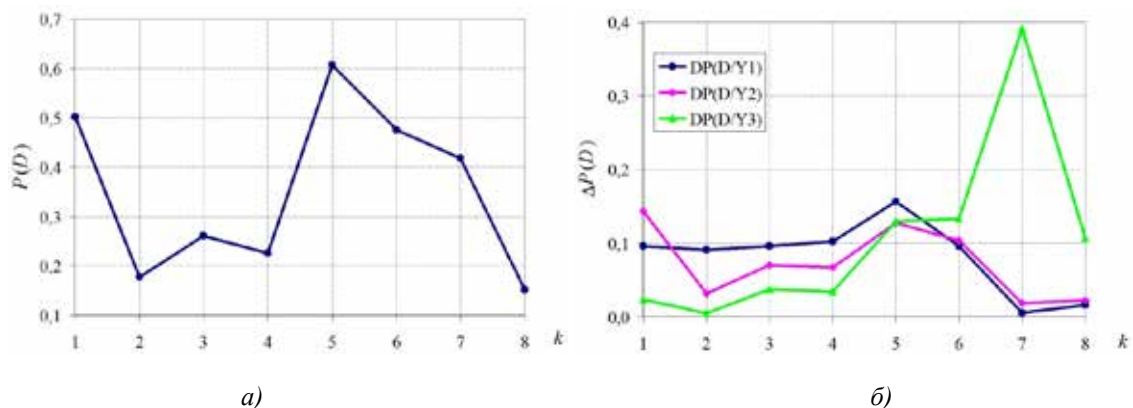


Рис. 2. Риск-анализ сердечно-сосудистой системы по показателям Y : а) значения риска $P(D)$; б) абсолютные изменения риска $\Delta P(Y_k)$ за счет каждого из факторов риска Y_k

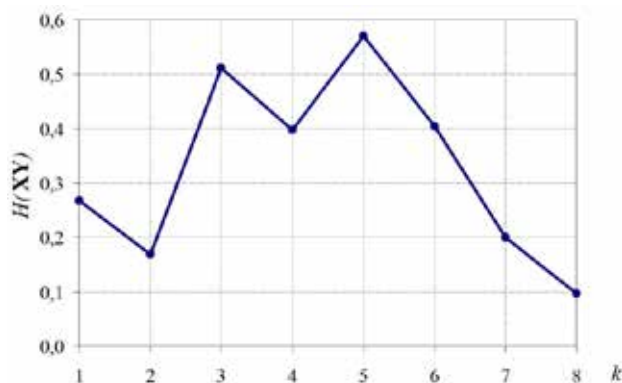


Рис. 3. Значения энтропии взаимосвязи $H(X \cap Y)$

Заключение

1. Индивидуальный энтропийно-вероятностный мониторинг позволяет обнаружить момент существенного изменения функционирования сердечно-сосудистой системы и определить, какие из множества факторов на это повлияли (через анализ энтропии взаимосвязи). Полагаем, что индивидуальный энтропийно-вероятностный мониторинг обладает универсальностью и может использоваться в других областях клинической медицины, особенно в тех, где постоянно с использованием информационных технологий фиксируется большое количество параметров функционирования разных систем, например в функциональной диагностике, в реанимационной практике и др.

2. Наряду с риск-анализом и системно-энтропийным анализом имеется возможность совместного анализа различных исследуемых показателей с множеством входных показателей, оказывающих влияние на состояние здоровья конкретного человека.

3. Методика апробирована на примере сердечно-сосудистой системы. Результаты энтропийно-вероятностного мониторинга согласуются с данными о фактическом состоянии здоровья испытуемых.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 20-51-00001).

Список литературы

1. Нобелевская речь физиолога Ивана Петровича Павлова (12 декабря 1904, Стокгольм) // Развитие личности. 2014. № 4. С. 101–114.
2. Цинкер М.Ю., Кирьяков Д.А., Камалтдинов М.Р. Применение комплексного индекса нарушения здоровья населения для оценки популяционного здоровья в Пермском крае // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15. № 3 (6). С. 1988–1992.
3. Цветков О.В. Энтропийный анализ данных в физике, биологии и технике. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 202 с.
4. Deutscher G. The Entropy Crisis. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2008.
5. Клейнер Г.Б. Системная экономика и системно-ориентированное моделирование // Экономика и математические методы. 2013. Т. 49. № 4. С. 71–93.
6. Кориков А.М., Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ. М.: ИНФРА-М, 2017. 288 с.
7. Насонова Н.В. Автоматизированная система комплексного мониторинга факторов риска хронических неинфекционных заболеваний // Медицинская информатика. 2007. № 1 (13). С. 56–67.
8. Тырсин А.Н., Калев О.Ф., Яшин Д.А., Лебедева О.В. Оценка состояния здоровья популяции на основе энтропийного моделирования // Математическая биология и биоинформатика. 2015. Т. 10. Вып. 1. С. 206–219. DOI: 10.17537/2015.10.206.
9. Тырсин А.Н., Калев О.Ф., Яшин Д.А., Сурина А.А. Модель риска многомерной стохастической системы как инструментальный исследования состояния здоровья популяции // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2018. Т. 17. № 4. С. 948–957. DOI: 10.25987/VSTU.2018.17.4.017.
10. Tyrsin A.N., Yashin D.A., Surina A.A. Entropy-probabilistic modeling as a tool for forming key competencies of a doctor. Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 1691. DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012162.
11. Профилактика хронических неинфекционных заболеваний: Рекомендации / Председатели рабочей группы по подготовке текста рекомендаций – Бойцов С.А., Чучалин А.Г. М.: Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины, 2013. 40 с.
12. Ардашев А.В., Лоскутов А.Ю. Практические аспекты современных методов анализа variability сердечного ритма. М.: Медпрактика-М, 2011. 126 с.
13. Воронин Н.М. Основы медицинской и биологической климатологии. М.: Медицина, 1981. 351 с.
14. Артериальная гипертензия у взрослых: Клинические рекомендации, разработчик «Российское кардиологическое общество», 2020. 136 с.
15. Тырсин А.Н., Сурина А.А., Геворгян Г.Г. Программный комплекс для риск-анализа гауссовской стохастической системы // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2018612937. Правообладатель Тырсин А.Н. Заявл. 09.01.2018; опубл. 01.03.2018, реестр программ для ЭВМ.

УДК 004.89

РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБМЕНА ДАННЫМИ С РЕПОЗИТОРИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

¹Ямашкин С.А., ^{1,2}Ямашкина Е.О., ¹Ямашкин А.А.

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: yamashkinsa@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва

Статья посвящена решению научной проблемы разработки прикладных программных интерфейсов для управления данными репозитория нейросетевых моделей с целью обеспечения функции межмашинного взаимодействия с системой. Интерфейсы предложено организовать на основе паттерна передачи репрезентативного состояния через несколько конечных точек доступа к извлечению данных. Прикладные программные интерфейсы репозитория позволяют интегрировать сервисы управления данными о доступных нейросетевых моделях в существующую программную инфраструктуру, обеспечивают выполнение требуемого функционала об уровне обслуживания, реализуя решение таких задач, как автоматизация процесса программного импорта моделей в проекты на языке программирования высокого уровня, экспорт разработанных моделей в систему репозитория на основе метаязыка, администрирование ключевых каталогов репозитория: реестра нейросетевых моделей, пространственных данных и проектных задач, программное управление ключевыми ролями и правами доступа пользователей системы. Посредством внедрения программных интерфейсов достигается решение задачи абстрагируемости внешних систем от сложных аспектов хранения нейросетевых моделей и предоставления унифицированного внешнего представления инфраструктуры хранения данных, от внешних систем при этом инкапсулируется сложная многослойная архитектура плоскости управления данными на основе политик, включающая модули управления хранением, подсистемы защиты данных, кеширования и разграничения прав доступа.

Ключевые слова: прикладные программные интерфейсы, репозиторий, нейросетевые модели, обмен данными

DEVELOPMENT OF APPLICATION PROGRAMMING INTERFACES TO ENSURE DATA EXCHANGE WITH THE REPOSITORY OF NEURAL NETWORK MODELS

¹Yamashkin S.A., ^{1,2}Yamashkina E.O., ¹Yamashkin A.A.

¹National Research Ogarev Mordovian State University, Saransk, e-mail: yam-ashkinsa@mail.ru;

²MIREA – Russian Technological University, Moscow

The article is devoted to solving the scientific problem of developing application programming interfaces for manipulating the data of the repository of neural network models in order to provide the function of machine-to-machine interaction with the system. Interfaces are proposed to be organized based on the pattern of transferring a representative state through several endpoints of access to data extraction. Application programming interfaces of the repository allow integrating data management services about available neural network models into the existing software infrastructure, provide the required functionality about the service level, realizing the solution of such tasks as automating the process of programmatically importing models into projects in a high-level programming language, exporting developed models to the system repository based on the meta-language, administration of the key directories of the repository: a registry of neural network models, spatial data and design tasks, programmatic management of key roles and access rights of system users. Through the introduction of software interfaces, the solution of the problem of abstractibility of external systems from the complex aspects of storing neural network models and providing a unified external representation of the data storage infrastructure is achieved, while the complex multi-layer architecture of the policy-based data management plane is encapsulated from external systems, including storage management modules, data protection subsystems, caching and differentiation of access rights.

Keywords: application programming interfaces, repository, neural network models, data exchange

В Постановлении Правительства Российской Федерации от 1 декабря 2021 г. № 2148 об утверждении государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных» отмечено, что для обеспечения совершенствования системы государственного кадастрового учета недвижимого имущества и инфраструктуры пространственных данных (ИПД) требуется реализация мероприятий, направленных на решение существующего ряда проблем,

таких как «ограниченное использование современных российских геоинформационных технологий, высокопроизводительной обработки пространственных данных, искусственного интеллекта для повышения эффективности цифровизации этой сферы, а также отсутствие отечественной геоинформационной платформы, объединяющей сведения, содержащиеся в ведомственных и региональных информационных ресурсах, реестрах и базах данных». Решение поставленной научной проблемы актуально в рамках приоритета

научно-технического развития Российской Федерации, обозначенного в Стратегии НТР РФ (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642) – Н6 «Связанность территории Российской Федерации за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем...».

Функционирование современных программно-аппаратных систем консолидации и анализа пространственных данных должно быть основано на обоснованном использовании интеллектуальных алгоритмов и моделей, важное место среди которых занимают искусственные нейронные сети [1]. В этих условиях актуальное значение имеет решение научной задачи проектирования архитектуры и разработки программной реализации репозитория глубоких нейронных сетей с целью формирования реестра и систематизации моделей машинного обучения в аспекте их применения на основе больших массивов геопро пространственных данных [2]. Использование репозитория нейросетевых моделей актуально для повышения эффективности управления процессами в организационных системах, деятельность которых направлена на анализ пространственных данных с целью принятия взвешенных управленческих решений в области анализа систем землепользования и прогнозирования развития природных и природно-техногенных чрезвычайных ситуаций.

Важно отметить и то, что для решения проблемы обеспечения автоматизированного взаимодействия с репозиторием нейросетевых моделей на основе концепции межмашинного взаимодействия, а также абстрагирования пользователей системы от сложностей организации системы хранения данных репозитория необходимо обеспечить организацию в рамках репозитория пространственных данных прикладных программных интерфейсов для обеспечения унифицированного программного взаимодействия с системой.

Цель исследования направлена на разработку прикладных программных интерфейсов для манипулирования данными репозитория нейросетевых моделей с целью обеспечения функции межмашинного взаимодействия с системой.

Материалы и методы исследования

Для того чтобы эффективно организовать работу программных интерфейсов репозитория нейросетевых моделей, необходимо определить, какой паттерн следует использовать для построения программного интерфейса системы. Рассмотрим далее наиболее часто используемые технологии. Кон-

текст использования прикладных программных интерфейсов (Application Programming Interface, API) в области разработки программного обеспечения и информационных систем очень отличается и относится к элементам интерфейса приложения, которые могут быть вызваны или выполнены на различных уровнях абстракции в системе [3]. Часто применяемыми технологиями являются протокол простого доступа к объектам (SOAP) и передача репрезентативного состояния (REST).

Первые API начали появляться в 2000 г. Создатели API использовали протокол SOAP, который поддерживал формат XML. В течение последних двух десятилетий передача репрезентативного состояния считается стандартной архитектурой для разработки и реализации интерфейсов прикладного программирования в качестве серверных приложений или серверных веб-сервисов [4]. REST – это набор руководящих принципов, которые могут быть реализованы по мере необходимости, делая обозначенный подход более быстрым и легким и, благодаря повышенной масштабируемости, наиболее подходящим для Интернета вещей (IoT) и разработки мобильных приложений. RESTful API – это интерфейс прикладного программирования, который соответствует ограничениям архитектурного стиля REST и позволяет взаимодействовать с веб-службами через передачу репрезентативного состояния [5].

REST API выстраивается на основе организации нескольких конечных точек доступа к извлечению данных. Наличие нескольких конечных точек увеличивает количество вызовов «клиент-сервер» для получения данных, что может являться более эффективным решением, чем использование одной конечной точки. Поэтому скорость ответа REST считается оптимальной, но требует больших вычислительных ресурсов, таких как загрузка процесса и потребление памяти. Клиент и сервер могут работать независимо в REST, что означает, что информация о состоянии может быть переопределена и все данные, полученные с сервера, могут быть кэшированы на стороне клиента таким образом, чтобы можно было улучшить общую производительность. REST основан на пяти различных методах: 1) GET для извлечения данных; 2) POST для добавления или обновления данных на сервере; 3) PUT для обновления значений свойств; 4) PATCH для изменения ресурса; 5) DELETE для удаления ресурса.

Основными принципами проектирования REST являются адресуемость, унифицированный интерфейс и отсутствие

состояния. В рамках паттерна REST API-интерфейсы выполняют операции манипулирования данными (CRUD) со следующими HTTP-запросами: 1) CREATE: создать новые данные с помощью POST; 2) READ: получить данные на основе входных параметров с помощью GET; 3) UPDATE: изменить данные с помощью PUT; 4) DELETE: удалить указанные данные с помощью DELETE.

По мере роста системы и количества пользователей нагрузка на репозиторий нейросетевых моделей будет увеличиваться. Достаточная масштабируемость репозитория может быть достигнута по ряду определенных направлений. В первую очередь при проектировании стоит обратить внимание на масштабируемость нагрузки при одновременной экономии ресурсов. Фактически термин «масштабируемость» может трактоваться шире и включать в себя «масштабируемость поколений», то есть способность системы включать в себя новые компоненты, разработанные в будущем, которые могут не существовать и не быть описаны в настоящей действительности. Также в термин «масштабируемость» можно включить «гетерогенную масштабируемость» – возможность системы взаимодействовать со сторонними сервисами, компонентами и архитектурами, разработанными другими производителями и разработчиками.

В системе репозитория каждый модуль может быть развернут на основе микросервисной архитектуры, а согласованность

данных для всей системы обеспечивает кластерная архитектура мультимодельного хранилища данных [6]. Перед началом выполнения операции все узлы кластера должны согласиться, что проведение операции возможно, а затем должна выполняться фиксация изменений на всех узлах. Характеристика долговечности данных определяет устойчивость хранимых в репозитории данных к потере [7]. В базах данных, которые обладают долговечностью, данные сохраняются после завершения транзакции, даже если происходит отключение электроэнергии или сбой системы.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках репозитория нейросетевых моделей анализа пространственных данных был реализован и протестирован на производительность программный интерфейс репозитория нейросетевых моделей на основе REST API. Задачей подготовленного ПО было управление данными о транзакциях и пользователях: проведение транзакций и получение информации о пользователях. Предоставляя множество конечных точек, REST API позволяет легко настраивать веб-кэширование для соответствия определенным шаблонам URL, HTTP-методам или конкретным ресурсам.

Прикладные программные интерфейсы репозитория нейросетевых моделей анализа пространственных данных представлены на рисунке 1.

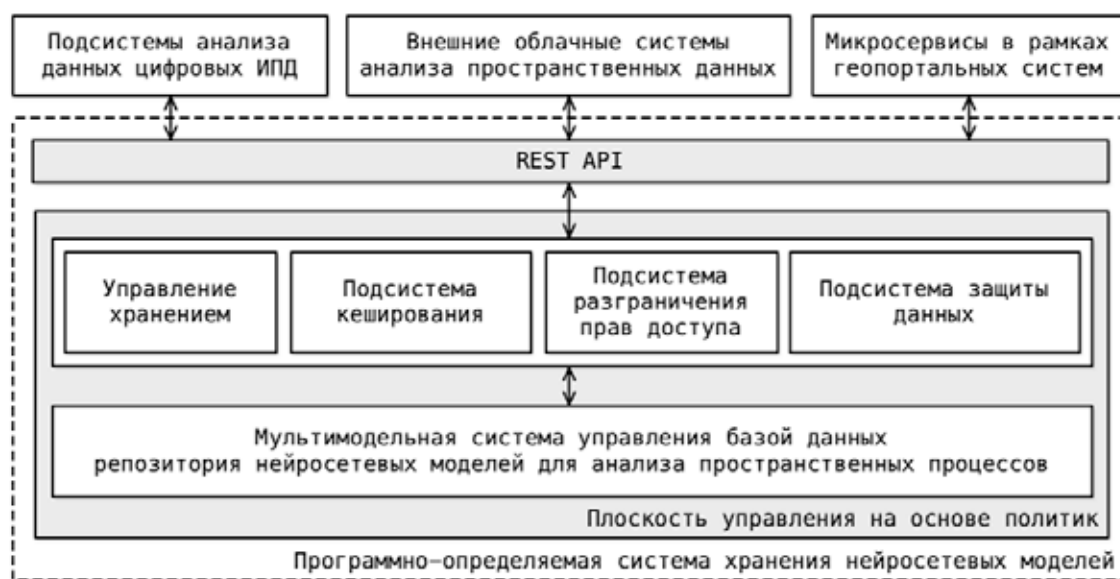


Рис. 1. Программные интерфейсы репозитория как компонент программно-определяемой системы хранения нейросетевых моделей

Прикладные программные интерфейсы репозитория представляют собой набор программируемых инструкций и характеристик, которые предоставляются для связи репозитория нейросетевых моделей с внешними системами: подсистемами анализа пространственных данных цифровых инфраструктур пространственных данных (ИПД), внешними облачными системами анализа данных, а также микросервисами в рамках проектно-ориентированных геопортальных систем. Программными интерфейсами при этом регламентируется набор процедур, которые могут быть вызваны из программно-аппаратного компонента для взаимодействия с репозиторием.

Прикладные программные интерфейсы репозитория позволяют интегрировать сервисы управления данными о доступных нейросетевых моделях в существующую программную инфраструктуру, обеспечивают выполнение требуемого функционала об уровне обслуживания. Они активируют процессы выделения ресурсов хранения, управления и сбора данных, позволяют расширять функциональность и выполнять интеграцию с внешними платформами и приложениями. Посредством внедрения программных интерфейсов достигается решение задачи абстрагируемости внешних систем от сложных аспектов хранения нейросетевых моделей и предоставления унифицированного внешнего представления инфраструктуры хранения данных. От внешних систем при этом инкапсулируется сложная многослойная архитектура плоскости управления данными на основе политик, включающая модули управления хранением, подсистемы защиты данных, кеширования и разграничения прав доступа.

Прикладные программные интерфейсы на основе архитектурного стиля REST позволяют обеспечить решение следующих задач:

- Автоматизация процесса программного импорта моделей в проекты на языке программирования высокого уровня (например, Python и Matlab).

- Экспорт разработанных моделей в систему репозитория на основе метаязыка, обеспечивающего однозначное отображение моделей как в структуру программного кода, так и в блоки данных для записи в базу данных.

- Администрирование ключевых каталогов репозитория: реестра нейросетевых моделей, пространственных данных и проектных задач.

- Программное управление ключевыми ролями и правами доступа пользователь системы.

Прикладные программные интерфейсы должны обеспечивать структурированный обмен данными о нейросетевых алгоритмах, обеспечивающий передачу полной информации о хранимых моделях. На рис. 2 представлены ключевые компоненты домена искусственных нейронных сетей в рамках репозитория, к наиболее важным из которых следует отнести параметры искусственной нейронной сети (ИНС), ключевые слои различной архитектуры, параметры функционирования этих слоев, блоки метаописания, знания о топологической организации. Важное место занимает вопрос хранения и передачи данных о предварительно обученных моделях, пригодных для использования при анализе конкретных пространственных данных в рамках решения проектных задач, в том числе после тонкой настройки. Компоненты домена искусственных нейронных сетей в рамках репозитория определяют структуру запросов к проектируемым программным интерфейсам: методы API определяют данные, с которыми производится взаимодействие, а посредством передаваемых параметров конкретизируются наборы извлекаемой информации, вносимые в базу данных изменения и формат ответа.

Одновременно с этим, в отличие от случая использования графических пользовательских интерфейсов, программные интерфейсы не передают набор данных, связанных с рендерингом визуальных веб-форм, а обмениваются документно-определенным набором жестко структурированных данных в формате JSON. Оценка производительности исследуется с помощью экспериментального подхода, в рамках которого выполняются такие запросы, как извлечение, загрузка, изменение, хранение и удаление данных на стороне сервера, которыми манипулируют со стороны клиента. Сравнение ключевых характеристик при различении двух технологий оценивается путем расчета времени отклика, пропускной способности, загрузки ЦП и использования памяти.

Время отклика – это мера производительности, которая относится к количеству времени, которое требуется службе, чтобы ответить на получаемый запрос. Среднее время отклика следует считать важной метрикой, так как она позволяет выявить любые задержки, которые следует изучить или считать критическими. Пиковое время отклика позволяет увидеть производительность самых медленных запросов. При помощи пикового времени отклика возможно обозначить конкретные запросы, вызывающие наихудшие ситуации в производительности всей системы.

нистрирование ключевых каталогов репозитория: реестра нейросетевых моделей, пространственных данных и проектных задач, а также программное управление ключевыми ролями и правами доступа пользователей системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (грант № МК-199.2021.1.6).

Список литературы

1. Гордиенко Е.П., Паненко Н.С. Современные технологии обработки и анализа больших данных в научных исследованиях // Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. 2018. С. 44–48.
2. Ямашкин С.А., Ямашкин А.А., Занозин В.В. Формирование репозитория глубоких нейронных сетей в системе цифровой инфраструктуры пространственных данных // Потенциал интеллектуально одарённой молодежи – развитию науки и образования. Материалы IX Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников. 2020. С. 370–375.
3. AnyAPI: Documentation and Test Consoles for Over 1400 Public APIs. [Electronic resource]. URL: <https://any-api.com/> (date of access: 20.04.2022).
4. Patni S. API Design and Modeling. Apress, Berkeley, CA. 2017. P. 11–31. DOI: 10.1007/978-1-4842-2665-0_2.
5. Vasconcelos V.T., Martins F., Lopes A., Burnay N. HeadREST: A Specification Language for RESTful APIs. Models, Languages, and Tools for Concurrent and Distributed Programming. Springer. 2019. P. 428–434. DOI: 10.1007/978-3-030-21485-2_23.
6. Yamashkina E.O., Platonova O.V., Kovalenko S.M., Yamashkin S.A. Application of Visual Programming Methods to the Design of Neural Networks. CoMeSySo: Proceedings of the Computational Methods in Systems and Software, Zlín, Czech. Zlín, Czech: Springer, 2021. P. 680–689. DOI 10.1007/978-3-030-90321-3_56.
7. Roumelis G., Vassilakopoulos M., Corral A., Manolopoulos Y. Efficient query processing on large spatial databases: a performance study. Journal of Systems and Software. 2017. Vol. 132. P. 165–185.

СТАТЬИ

УДК 004.051

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КРИВЫХ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ
РЕШЕНИЙ ЗАДАЧ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ**

Буянова И.В., Замулин И.С.

*ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», Абакан,
e-mail: irinazvzd@gmail.com*

Существующие электронные образовательные ресурсы, предлагающие механизм автоматической проверки решений задач по программированию, зачастую ограничиваются оценками «решено» или «не решено». Обычно этого достаточно для проведения олимпиад по спортивному программированию, однако наличие более подробного анализа решений, включающего рекомендации по улучшению написанного программного кода, может стать полезным в ходе проведения практикумов по программированию для школьников и студентов. Одним из пунктов отчёта о проверке решения должна быть оценка вычислительной сложности алгоритма на основе нотации «O» большое. В статье рассматривается способ автоматического определения категории сложности алгоритма, реализованного в качестве решения задачи. Предлагаемый способ основывается на трассировке программного кода. Полученная статистика обрабатывается методом приближения с помощью кривых, задаваемых одной из нескольких заранее определённых функций. Каждая из функций должна соответствовать одной из категорий сложности. При помощи метода RMSE прогнозы функций сравниваются с полученными результатами трассировки. Категория сложности алгоритма определяется функцией, дающей наименьшую ошибку аппроксимации. Полученные результаты говорят о практической применимости предложенного подхода и достаточно высокой точности рассмотренного метода.

Ключевые слова: «O» большое, анализ алгоритмов, приближение с помощью кривых, вычислительная сложность, практикум по программированию

**APPLICATION OF CURVE-FITTING APPROXIMATION
TO DETERMINE THE COMPUTATIONAL COMPLEXITY
OF SOLUTIONS TO PROGRAMMING PROBLEMS**

Buyanova I.V., Zamulin I.S.

Khakassian State University named after N. F. Katanov, Abakan, e-mail: irinazvzd@gmail.com

Existing electronic educational resources that offer a mechanism for automatically checking solutions to programming problems are often limited to «solved» or «not solved» grades. Usually this is enough to hold competitions in sports programming, however, the presence of a more detailed analysis of decisions, including recommendations for improving the program code, can be useful in the course of programming workshops for schoolchildren and students. One of the points of the solution verification report should be an estimate of the computational complexity of the algorithm based on the big O notation. The article discusses a method for automatically determining the category of complexity of an algorithm implemented as a solution to a problem. The proposed method is based on tracing the program code. The resulting statistics is processed by the curve-fitting approximation method using one of several predefined functions. Each of the functions must correspond to one of the categories of complexity. Using the RMSE method, function predictions are compared with the received trace results. The complexity category of the algorithm is determined by the function that gives the smallest approximation error. The results obtained indicate the practical applicability of the proposed approach and the rather high accuracy of the considered method.

Keywords: Big O notation, analysis of algorithms, curve-fitting, computational complexity, programming practice

К настоящему времени разработано множество электронных ресурсов [1], предназначенных для автоматизации проверки решений задач по программированию. В большинстве случаев они ориентированы на спортивное программирование, но также находят применение при обучении программированию в школах, колледжах и высших учебных заведениях. Зачастую такие ресурсы ограничиваются проверкой корректности решения и его способности выдать результат за заранее определённое время. Этого более чем достаточно для соревновательного программирования, но для облегчения работы преподавателя в ходе проведения практикумов по программированию для школьников и студентов мог бы ока-

заться полезным более подробный отчёт. Помимо других пунктов, характеризующих решение, такой отчёт должен включать информацию об эффективности алгоритма, предложенного обучающимся.

Чтобы судить об эффективности алгоритма, необходимо оценить его временную и пространственную сложность. Временная сложность определяется количеством элементарных операций, совершаемых алгоритмом для решения поставленной задачи. Пространственная сложность характеризуется объемом затраченной памяти. Для оценки обеих характеристик применяются нотация «O» большое [2, с. 12], ставшая популярной после того, как в 1976 году Дональд Кнут предложил её использование для анализа алгоритмов.

Таблица 1

Наиболее распространённые категории сложности алгоритмов по времени

№	Название	Оценка	Пример
1	Константное время	$O(1)$	Умножение числа на два
2	Линейное время	$O(n)$	Нахождение суммы элементов массива
3	Логарифмическое время	$O(\log_2 n)$	Бинарный поиск
4	Линейно-логарифмическое время	$O(n \cdot \log_2 n)$	Сортировка слиянием
5	Квадратичное время	$O(n^2)$	Сортировка пузырьком
6	Кубическое время	$O(n^3)$	Подбор корней уравнения с четырьмя неизвестными
7	Экспоненциальное время	$O(2^n)$	Нахождения множества всех подмножеств
8	Факториальное время	$O(n!)$	Решение задачи коммивояжёра полным перебором

Нотация «O» большое описывает сложность алгоритма в виде функции от объёма входных данных. Поскольку эта функция должна давать примерную оценку наилучшего возможного времени выполнения алгоритма, для неё берут только самый высокий порядок переменной и не берут константные коэффициенты. Например, если требуется выполнить поиск элемента в отсортированном массиве, то наихудшее время выполнения алгоритма бинарного поиска будет оцениваться как $O(\log_2 n)$, где n – количество элементов в массиве.

Существует несколько наиболее распространённых категорий сложности алгоритмов по времени, каждая из которых характеризуется собственной O-нотацией. В учебных задачах чаще всего встречаются категории, приведённые в таблице 1.

В данном исследовании предпринимается попытка предложить способ автоматического определения категории сложности алгоритма, применённого студентом для решения задачи по программированию на языке Python. С этой целью рассматривается механизм трассировки, как источник данных для дальнейшего анализа методом приближения с помощью кривых.

Материалы и методы исследования

Программный код решений задач зачастую содержит блоки, ответственные за чтение входных данных и вывод результатов, что может исказить результаты анализа решения. Так, если от студента требуется реализовать алгоритм бинарного поиска, сложность которого определяется логарифмической функцией, то основные временные затраты придутся на чтение входных данных – процесс, описываемый линейной функцией. Чтобы корректно оценить

решение задачи как имеющее временную сложность $O(\log_2 n)$, необходимо оценивать только фрагмент кода, осуществляющего основную обработку данных.

Поиск основного алгоритма в программном коде решения задачи может представлять собой проблему, которая серьёзно упростится, если сформулировать задание особым образом. Например, студенту можно предложить закончить частично написанную программу, в которой уже реализованы загрузка входных данных и вывод результатов.

Одним из возможных способов определения категории сложности алгоритма является его трассировка, в ходе которой в реальном времени собирается статистика о выполняемых им действиях. В отличие от других методов, таких как статический анализ программного кода, трассировка легко осуществима, особенно в интерпретируемых языках. Например, язык программирования Python предоставляет функцию `sys.settrace`, позволяющую задать обработчик, который будет вызываться при переходе к каждой следующей строке программы. Анализ этих вызовов позволяет оценить количество выполненных в программе итераций циклов, а следовательно, и собрать статистику о временной сложности выполняющегося алгоритма.

Результаты исследования и их обсуждение

График на рисунке 1 показывает пример расчёта сложности сортировки массива методом «пузырька» и статистику, полученную путём подсчёта количества итераций во время трассировки. Как видно из графика, прогнозируемая и полученная кривые имеют схожую форму, отличие объясняется тем, что сортировка выполнялась на массиве, заполненном случайными данными,

в то время как оценочная формула $O(n^2)$ даёт прогноз по наихудшему случаю. Для метода «пузырька» наихудшим случаем является массив, отсортированный в порядке, обратном требуемому. При тестировании на таком массиве различие между кривыми было бы менее заметным. Однако, для цели оценки, полученного результата достаточно, поскольку требуется определить категорию алгоритма, а не получить точную кривую.

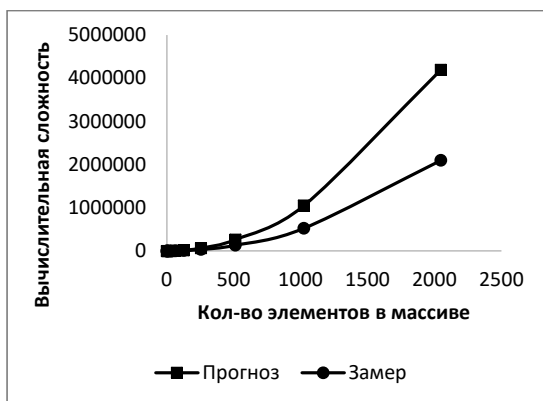


Рис. 1. Прогноз и результаты замера вычислительной сложности алгоритма сортировки массива методом «пузырька»

Аналогично рассмотренному алгоритму были выполнены замеры для примеров алгоритмов №№ 3-8 из таблицы 1. Полученные

результаты вместе с использованными исходными кодами разработанного программного обеспечения доступны в виде дополнительных материалов на GitHub (<https://github.com/irinaby/bigO>).

Следующим этапом после тестирования алгоритмов и сбора статистики о количестве итераций является выбор наиболее подходящей категории для каждого из них. Поскольку категории задаются функциями от количества обрабатываемых элементов, задачу подбора категории можно решить, выбрав кривую, наиболее точно аппроксимирующую полученные результаты измерений. Для этого была выбрана функция `scipy.optimize.curve_fit` из пакета SciPy [3], использующая алгоритм TRF (Trust Region Reflective) [4]. Такой подход даёт оптимальные результаты аппроксимации при малом количестве выполненных измерений, что позволит минимизировать необходимое количество циклов тестирования решения и повысить производительность тестирующей системы образовательного ресурса. Функции, для которых осуществлялся подбор коэффициентов, приведены в таблице 2. После подстановки коэффициентов в функции было выполнено вычисление выдаваемого ими прогноза для каждого из тестов. Данные, полученные для всех рассмотренных алгоритмов, доступны в дополнительных материалах к данной статье.

Таблица 2

Функции, применённые для аппроксимации результатов подсчёта количества итераций

Категория	Использованная функция	Реализация на Python
Константное время	$f(x) = a$	<pre>def constFn(x, a): return [a] * len(x)</pre>
Линейное время	$f(x) = k \cdot x + b$	<pre>def linearFn(x, a, b): return a * x + b</pre>
Логарифмическое время	$f(x) = \begin{cases} 0, b \leq 0 \\ a \cdot \log_2 b \cdot x, b > 0 \end{cases}$	<pre>def logarithmicFn(x, a, b, c): if (b <= 0): return [0] * len(x) return a * log2(b * x) + c</pre>
Линейно-логарифмическое время	$f(x) = \begin{cases} 0, b \leq 0 \\ a \cdot x \cdot \log_2 b \cdot x + c, b > 0 \end{cases}$	<pre>def linearithmicFn(x, a, b, c): if (b <= 0): return [0] * len(x) return a * x * log2(b * x) + c</pre>
Квадратичное время	$f(x) = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$	<pre>def quadraticFn(x, a, b, c): return a * x**2 + b * x + c</pre>
Кубическое время	$f(x) = a \cdot x^3 + b \cdot x^2 + c \cdot x + d$	<pre>def cubicFn(x, a, b, c, d): return a * x**3 + b * x**2 + c * x + d</pre>
Экспоненциальное время	$f(x) = a \cdot 2^{b \cdot x} + c$	<pre>def exponentialFn(x, a, b, c): return a * power(2, b * x) + c</pre>
Факториальное время	$f(x) = a \cdot \left(\prod_{k=1}^x k \right) + b$	<pre>def factorialFn(x, a, b): return list(a * prod(range(1, int(k)+1)) + b for k in x)</pre>

Таблица 3

Результаты трассировки решения задачи коммивояжёра и прогноз функций, дающих наиболее точную аппроксимацию

n – кол-во городов	Кол-во итераций		
	трассировка	$a \cdot \left(\prod_{k=1}^x x \right) + b$ $a = 1,000001517$ $b = 3,887447327$	$a \cdot 2^{b \cdot x} + c$ $a = 0,00036394$ $b = 3,3214786$ $c = 657,832586$
1	1	4,88	657,83
2	3	5,88	657,86
3	8	9,88	658,19
4	27	27,88	661,46
5	124	123,88	694,17
6	725	723,88	1021,09
7	5046	5043,89	4289,34
8	40327	40323,94	36961,60
9	362888	362884,43	363582,48
10	3628809	3628809,39	3628773,92

Для примера рассмотрим решение задачи коммивояжёра [5, с. 176] методом полного перебора. Имеются результаты десяти тестов, начиная с одного города и далее до десяти, с шагом один. Количество итераций, определённое при трассировке, а также прогнозы двух функций, давших наилучшую аппроксимацию, приведены в таблице 3.

На рисунке 2 приведена визуализация данных из таблицы 3.

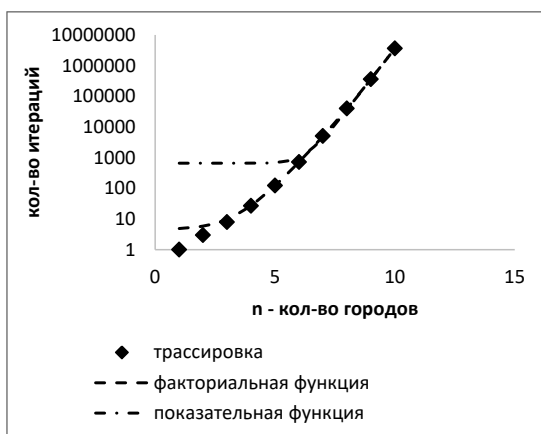


Рис. 2. Визуализация результатов трассировки решения задачи коммивояжёра и прогнозы функций, дающих наиболее точное приближение

Ромбами обозначены результаты замера количества выполненных итераций. Штрихами и штрих-пунктиром показаны графики двух функций, давших наилучшие результа-

ты приближения. Заметно, что кривая, полученная для функции факториала (штрихи), дала наилучший результат, в то время как показательная функция (штрих-пунктир) заметно отклоняется при малых значениях n.

Для определения наиболее подходящих функций был применён метод RMSE (1), в силу квадратичной природы которого даже небольшие ошибки в предсказаниях аппроксимирующих функций оказывают существенное влияние на получаемые оценки. Это особенно важно при работе с такими функциями, как показательная или факториал, поскольку они дают значительный прирост значения при небольшом увеличении аргумента.

$$E = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (p_i - t_i)^2}, \quad (1)$$

где E – среднеквадратичная ошибка, N – количество проведённых тестов, p_i – предсказанные значения, t_i – результаты трассировки.

После выполнения серии тестов для алгоритмов №№ 3-8 из таблицы 1 была принята попытка подбора коэффициентов для каждой из функций в таблице 3. Результаты вычисления оценки RMSE для всех пар алгоритм-функция приведены в таблице 4. Ячейки пар, давших наилучшие совпадения, выделены тёмным фоном. Выполнить подбор коэффициентов для показательной функции удалось только для алгоритмов, работающих с относительно небольшим количеством входных данных ($n \leq 32$).

Таблица 4

Оценка методом RMSE прогнозов аппроксимирующих функций

Алгоритм O(n)	Бинарный поиск	Сортировка слиянием	Сортировка пузырьком	Подбор корней уравнения с четырьмя неизвестными	Нахождение множества всех подмножеств	Решение задачи коммивояжера полным перебором
Константное время	146.90	205697358.8	$1.19 \cdot 10^{12}$	$6.15 \cdot 10^{11}$	$2.78 \cdot 10^{11}$	$3.69 \cdot 10^{12}$
Линейное время	92.16	469462.27	91524960974	84025107392	$1.71 \cdot 10^{11}$	$2.48 \cdot 10^{12}$
Логарифмическое время	6.58	90342184.8	$7.32 \cdot 10^{11}$	$2.352 \cdot 10^{11}$	$2.25 \cdot 10^{11}$	$3.04 \cdot 10^{12}$
Линейно-логарифмическое время	470.02	57.20	6499875441	8518378383	$1.03 \cdot 10^{11}$	$1.59 \cdot 10^{12}$
Квадратичное время	289.90	35251.08	$1.30 \cdot 10^{-21}$	1736469909	77628512124	$1.28 \cdot 10^{12}$
Кубическое время	3592.00	14156682.39	$1.74 \cdot 10^{-20}$	$2.16 \cdot 10^{-21}$	26071065573	$4.99 \cdot 10^{11}$
Экспоненциальное время	переполн.	переполн.	переполн.	переполн.	$5.46 \cdot 10^{-21}$	4579076.11
Факториальное время	146.20	205693163.9	$1.19 \cdot 10^{12}$	$5.56 \cdot 10^{11}$	$1.90 \cdot 10^{11}$	17.59

При больших значениях n вычисление показательной функции приводит к ошибке переполнения. Это не является проблемой, поскольку сам факт возникновения переполнения говорит о неприменимости функции к алгоритму.

Заключение

По результатам проделанной работы видно, что трассировка алгоритмов помогает получить необходимые данные для подбора коэффициентов аппроксимирующих функций методом приближения с помощью кривых. Также удалось показать, что применение метода RMSE для сравнения выдаваемых функциями оценок с результатами трассировки позволяет с высокой точностью определить категорию сложности алгоритма. Однако следует помнить, что многие языки программирования содержат функции, предназначенные для обработки большого количества данных за одну операцию. Оценить категорию сложности решений, использующих такие функции, одним лишь предложенным методом невозможно. Одним из путей преодоления этого препятствия является применение статического анализа кода, что может стать темой дальнейших исследований в данном направлении.

Преимуществами предложенного метода определения категории сложности являются простота его реализации и независимость от производительности системы, на которой выполняется тестирование, по-

скольку подсчитывается количество итераций циклов, а не время выполнения программного кода, получаемые результаты оказываются значительно более точными. Также следует отметить, что рассмотренные в работе алгоритмы и категории сложности являются наиболее часто встречающимися в учебных материалах по программированию. Вместе с тем существуют и другие, которые также имеет смысл рассмотреть на применимость предлагаемого метода оценки, особенно случаи, когда решение задачи требует последовательно применить несколько различных алгоритмов.

Список литературы

1. Буянова И.В. Требования к системе онлайн-обучения студентов программированию и обзор существующих решений // Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Абакан, 10-12 ноября 2021 г.) / отв. ред. Д.Ю. Карандеев. Абакан: Издательство ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова», 2021. С. 109-111.
2. Селиванова И.А., Блинов В.А. Построение и анализ алгоритмов обработки данных: учеб.-метод. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 108 с.
3. Virtanen P., Gommers R., Oliphant T.E. et al. SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. Nat. Methods. 2020. V. 17. P. 261-272. DOI: 10.1038/s41592-019-0686-2.
4. Branch M.A., Coleman T.F., Li Y. A Subspace, Interior, and Conjugate Gradient Method for Large-Scale Bound-Constrained Minimization Problems. SIAM Journal on Scientific Computing. 1999. V. 21(1). P. 1-23. DOI: 10.1137/S1064827595289108.
5. Кормен Т.Х. Алгоритмы: вводный курс / Пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2014. 208 с.

УДК 62-2

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПРИВОДОВ ВИБРАЦИОННЫХ СЕПАРИРУЮЩИХ МАШИН**Пивень В.В., Уманская О.Л.***ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: pivenvv@yandex.ru*

Проведен анализ конструкций приводных устройств вибрационных сепарирующих машин, применяемых в различных отраслях техники для сепарирования сыпучих смесей и многофазных жидкостей с механическими примесями. Существующие методики расчета приводных устройств вибрационных сепарирующих машин не позволяют учитывать их особенности как машин с преднамеренно задаваемой вибрацией. Дополнительная вибрация не учитывается при расчетном определении качества сепарирования. Для повышения качества вибрационного сепарирования, повышения надежности вибрационных машин необходимо выполнять оптимальное проектирование приводных устройств, обеспечивающее снижение вибрационных перемещений несущих конструкций машин. Получены выводы о необходимости исследования динамики процесса вибрационного сепарирования с учетом вибрационных характеристик несущих конструкций машин и физико-механических свойств сепарируемых компонентов. Это позволит уточнить кинематические параметры работы приводных механизмов и необходимую жесткость несущих конструкций, а также усовершенствовать методики расчета вибрационных сепарирующих машин. Установлена необходимость проведения дальнейших исследований: по влиянию остаточной неуравновешенности инерционных сил в вибрационных сепарирующих машинах на их динамические характеристики и качество выполнения технологического процесса, а также установлению допустимых значений неуравновешенности; по оптимизации траектории колебательного движения сепарирующих рабочих органов в зависимости от их назначения и разработка для этого новых приводных механизмов и совершенствование существующих; по оптимизации несущих конструкций сепарирующих машин и их приводов для обеспечения стабильности динамических параметров работы сепарирующих органов машин на основных и переходных режимах работы и снижения вибрации несущих конструкций машин.

Ключевые слова: *вибрационные машины, системы приводов, детали, приводные механизмы***THE CURRENT STATE AND TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF DRIVE SYSTEMS OF VIBRATING SEPARATING MACHINES****Piven V.V., Umanskaya O.L.***Industrial University of Tyumen, Tyumen, e-mail: pivenvv@yandex.ru*

The analysis of the designs of the drive devices of vibration separation machines used in various branches of technology for the separation of bulk mixtures and multiphase liquids with mechanical impurities is carried out. The existing methods of calculating the drive devices of vibration separation machines do not allow taking into account their features as machines with deliberately set vibration. Additional vibration is not taken into account when calculating the separation quality. To improve the quality of vibration separation, to increase the reliability of vibration machines, it is necessary to perform optimal design of drive devices, which reduces the vibration movements of the load-bearing structures of machines. Conclusions are drawn about the need to study the dynamics of the vibration separation process, taking into account the vibration characteristics of the load-bearing structures of machines and the physical and mechanical properties of the separated components. This will make it possible to clarify the kinematic parameters of the drive mechanisms and the necessary rigidity of the load-bearing structures, as well as to improve the calculation methods of vibration separation machines. The need for further research has been established: on the influence of the residual imbalance of inertial forces in vibration separation machines on their dynamic characteristics and the quality of the technological process, as well as the establishment of permissible values of imbalance; to optimize the trajectory of oscillatory motion of separating working bodies, depending on their purpose, and the development of new drive mechanisms for this and the improvement of existing ones; to optimize the supporting structures of separating machines and their drives to ensure the stability of the dynamic parameters of the separating bodies of machines in the main and transient modes of operation and to reduce the vibration of the supporting structures of machines.

Keywords: *vibration machines, drive systems, parts, drive mechanisms*

Вибрационные машины, принцип работы которых основывается на колебательном движении рабочей поверхности или камеры, применяются в различных производственных сферах [1–3]. При помощи вибрации интенсифицируются химические процессы [4–6], вибрация обеспечивает дозирование и транспортирование мелкодисперсных материалов, их смешивание, а также сепарирования сыпучих материалов на фракции [7–9]. В последнем случае использование вибрирующих перфорированных поверхностей – сит позволяет разделять (сепари-

ровать) сыпучие многокомпонентные смеси по размерным признакам.

Вибрационные машины [10] используются при подготовке бурового раствора, в обогащательных процессах в горной промышленности [11], разделении порошков (таблица). Вибрационные рабочие органы используются при подготовке сырья при изготовлении строительных смесей [12], в зерноперерабатывающих производствах, подготовке семян [13–15]. Вопросам теории [16–18] и расчету вибрационных машин [19, 20] посвящены работы российских ученых.

Характеристика вибрационных машин и оборудования для сепарирования

Разделительные признаки		Способы разделения	Рабочие органы	Форма колебаний	Отраслевое название машины
Основные	Сопутствующие				
Размеры	Плотность, форма	Ситовой	Сита (решета)	Прямолинейные, круговые и эллиптические в горизонтальной или вертикальной плоскости	Вибросита (буровые комплексы), грохоты (горная промышленность) ситовые сепараторы и рассевы (пищевая промышленность)
Форма	Коэффициент внешнего трения, плотность	Вибрационное транспортирование	Ячеистые или шероховатые поверхности	Прямолинейные наклонные к горизонтальной плоскости	Вибросепараторы (сепарирование порошков, зернопродуктов)
Плотность	Форма, размеры	Самосортирование	Шероховатые поверхности (плоские или конические)	Круговые в горизонтальной плоскости, круговые сферические	Камнеотборники, фракционирующие (пищевая промышленность)
Плотность	Коэффициент внешнего трения, форма	Вибропневматический без просеивания	Шероховатая плоская поверхность	Прямолинейные наклонные к горизонтальной плоскости	Вибропневматические сепараторы (пищевая промышленность)
Плотнось и размеры	Форма	Вибропневматический с просеиванием	Сита и воздушные каналы	Прямолинейные наклонные к горизонтальной плоскости	Вибропневматические грохоты (горная промышленность), пневмостолы (пищевая промышленность)
Упругость	Плотность, коэффициент трения	Ударно-вибрационный	Наклонные, гладкие опорные поверхности	Горизонтальные, прямолинейные и возвратно-вращательные	Сортировочные столы, пади-машины (пищевая промышленность)

Широкий диапазон физико-механических свойств исходных компонентов и, как следствие, соответствующие оптимальные режимы работы привели к большому многообразию и сложности приводных механизмов сепарирующих машин. В связи с этим дальнейшее совершенствование систем приводов вибрационных сепарирующих машин на основе анализа, теоретических исследований и опытно-конструкторских работ является актуальной научной проблемой.

Для обеспечения стабильности процесса сепарирования на вибрационных машинах конструкция приводных устройств должна обеспечивать движение сепарирующей поверхности по заданной траектории, а также соблюдение ее кинематического режима работы. Приводные механизмы не только обеспечивают колебания сепарирующих поверхностей, но и вместе с движущимися рабочими органами вызывают нежелательную вибрацию опорных конструкций машин, которая искажает кинематические и динамические параметры сепарирующей поверхности. Точное соблюдение траектории и кинематического режима сепариру-

ющей поверхности зависит от конструкции приводного механизма, колеблющейся массы, характеристики упругих связей, степени уравновешенности инерционных сил.

Таким образом, системы приводов вибрационных машин, состоящие из электродвигателей, деталей, механизмов и упругих связей, должны рассматриваться и совершенствоваться как единое целое совместно с движущимися рабочими органами.

Целью представленной обзорной работы является анализ состояния вопроса и выявление основных перспективных направлений дальнейшего развития систем приводов вибрационных сепарирующих машин, конструкций их узлов и деталей.

Материалы и методы исследования

Основными отличительными признаками вибрационных сепарирующих машин являются следующие характеристики: форма траектории движения сепарирующей поверхности, тип приводного механизма, гармоничность движения рабочих органов, соотношение вынужденных и собственных частот колебательного движения (рис. 1).



Рис. 1. Классификация сепарирующих машин с приводным механизмом, обеспечивающим вибрационное движение плоских сит



Рис. 2. Классификация конструкций приводов вибрационных сепарирующих машин

Приводные устройства вибрационных сепарирующих машин по типу приводного механизма, преобразующего подводимую энергию в механические колебания, делятся на две группы (рис. 2). Самую распространенную группу приводов представляют кинематически жесткие приводы, которые отличаются простотой конструкции. Достоинством их является то, что не-

зависимо от частоты колебаний, колеблющейся массы и технологической нагрузки такие приводы обеспечивают заданную траекторию движения, амплитуду колебаний и кинематический режим работы сепарирующего органа. В данной группе приводов на узлы машин действуют большие инерционные нагрузки, что является их недостатком.

Прямолинейные колебания сепарирующих поверхностей могут создаваться также с помощью инерционных колебателей, у которых по крайней мере два дебаланса вращаются синхронно в одной плоскости в противоположных направлениях в противофазе. Данная механическая система является более уравновешенной, снижаются динамические нагрузки на детали. Амплитуда колебаний сит у машин с таким приводом зависит от массы рабочих органов и сепарируемого продукта, а также от отношения частот вынужденных и собственных колебаний.

Форма колебаний сепарирующих рабочих органов зависит от назначения обрабатываемого продукта, его физико-механических свойств. При сепарировании зернового материала для подготовки семян чаще всего используется возвратно-поступательное движение ситовых поверхностей, что обеспечивает более качественное выделение проходом мелких примесей по толщине. При круговых поступательных движениях сепарирующей поверхности в горизонтальной плоскости более качественно проходом выделяются круглые мелкие примеси по ширине. Перспективным направлением является применение плоскопараллельного движения ситовых поверхностей в вертикальной плоскости по круговой или эллиптической траектории.

При возвратно-поступательном движении рабочих органов упругие связи выполняются в виде пластинчатых пружин из многослойной фанеры или стали, а также пружин и резинометаллических опор. При плоскопараллельном движении рабочих органов в вертикальной плоскости упругие связи представляют собой цилиндрические пружины или стальные пружины в виде полукольца и резинометаллические опоры.

Движение сепарирующего рабочего органа в вибрационных машинах в зависимости от конструкции и упругих характеристик связей может быть гармоническим или псевдогармоническим. Линейные характеристики упругих связей обеспечивают гармонический характер колебаний. Нелинейную характеристику имеют резинометаллические опоры, колебательный процесс при этом будет псевдогармоническим.

Большинство вибрационных машин имеют кинематически жесткий привод и работают в высокочастотном резонансном режиме, при котором вынужденные частоты превышают собственную частоту колебаний. При превышении частот вынужденных колебаний на 30–40% по сравнению с собственными обеспечивается устойчивое

движение ситовых поверхностей. Некоторые характеристики вибрационных машин (рис. 1) совпадают.

Используя классификацию вибрационных сепарирующих машин (таблица), машины с разными приводами, но задающие одинаковые колебательные движения можно объединять в соответствующие группы и разрабатывать общую методику их конструирования и расчета.

Одним из примеров применения вибрационных сепарирующих машин является очистка буровых растворов при бурении, которая осуществляется путем удаления из поступающего из скважины бурового раствора крупных (более 70–80 мкм) частиц выбуренной породы [21]. Удаление крупных частиц осуществляется путем просеивания через вибрирующие сита. Привод вибросит осуществляется с помощью эксцентрикового механизма (рис. 3, а) с линейными колебаниями частотой 24 Гц при максимальной амплитуде колебаний вибрирующей рамы 2,3 мм либо дебалансного механизма инерционного действия (рис. 3, б, рис. 4).

Дебалансный механизм (рис. 4) позволяет изменять амплитуду колебаний в зависимости от физико-механического состава исходной смеси путем перестановки дебалансных грузов. Траекторией движения ситового корпуса является замкнутая окружность или эллипс. При большой массе сепарируемого раствора, когда она соизмерима с массой ситового корпуса, может происходить нарушение заданной траектории движения ситовой поверхности.

При очистке бурового раствора повышенной вязкости или при наличии большого количества крупных примесей рекомендуется увеличение угла наклона сит и амплитуды колебаний. При направлении вибрации, близком к перпендикулярному по отношению к поверхности сит, улучшаются условия самоочистки сит от застрявших в отверстиях проходных компонентов.

Использование вибрационного движения ситовых корпусов по эллиптической траектории позволяет снизить динамические нагрузки на детали машин, не снижая качество сепарирования.

При производстве строительных материалов наряду с задачей по очистке обрабатываемого материала от примесей необходимо разделение конечного продукта на разнокачественные по размерным признакам фракции [11]. Аналогичная технологическая операция выполняется при фракционировании порошков в химической промышленности, пищевом производстве.

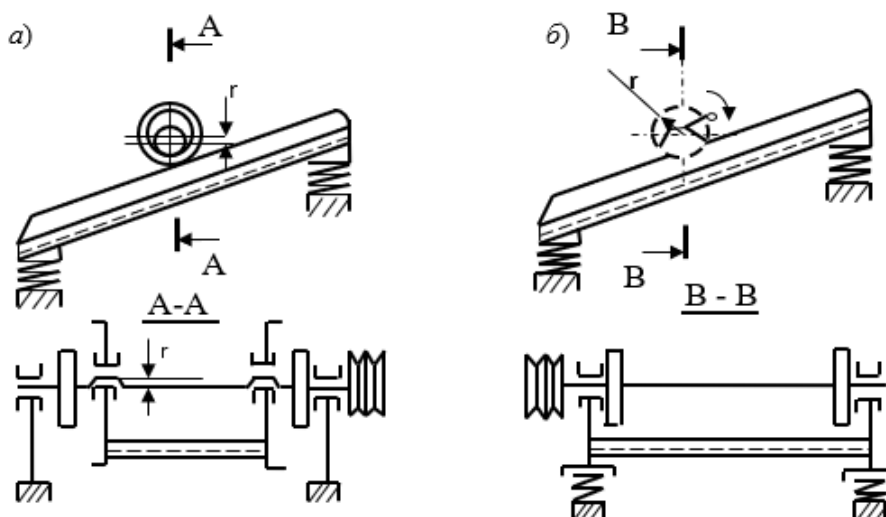


Рис. 3. Конструктивные схемы вибросит:

а – с приводом от эксцентрикового механизма; б – с приводом от дебалансного механизма

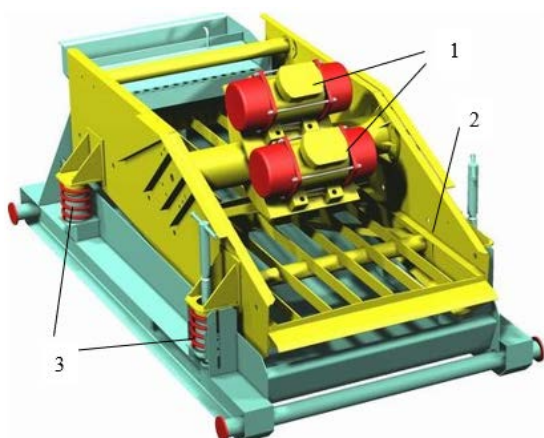


Рис. 4. Общий вид сита вибрационного ЛВС-3М для очистки бурового раствора:
1 – приводные электродвигатели с дебалансными механизмами;
2 – ситовой корпус; 3 – упругие связи

Одним из международных лидеров в производстве специализированного оборудования для сепарации является компания “Sweco”, входящая в состав холдинга “Schlumberger”. Качающийся грохот “Gyramax” компании “Sweco” обеспечивает качество фракционирования на микронные фракции с эффективностью до 98% при производительности на сухих материалах 250 т/ч. Дебалансный приводной механизм данного грохота обеспечивает ситовому кузову круговое поступательное движение в горизонтальной плоскости.

Для интенсификации процессов ситового сепарирования в зависимости от granulometric composition исходной смеси необходима оптимизация конструктивных и кинематических параметров работы сит. В многочастотном вибрационном грохоте ULS благодаря использованию многочастотной технологии Kroosher® компоненты сепарируемой смеси находятся под воздействием широкого спектра частот колебаний [22]. Это позволяет уменьшить амплитуду колебаний ситового корпуса и одновременно с этим в несколько раз (до 10 мм) увеличить амплитуду колебания самой сетки. Ускорение, передаваемое на сетку, превышает ускорение свободного падения в 500–1000 раз. Воздействие мощных импульсов обеспечивает самоочистку сетки и повышает ее просеиваемость.

Наиболее высокие требования к качеству предъявляются при сепарировании пищевых продуктов [23]. Одним из основных условий просеивания проходных компонентов через отверстия является относительное движение материала вдоль сепарирующей поверхности. Это обеспечивается вибрационным движением ситовой поверхности, а также и углом ее наклона к горизонту.

Теоретическое описание движения сепарируемого материала по поверхности сит, как правило, сводится к закономерностям движения отдельных компонентов сыпучей смеси [17]. Для обеспечения наибольшей вероятности просеивания компо-

нентов наряду с благоприятным для просеивания динамическим режимом движения компонентов и сита необходимо обеспечить наибольшее время их взаимодействия. Для этого необходимо при возвратно-поступательном движении сит обеспечить за каждый период колебания движение компонентов без подбрасывания с двумя мгновенными остановками.

При выборе угла наклона сит к горизонту ($4-15^\circ$) необходимо учитывать кинематический режим движения сит. Меньший угол наклона сит, как правило, требует увеличения частоты колебаний сит. При этом увеличивается ускорение и, как следствие, увеличивается динамическая нагрузка на все детали машины. При увеличении угла наклона увеличиваются вертикальные габаритные размеры и, следовательно, ее масса.

Кинематический режим работы определяется амплитудным значением ускорения $A \cdot \omega^2$, получаемого ситом при колебательном движении, которое в свою очередь зависит от амплитуды колебаний A и частоты колебаний ω . В конечном итоге выбор кинематического режима работы сит зависит от сепарируемого материала. Например, при очистке семян пшеницы он составляет от 9 до 28 м/с², для очистки бурового раствора – 40–90 м/с².

Анализ исследований по повышению эффективности вибрационного сепарирования показывает, что основные научные результаты и рекомендации для проектирования сепарирующих машин и их приводов получены без учета влияния на процесс сепарирования вибрации несущих конструкций машин, составляющая от которой существенно влияет на процесс движения и просеиваемость компонентов. Игнорирование данного фактора при теоретических расчетах на стадии экспериментальных исследований на машинах с разной жесткостью их несущих конструкций не позволяет объективно сравнивать полученные результаты. Отклонение кинематического режима движения вибрационных машин от оптимальных значений приводит к снижению качества технологического процесса очистки.

Вибрация несущей конструкции возникает из-за неполной динамической уравновешенности сил инерции колеблющихся деталей. Недостаточная жесткость несущей конструкции машины и перекрытия, на которое она установлена, усиливает эти колебания. В результате этого фактические значения амплитуды колебаний ситовых корпусов могут увеличиваться на 30–40%, варьируясь при этом произвольным образом. Дополнительные вибрационные дви-

жения ситовых корпусов снижают также равномерность распределения сепарируемого материала по поверхности сита [17]. При установке вибрационных машин на перекрытия производственных зданий задачи расчета усложняются за счет необходимости введения в алгоритм расчета динамики перекрытий. При проектировании несущих конструкций вибрационных машин не проводится достаточное обоснование структуры машины, расчеты на прочность и жесткость отдельных элементов конструкции и в целом машины [24–26].

Вибрация снижает надежность и долговечность вибрационных машин, нарушаются сопряжения в резьбовых соединениях, изнашиваются подшипники, детали кривошипно-шатунной группы, разрушаются сварные соединения. Вибрация увеличивается в процессе эксплуатации. Отказы из-за вибрации достигают 80% от их общего числа.

Для снижения динамических усилий в деталях системы приводов необходимо обеспечить уравнивание движущихся частей вибрационных сепарирующих машин [27]. Наиболее сложно это осуществить в вибрационных сепараторах с кинематически жестким приводом, представляющим собой кривошипно-шатунный механизм, в деталях которых возникают переменные по направлению и величине силы инерции. При этом на опоры механизма, несущую конструкцию и фундамент действуют знакопеременные динамические усилия. Совпадение собственных частот колебаний с частотой возмущающей силы приводит к резкому возрастанию амплитуды колебаний. При резонансном режиме работы это происходит при разгоне машины и ее остановке.

Для динамического уравнивания необходимо обеспечить равенство нулю главного вектора и главного момента сил инерции. Для двухстанных сепарирующих машин обеспечивают движение станов во взаимно противоположном направлении, для одностанных – устанавливают дебаланс на валу кривошипа. Уравнивают только первые гармоники главного вектора и главного момента сил инерции. Из-за конструктивных особенностей большинства вибрационных сепарирующих машин полного уравнивания достичь очень сложно. Поэтому чаще всего уравнивается только 65–70% горизонтальных составляющих сил инерции. В вертикальном направлении вводят упругие связи.

Для снижения вредной вибрации применяют динамическое гашение колебаний с помощью дополнительных устройств –

динамических гасителей. К основным типам динамических гасителей относятся:

а) поглотители колебаний, поглощающие подводимую возмущающим моментом энергию. К данному виду относятся гасители сухого трения, гидравлические, ударные гасители, которые уменьшают амплитуду колебаний;

б) динамические гасители колебаний, уравнивающие возмущающие силы или изменяющие частоту колебаний системы без диссипации энергии. К данному виду гасителей относятся: муфты с нелинейными характеристиками, маятниковые демпферы, механизмы, отключающие приводные устройства в окolorезонансном режиме, пружины с добавочными массами, двигающимися в противофазе с возмущающими силами;

в) динамические гасители колебаний с устройствами, создающими дополнительные силы трения. При этом происходит частичная диссипация энергии и снижение неуравновешенности возмущающих сил. Динамические гасители включают в себя дополнительную массу, соединенную с основной колебательной системой звеном, обладающим упругими и вязкими характеристиками. К данному виду гасителей относятся различного рода резинометаллические демпферы, динамические демпферы с рессорами.

Динамические гасители обеспечивают подавление изгибных, продольных, крутильных и других видов колебаний. При установке динамических гасителей виброактивность снижается в местах их установки. В других деталях и узлах вибрация может увеличиться. При обосновании параметров виброгасителя определяют необходимое соотношение масс гасителя и колеблющихся деталей, отношение частот их собственных колебаний.

В вибрационных сепарирующих машинах установка виброгасителей целесообразна на ситовых корпусах и на раме машины. Характер возмущающих сил у таких машин синусоидальный, поэтому виброгасители должны иметь линейную характеристику.

Если вибрацию машины невозможно устранить уравниванием или виброгашением, применяют виброизолирующие устройства. Вопросы теории [28–30] расчета жесткости конструкции и виброизоляторов [31–33] рассмотрены в работах многих ученых.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Системы приводов вибрационных машин должны обеспечивать выполнение тех-

нологических требований в соответствии с назначением машины. Тип приводного механизма, его параметры, компоновка должны определяться в совокупности с общей динамикой рабочих органов и несущей конструкции.

2. Конструкции системы приводов вибрационных сепарирующих машин в совокупности с динамической неуравновешенностью ситовых корпусов и движущихся деталей, недостаточной жесткости элементов конструкции обуславливают виброперемещения несущих конструкций машин, существенно превышающие допустимые нормы.

3. Колебания несущих конструкций вибро-сепарирующих машин увеличивают амплитуду колебаний ситовых поверхностей до 40% к оптимальным значениям. Это приводит к снижению качества сепарирования, возрастанию динамических нагрузок, повышенному износу деталей.

4. Существующие методики расчета приводных устройств вибрационных сепарирующих машин не позволяют учитывать их особенности как машин с преднамеренно задаваемой вибрацией. Дополнительная вибрация не учитывается при расчетном определении качества сепарирования.

5. Для повышения качества вибрационного сепарирования, повышения надежности вибрационных машин необходимо выполнять оптимальное проектирование приводных устройств, обеспечивающее снижение виброперемещений несущих конструкций машин.

6. Для снижения нежелательных вибраций несущих конструкций сепарирующих машин необходима структурная оптимизация этих конструкций с учетом динамических характеристик приводных устройств и рабочих органов, обеспечивающая выполнение прочностных условий и минимизацию массы машин в условиях динамического нагружения.

Заключение

На основании проведенного анализа поставленной проблемы сформулированы следующие основные направления ее решения:

1. Исследование динамики процесса вибрационного сепарирования с учетом вибрационных характеристик несущих конструкций машин и физико-механических свойств сепарируемых компонентов. Это позволит уточнить конструктивные параметры приводных механизмов и требуемую жесткость несущих конструкций, а также усовершенствовать методики расчета вибрационных сепарирующих машин.

2. Определение количества и характеристик упругих связей в звеньях приводных

механизмов и совершенствование на основе этого конструкций данных устройств.

3. Исследование влияния остаточной неуравновешенности инерционных сил в вибрационных сепарирующих машинах на их динамические характеристики и качество сепарирования с установлением допустимых значений неуравновешенности. Совершенствование схем и конструкций динамического уравновешивания.

4. Оптимизация траектории колебательного движения сепарирующих рабочих органов в зависимости от их назначения и разработка для этого новых приводных механизмов и совершенствование существующих.

5. Совместная оптимизация приводных устройств и несущих конструкций вибрационных сепарирующих машин для обеспечения стабильности динамических параметров работы сепарирующих органов машин на основных и переходных режимах работы и снижения вибрации несущих конструкций машин.

6. Исследование влияния упругих свойств оснований на вибрационные характеристики сепарирующих машин. Определение требований к строительной части при монтаже вибрационных сепарирующих машин. Совершенствование строительных конструкций для установки вибрационных машин.

Список литературы

1. Арсентьев В.А., Вайсберг Л.А., Устинов И.Д. Направления создания маловодных технологий и аппаратов для обогащения тонкоизмельченного минерального сырья // Обогащение руд. 2014. № 5. С. 3–9.
2. Блехман И.И., Блехман Л.И., Вайсберг Л.А., Васильков В.Б. Градиентная вибрационная сегрегация в процессах разделения сыпучих материалов // Обогащение руд. 2015. № 5 (359). С. 20–24. DOI: 10.17580/or.2015.05.04.
3. Дмитриев С.В., Иванов К.С., Мезенин А.О., Николаев А.И. Применение вибрационного псевдооживления для сухого обогащения тонковкрапленных руд // Обогащение руд. 2015. № 3 (357). С. 14–17. DOI: 10.17580/or.2015.03.02.
4. Ivanov K.S., Vaysberg L.A. New Modelling and Calculation Methods for Vibrating Screens and Separators. *Advances in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer. Cham. 2015. DOI: 10.1007/978-3-319-15684-2_8.
5. Kim T.-H., Maruta I., Sugie T. A simple and efficient constrained particle swarm optimization and its application to engineering design problems. *Journal of Mechanical Engineering Science*. 2010. Vol. 224. Iss. C2. P. 389–400. DOI: 10.1243/09544062JMES1732.
6. Pastenes J.C., Geminard J.-C., Melo F. Interstitial gas effect on vibrated granular columns. *Physical Review*. 2014. E 89. 062205. DOI: 10.1103/PhysRevE.89.062205.
7. Пивень В.В., Уманская О.Л. Определение граничных условий работы вибрационных грохотов // Вестник машиностроения. 2017. № 9. С. 25–27.
8. Boylu J., Tan Cetinel T., Guven O., Karakas F., Cinku K., Karaagaclioglu B.E., Celik M.S. Optimum separation route for semi-bituminous coal using semi-pilot scale pneumatic stratification. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*. 2015. No. 51 (2). P. 559–573. DOI: 10.5277/ppmp150216.
9. Guo N.Q., Lou H.M., Huang W.P. Design and Research on the New Combining Vibrating Screen. *Advanced Materials Research*. 2011. Vol. 201–203. P. 504–509. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.201-203.504.
10. Astashev V., Andrianov N., Krupenin V. Vibration of string lattice. *Vibroengineering Procedia* 22. Dynamics of Strongly Nonlinear Systems. 22nd International Conference on Vibroengineering. 2016. Vol. 8. P. 97–102.
11. Wotruba H., Weitkaemper L. and Steinberg M. Development of A New Dry Density Separator For Fine-Grained Materials. *Proceedings: XXV International Mineral Processing Congress (IMPC)*. Brisbane. Qld. Australia. 2010. 6–10 September.
12. Вайсберг Л.А. Новые вибрационные грохоты для индустрии стройматериалов // Промышленное обозрение. 2011. № 8. С. 29.
13. Глебов Л.А., Демский А.Б., Веденев В.Ф., Яблоков А.Е. Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна. М.: ДеЛи принт, 2010. 695 с.
14. Astashev V., Krupenin V. Efficiency of vibration machines Engineering for Rural Development. Contents of Proceedings of 16th International Scientific Conference «Engineering for rural development». Jelgava. 24–26.05.2017. P. 108–113. DOI: 10.22616/ERDev2017.16. N019.
15. Nikolaev V.N., Litash A.V., Zyazev E.V., Gaynullin E.N. Aero-vibration – pulse machines for preparing loose feed mixtures. *The Strategies of Modern Science Development: Proceedings of the IX International scientific– practical conference*. North Charleston. USA, 16–17 October 2015: CreateSpace. 2015. P. 49–55.
16. Блехман И.И., Блехман Л.И., Ярошевич Н.П. К динамике привода вибрационных машин с инерционным возбуждением // Обогащение руд. № 4 (370). 2017. С. 49–53. DOI: 10.17580/or.2017.04.09.
17. Blekhman I.I. The theory of vibration processes and devices. St. Petersburg: I.D. «Rudaimetall». 2013. 640 p.
18. Blekhman I.I., Vaysberg L.A., Indeytsev D.A. Theoretical and experimental basis of advanced vibrational technologies. *Springer Proceedings in Physics*. 2011. Vol. 139. P. 133–138. DOI: 10.1007/978-94-007-2069-5_18.
19. Вайсберг Л.А., Демидов И.В., Иванов К.С. Механика сыпучих сред при вибрационных воздействиях: методы описания и математического моделирования // Обогащение руд. 2015. № 4 (358). С. 21–31. DOI: 10.17580/or.2015.04.05.
20. Piven V. The theoretical justification for the fractionation of bulk materials during separation. *International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”, MATEC Web of Conferences*. 2017. Vol. 106. DOI: 10.1051/mateconf/201710603005.
21. Головин М.В., Добик А.А., Кортунюв А.В., Мищенко В.И. Современные тенденции развития вибростит для очистки буровых растворов // Бурение и нефть. 2014. № 3. С. 50–54.
22. Марьян А.П., Радзиван А.А., Деханов В.П. Опыт эксплуатации многочастотных вибрационных грохотов ULS для фракционирования материалов в производстве сухих строительных смесей // Строительные материалы. 2006. № 12. С. 30–32.
23. Корнев Д.Г. Современные тенденции зерноочистки. Семинар: Технология и техника переработки зерна. 2016.
24. Piven V.V., Umanskaya O.L. Determining the dynamic parameters of the structures of the vibration machines on an elastic foundation. *Russian Engineering Research*. 2007. Vol. 27. Iss. 5. P. 241–244. DOI: 10.3103/S1068798X07050012.
25. Piven V.V., Umanskaya O.L. Determination of Dynamic Characteristics of the Frame Bearing Structures of the Vibrating Separating Machines. VII International Scientific

Practical Conference. Conference Proceedings. National Research Tomsk Polytechnic University. Yurga. 2016. Vol. 142. DOI: 10.1088/1757-899X/142/1/012125.

26. Piven V.V., Umanskaya O.L. The methodology of the vibrational separating machines bearing structure rigidity optimization and the actuating mechanism parts dynamic forces determination. 5 International Scientific Conference on Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education (IPICSE). Moscow. RUSSIA. MATEC Web of Conferences. 2016. Vol. 86. DOI:10.1051/mateconf/20168604051.

27. Тимофеев Г.А., Мусатов А.К., Попов С.А., Фролов К.В. Теория механизмов и механика машин: учебник для вузов. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 566 с.

28. Anh N.D., Nguyen N.X. Research on the design of non-traditional dynamic vibration absorber. Journal of Mechanical Science and Technology. 2016. Vol. 30. Iss. 2. P. 593–602. DOI: 10.1007/s12206-016-0113-x.

29. Elias S., Matsagr V., Datta T.K. Effectiveness of distributed tuned mass dampers for multi-mode control of

chimney under earthquakes. Engineering Structures. 2016. Vol. 124. P. 1–16. DOI: 10.1016/j.engstruct.2016.06.006.

30. Cheung Y.L., Wong W.O., Cheng L. Optimization of a hybrid vibration absorber for vibration control of structures under random force excitation. Journal of Sound and Vibration. 2013. Vol. 332. Iss. 3. P. 494–509. DOI: 10.1016/j.jsv.2012.09.014.

31. Gardonio P., Zilletti M. Sweeping tunable vibration absorbers for low-mid frequencies vibration control. Journal of Sound and Vibration. 2015. Vol. 354. P. 1–12. DOI: 10.1016/j.jsv.2015.05.024.

32. Jang S.-J., Brennan M.J., Rustighi E., Jung H.-J. A simple method for choosing the parameters of a two degree-of-freedom tuned vibration absorber. Journal of Sound and Vibration. 2012. Vol. 331. Iss. 21. P. 4658–4667. DOI: 10.1016/j.jsv.2012.05.020.

33. Wagner N., Helfrich R. Dynamic Vibration Absorbers and its Applicationse. Conference: NAFEMS World Congress, 2017, Stockholm, 11–14 June 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchgate.net/publication/310748130> (дата обращения: 15.05.2022).

УДК 62-851.1

СИЛЬФОННЫЕ ПРИВОДНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ УПРАВЛЕНИЯ КРИВОЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Сысоев С.Н.

*ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
Владимир, e-mail: sysoev50@yandex.ru*

Повышение эффективности работы современных гидравлических и пневматических приводов является актуальной задачей, решение которой зависит от применяемого способа управления и конструктивного исполнения привода. Анализируются методы управления и устройства криволинейного перемещения, имеющие герметичную сильфонную камеру с ограничением осевого удлинения. Ограничения функциональных возможностей, области применения механизмов, использующих упругие свойства оболочки, связаны с отсутствием универсального метода управления траекторией криволинейного перемещения, позволяющего использовать комбинацию известных современных методов управления. Предложен метод комбинированного автоматизированного управления перемещения рабочего органа, использующий силовое воздействие от давления в камере, направленное по оси и в плоскости, перпендикулярной ей, с одновременным регулированием устойчивого положения сильфона для перемещения как в радиальном, так и в осевом направлении путем смещения ограничителя осевого удлинения сильфона в данных направлениях. Для использования комбинированного метода управления разработано новое устройство, в котором по оси сильфона в крышке со стороны корпуса установлен шток управления приводом, соединенный с тягой. Шток управления выполнен с возможностью осевого и радиального перемещения тяги, а крышка представляет собой торообразную гибкую нерастяжимую герметичную оболочку, соединенную одним концом с торцевой поверхностью сильфона, а другим с тягой. Применение торообразной оболочки устраняет необходимость герметизации подвижных соединений и разгружает механизм управления от силового воздействия на него со стороны ограничителя, улучшая технические характеристики механизма. Работоспособность и эффективность предложенного комбинированного метода управления и устройства для его реализации подтверждена макетированием, натурными исследованиями. В плоскости, перпендикулярной оси сильфона, приводной механизм регулируется в диапазоне от 0 до 360°. Максимальный угол наклона рабочего органа относительно оси исследованного сильфона составляет $\pm 90^\circ$. Кроме этого, выявлено существенное расширение рабочей зоны криволинейного перемещения приводного механизма, что позволяет значительно расширить его функциональные возможности.

Ключевые слова: шток управления, комбинированный метод управления, криволинейное перемещение, сильфон

BELLOWS ACTUATION MECHANISMS WITH A HYBRID CURVILINEAR CONTROL METHOD

Sysoev S.N.

A.G. and N.G. Stoletov Vladimir State University, Vladimir, e-mail: sysoev50@yandex.ru

Improving the efficiency of modern hydraulic and pneumatic actuators is an urgent task, the solution of which depends on the control method used and the design of the actuator. Control methods and curvilinear movement devices with a sealed bellows chamber with limited axial elongation are analyzed. Limitations of functionality, application area of mechanisms using the elastic properties of the shell are associated with the lack of a universal control method of the curvilinear movement trajectory, which allows the use a combination of known up-to-date control methods. A method of hybrid automated control of the end-effector displacement is proposed. It is used a pressure power action in the chamber, axial and in a plain surface perpendicular to it, with simultaneous regulation of the stable position of the bellows for movement both in the radial and axial directions by shifting the constraint of the axial elongation of the bellows in these directions. A new device, where a traverse actuator steering rod is installed along the axis of the bellows in the cover from the side of the body, connected to the rod, has been developed for using the hybrid control method. The steering rod is created with the possibility of axial and radial movement of the rod, and the cover is a toroid-shape flexible inextensible sealed shell connected at one end to the end surface of the bellows, and at the other end to the rod. The use of a toroid-shape shell eliminates the need for sealing movable joints and unloads the control mechanism from the force impact on it from the constraint, improving the technical characteristics of the mechanism. The operating capacity and efficiency of the proposed hybrid control method and device for its implementation is confirmed by physical simulation and full-scale studies. In a plain surface perpendicular to the axis of the bellows, the actuation mechanism is adjustable from 0 to 360 degrees. The maximum angle of inclination of the end-effector to the axis of the tested bellows is ± 90 degrees. In addition, a significant extends of the operating area of the actuation mechanism curvilinear movement was revealed, which makes it possible to significantly develop its functionality.

Keywords: steering rod, hybrid control method, curvilinear movement, bellows.

В настоящее время во многих отраслях промышленности, особенно в медицинской технике, широко используются приводные механизмы криволинейного перемещения камерного типа, принцип действия которых основан на изменении геометрии камеры.

В механизмах, камеры которых выполнены в виде плоской искривленной трубки Бурдона [1] или гофрированной трубки [2], направление радиального криволинейного перемещения механизма задается, например, применением сильфона с разной бо-

ковой величиной гофр [3]. В этом случае перемещение рабочего органа по сформированной траектории осуществляется изменением величины давления рабочей среды в камере. Отсутствие возможности управления криволинейного перемещения в процессе работы ограничивает функциональные возможности устройств.

В механизмах, имеющих гибкую трубчатую структуру [4] с тягой, закрепленной со смещением относительно оси, способной согнуть трубчатую конструкцию, укоротив требуемую сторону, реализовано управление боковым направлением перемещения изгибной части. Требуемое радиальное направление перемещения рабочего органа в плоскости, перпендикулярной оси сильфона, задается смещением крепления тяги от оси в сильфонном приводном механизме (рис. 1, а). Рабочий орган от давления p_1 среды питания сильфона перемещается в данном направлении на величину $+X_1, -Y_1, Z_1$ (рис. 1, б). Это позволяет расширить функциональные возможности устройств. В данном случае траектория изменения положения рабочего органа в направлении оси Z не управляется, что ограничивает функциональные возможности механизма.

Управление величиной осевого перемещения рабочего органа, например, в катетере осуществляют изменением длины тягового элемента. В этом устройстве тяговый элемент выполнен в виде плоской металли-

ческой проволоки. Трубчатая конструкция представляет собой ряд колец, соединенных с одной стороны с тяговым элементом, а с другой она оснащена распорками [5]. Недостатком данного механизма является то, что он обладает незначительными силовыми характеристиками.

Существенно расширяются возможности работы механизмов криволинейного перемещения [6], в которых имеется возможность управления траекторией в направлении осевого перемещения, используя для этого длину тяги и величину давления рабочей среды в камере сильфона (рис. 1, в). Даже при условии неизменной величины давления p_1 в камере сильфона, изменение длины тяги l_1 на l_2 приводит к перемещению рабочего органа из координаты Z_1 в Z_2 .

Данный метод работы реализован сильфонным приводным механизмом (рис. 2).

Регулировку траектории в осевом направлении выполняют изменением длины тяги.

Однако в перечисленных выше сильфонных приводных механизмах автоматизированное управление криволинейным перемещением осуществляют либо в радиальном, либо в осевом направлении, что снижает эффективность их работы.

Цель работы – расширение эффективности работы приводов криволинейного перемещения за счет использования комбинированного метода управления и устройства для его реализации.

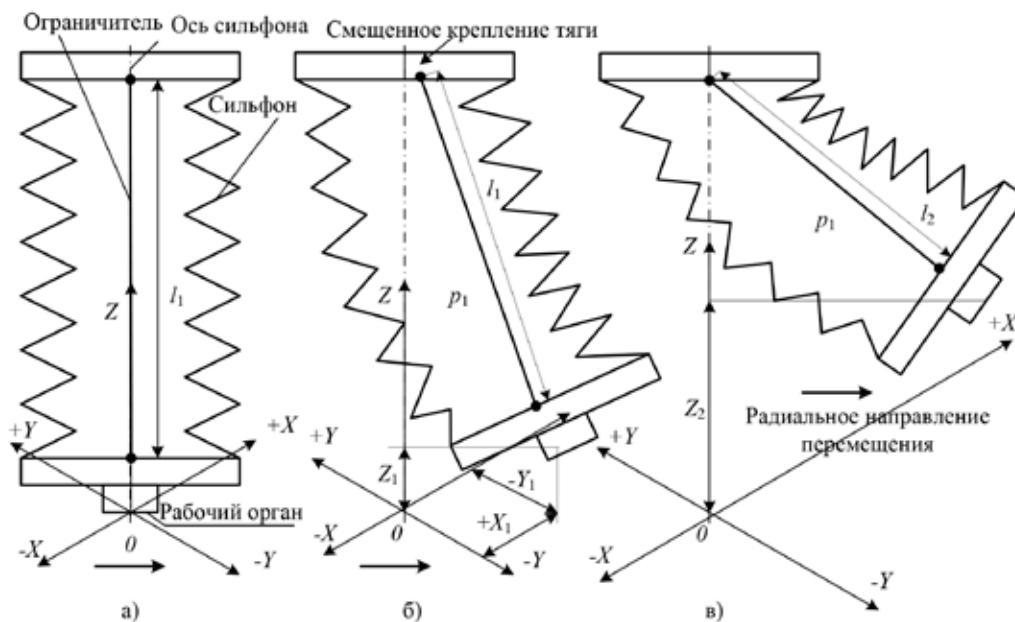


Рис. 1. Схема вариантов работы сильфонного приводного механизма: а) исходное положение; б), в) управление соответственно методами смещения крепления и длины тяги

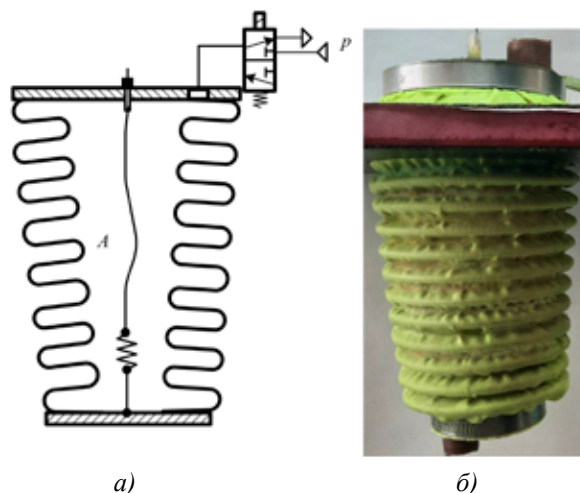


Рис. 2. Сильфонный приводной механизм с регулируемым осевым ограничителем:
а) схема; б) общий вид

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является функционирование пневматических приводов.

Предмет исследования – управление приводами криволинейного перемещения, имеющими камеру, выполненную с возможностью соединения с избыточным давлением рабочей среды с установленным в ней ограничителем осевого её удлинения.

Для решения поставленной задачи предложена идея комбинированного автоматизированного управления с одновременным регулированием криволинейного перемещения как в радиальном, так и в осевом направлении.

Данные идея и метод управления реализованы в новом приводе криволинейного перемещения, где по оси сильфона в крышке со стороны корпуса установлен штотк управления приводом, соединенный с тягой и выполненный с возможностью осевого и радиального перемещения тяги, а крышка выполнена в виде торообразной гибкой нерастяжимой герметичной оболочки, соединенной одним концом с торцевой поверхностью сильфона, а другим с тягой.

В данном механизме (рис. 3, а) на корпусе 1 установлен сильфон 2, торцевые поверхности которого закрыты двумя крышками, образуя герметичную полость А.

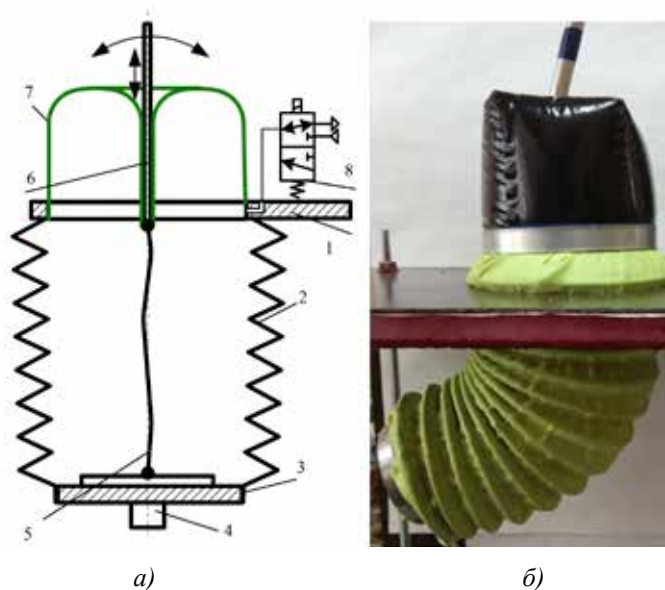


Рис. 3. Сильфонный приводной механизм с комбинированным методом управления:
а) схема; б) общий вид

На крышке 3 закреплен рабочий орган 4. В полости сиффона установлена гибкая нерастяжимая тяга 5, одним концом соединенная по оси с крышкой 3, а другим – со штоком управления 6, который охватывает герметичная гибкая нерастяжимая торообразная оболочка 7. Один конец оболочки закреплен на тяге 5, а другой – на торцевой поверхности сиффона и реализует функцию крышки, закрывающей торцевую поверхность сиффона со стороны корпуса. Герметичная камера *A* выполнена с возможностью соединения через распределитель 8 с давлением питания рабочей среды.

Применение торообразной оболочки устраняет необходимость герметизации подвижных соединений и разгружает механизм управления от силового воздействия на него со стороны ограничителя, улучшая технические характеристики механизма.

В исходном положении полость *A* соединена через распределитель 8 с атмосферой. Тяга 5 не оказывает силового воздействия на камеру сиффона. За счет упругости гофра он занимает симметричное относительно оси положение.

Перед началом работы задают требуемые направления радиального перемещения рабочего органа и его траекторию. Например, для перемещения рабочего органа против часовой стрелки, поворачивают шток управления, смещая в радиальном направлении тягу 5 вправо. Включением распределителя 8 соединяют линию питания воздуха с полостью *A*, создавая давление p_1 , величина которого не приводит к изменению радиального направления криволинейного перемещения рабочего органа.

Управляют траекторией по оси перемещения рабочего органа путем уменьшения осевой длины сиффона. При необходимости управления радиальным направлением криволинейного перемещения рабочего органа изменяют радиальное смещение тяги в соответствии с требуемым направлением, что приводит к повороту рабочего органа и устранению рассогласования его положения относительно заданного направления радиального смещения тяги.

Возможность дополнительно регулировать величину давления в камере расширяет возможности управления и существенно увеличивает разнообразие траекторий криволинейного перемещения. Кроме этого, данное устройство открывает возможность создания нового типа безнасосных сиффонных приводов криволинейного перемещения. Для подтверждения работоспособности и эффективности приводного механизма с комбинированным методом управления выполнено макетирование предлагаемых приводов.

Результаты исследования и их обсуждение

При макетировании и исследованиях применен конусный сиффон (пыльник амортизатора переднего М-2141). На рис. 4 показаны результаты натурных исследований работы сиффонного приводного механизма с комбинированным методом управления криволинейным перемещением.

Нулевая координата представляет собой осевую координату положения рабочего органа с сиффоном, в камере которого отсутствует давление питания рабочей среды, а также силовое воздействие на него тяги 5 (рис. 3, а).

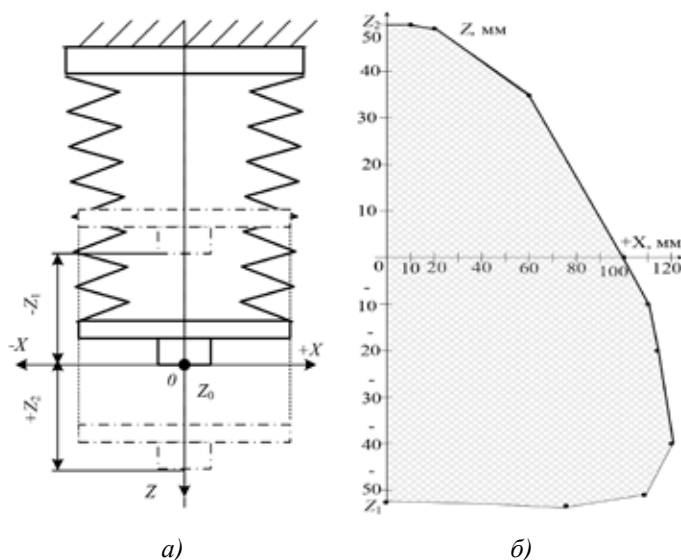


Рис. 4. Рабочая зона сиффонного приводного механизма криволинейного перемещения: а) расчетная схема; б) график пространства, в котором может находиться рабочий орган механизма

Крайнее верхнее положение $-Z_1$ рабочий орган занимает при сжатом тягой положении сильфона, а координату $+Z_2$ – в растянутом положении воздействием давления питания рабочей среды.

На рисунке показано перемещение рабочего органа только в направлении $+X$. При криволинейном перемещении в направлении $-X$ зона возможных положений рабочего органа симметрична показанной на рис. 4, б.

Максимальное давление питания в рабочей камере составляет 0,1 атм. В плоскости, перпендикулярной оси сильфона, приводной механизм регулируется в диапазоне от 0 до 360° . Максимальный угол наклона рабочего органа относительно оси исследования сильфона достигает $\pm 90^\circ$.

График показывает, что комплексное управление криволинейным перемещением в осевом направлении и в плоскости, перпендикулярной ему, позволяет перемещать рабочий орган на расстояние по X на ± 120 мм, а по Z – на ± 50 мм.

Заключение

Проведенный анализ современных методов управления приводными механизмами криволинейного перемещения позволил выявить отдельные недостатки, связанные с возможностями управления, которые ограничивают функциональные возможности механизмов. Метод комбинированного управления криволинейным перемещением позволяет устранить данные недостатки путем одновременного управления перемещением в радиальном и осевом направлении.

Описанный выше метод реализован новым устройством, в котором камера сильфона закрыта крышкой, выполненной в виде торообразной герметичной нерастяжимой оболочки, соединенной с механизмом управления траекторией криволинейного перемещения. Теоретические и экспериментальные исследования нового привода с комбинированным методом управления подтверждают его работоспособность и эффективность за счет существенного расширения рабочей зоны.

Список литературы

1. Пирогов С.П., Чуба А.Ю. Применение манометрических трубчатых пружин в сельскохозяйственных машинах // Агропродовольственная политика России. 2017. № 9 (69). С. 82–88.
2. Баклушина И.В., Щеглеев И.А. Об опыте применения сильфонных компенсаторов // Стороительство: новые технологии – новое оборудование. 2017. № 2. С. 48–51.
3. Васин В.А. Привод криволинейного перемещения с кольцевым сильфоном // Патент РФ № 23492. Патентообладатель Васин В.А. 2002. Бюл. № 17.
4. Endoscope – Google Patents U.S. Pat. No. 5, 203,380. [Электронный ресурс]. URL: <https://patents.google.com/patent/US5520222?q=D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%82+US+5203380> (дата обращения: 23.05.2022).
5. Flexible tubular guide – Google Patents FR Patent 2713492A1/en [Электронный ресурс]. URL: <https://patents.google.com/patent/FR2713492A1/en> (дата обращения: 23.05.2022).
6. Сысоев С.Н., Сурков А.В. Способ работы сильфонного привода криволинейного перемещения // Патент РФ № 2765865. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (RU) 2022. Бюл. № 4.

УДК 621.746.047:669.054.2

РАЗВИТИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ**Точилкин Викт.В., Камалихина З.В., Точилкин Вас.В., Филатова О.А.***ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: toch56@mail.ru*

Постановка задачи (актуальность работы): в статье рассматриваются конструкции оборудования промежуточного ковша машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), работающего в системе: сталеразливочный ковш – промежуточный ковш МНЛЗ. Созданы конструкции оборудования приемной и разливочной камер ковша с использованием расположенных на стенках порогов отверстий. Их наличие обеспечивает заданную ориентацию затопленных струй жидкой стали в процессе поступления металла из сталеразливочного ковша в промежуточный и последующего истечения жидкого металла в кристаллизатор. Совершенствование оборудования системы обеспечивает рациональное расположение затопленных струй стали в разливочной камере промежуточного ковша (ПК). Целью работы стало совершенствование конструкций и методики выбора конструкций оборудования отдельных элементов системы, используя результаты математического и физического моделирования, для обеспечения стабильности процесса работы машины непрерывного литья заготовок в целом, а также отдельных ее агрегатов и узлов. Новизна: впервые приведена и рассмотрена схема для выполнения физического и математического моделирования для условий приемной и разливочной камер пятиручьевого промежуточного ковша, обеспечивающая в процессе анализа выбор рациональной конструкции оборудования. Результат: в статье разработаны основные положения конструирования в системе сталеразливочный ковш – промежуточный ковш на основе результатов физического и математического моделирования. Практическая значимость: выполненные разработки позволили создать рациональные конструкции промежуточного ковша. В результате обеспечивается стабильность процесса в системе оборудования МНЛЗ и повышение качества изготавливаемых изделий.

Ключевые слова: машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), промежуточный ковш (ПК), математическое моделирование, физическое моделирование, огнеупорные конструкции

DEVELOPMENT OF STRUCTURES OF THE TUNDISH OF THE CONTINUOUS CASTING MACHINE BASED ON MODELING**Tochilkin Vikt.V., Kamalikhina Z.V., Tochilkin Vas.V., Filatova O.A.***Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk. e-mail: toch56i@mail.ru*

Problem statement (relevance of work): the article deals with the design of the equipment of the tundish of the continuous casting machine (CCM) operating in the system: steel-filling ladle – tundish of CCM. The designs of the equipment of the receiving and filling chambers of the bucket have been created using holes located on the walls of partitions and thresholds, ensuring the orientation of flooded steel jets in the process of steel flow from the steel-filling ladle to the intermediate and the subsequent outflow of liquid metal into the crystallizer. Improvement of the equipment of the system ensures the rational location of flooded steel jets in the filling chamber of the tundish hand further in the crystallizer. The purpose of the work: Development of equipment designs of individual elements of the system, using the results of mathematical and physical modeling, to ensure the stability of the CCM operation process and improve the quality of manufactured cast blanks. The purpose of the work: Development of equipment designs of individual elements of the system, using the results of mathematical and physical modeling, to ensure the stability of the CCM operation process and improve the quality of manufactured cast blanks. Novelty: for the first time, a scheme for performing physical and mathematical modeling for the conditions of the receiving and filling chambers of the five stream tundish has given and considered, which ensures the choice of a rational equipment design during the analysis. Result: the article develops the main design provisions in the system of steel filling bucket – tundish of CCM based on the results of physical and mathematical modeling. Practical significance: The completed developments made it possible to create rational designs for an tundish and a crystallizer. As a result, the stability of the process in the CCM equipment system and the improvement of the quality of manufactured products are ensured.

Keywords: continuous casting machine (CCM), tundish (TS), mathematical modeling, physical modeling, refractory structures

На металлургических предприятиях в последние годы проводят реконструкцию действующих технологических комплексов или сооружают новые, используя современные разработки, в частности, промежуточных ковшей и кристаллизаторов машин непрерывного литья заготовок. Важнейшей частью МНЛЗ является анализ специфики технологии производства, разработка и совершенствование элементов системы МНЛЗ: сталеразливочный ковш – промежуточный ковш – кристаллизатор [1]. В мо-

мент начала разливки жидкого металла отмеченная система агрегатов и узлов должна обеспечивать устойчивое начало разливки жидкой стали и защиту оборудования от потоков открытых струй стали [2].

Цель исследования – совершенствование конструкций и методики выбора конструкций оборудования отдельных элементов системы, используя результаты математического и физического моделирования, для обеспечения стабильности процесса работы машины непрерывного литья

заготовок в целом, а также отдельных ее агрегатов и узлов.

Материалы и методы исследования

В системе машины непрерывного литья заготовок определяющую роль выполняют агрегаты, обеспечивающие продвижение жидкого металла [3]. Они служат в конечном итоге одной цели – транспортированию стали через разливочные отверстия промежуточного ковша в кристаллизаторы [4]. Использование сложных комплексов оборудования промежуточного ковша и других агрегатов системы приводит к значительным затратам на подготовку комплекса МНЛЗ к разливке жидкой стали. Применение рациональных конструкций системы машин непрерывного литья заготовок требует проведения физического и математического моделирования [5]. Выполнено большое число работ для определения характера движения потоков жидкого металла в промежуточных емкостях [6]. В этих статьях рассматривались вопросы математического моделирования с использованием решений двумерных уравнений движения – уравнений Навье – Стокса с учетом турбулентного характера движений [7]. Основное направление работ – получение данных о направлениях движения потоков стали, о виде полей скоростей и оценке их величин с данными результатов измерений, проведенных как в лабораторных условиях при физическом моделировании, так и в условиях действующих машин непрерывного литья заготовок [4]. Различие между теоретическими предсказаниями и результатами экспериментальных исследований в системах в условиях начала разливки требует проведения экспериментальных исследований в условиях физического моделирования [7].

С учетом особенностей работы конструкций оборудования для движения жидкого металла определены необходимые условия для проведения физического и математического моделирования [4]:

– Разрабатывается конструкция оборудования сталеразливочного ковша для подачи металла из него [2]. Используется комплект в виде защитной трубы с необходимым уплотнением и система подачи защитного газа – аргона. Особое внимание здесь уделяется конструкции уплотнения, определяющего рациональное прохождение жидкого металла в промежуточный ковш без насыщения газами, в частности азотом.

– Уточняются параметры защитного газа – аргона, подаваемого в защитную трубу и конструкции узла уплотнения между защитной трубой и оборудованием разливочного отверстия сталеразливочного ковша [5].

– Представляется компоновка приемной камеры промежуточного ковша. При этом уточняются параметры разрабатываемых новых изделий с учетом габаритов модели промежуточного ковша, представленного на стенде для физического моделирования (рис. 1). В данном случае определяются параметры подаваемой жидкой стали в приемную камеру промежуточного ковша: температура; уровень стали в промежуточном ковше при номинальном режиме; аварийный уровень и т.п. [8].

– Определяются основные уравнения для проведения математического моделирования: движения жидкой стали, неразрывности потока жидкого металла, а также граничные и начальные условия.

– Результаты математического моделирования (рис. 2) позволяют вносить изменения в конструкцию моделей деталей и узлов, устанавливаемых в макете ковша для физического моделирования.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе оценки результатов математического и физического моделирования определили, что для промежуточного ковша многоручьевых машин непрерывного литья заготовок с несимметричным расположением приемной камеры (рис. 1) характерно:

1. В приемной камере промежуточного ковша, при разливке открытой струей из сталеразливочного ковша, формируются скоростные потоки металла (более 0,2 м/с) [9]. Это приводит к интенсивному захвату неметаллических включений (НВ) на поверхности металла и последующему затягиванию НВ в металл, а также оголению зеркала металла в приемной камере.

2. Наибольшие скорости потоков металла при номинальном режиме разлива обнаружены в приемной камере промежуточного ковша в местах выхода боковых стенок ковша в районе дна и стыка дно – борт промежуточного ковша.

Анализ особенностей работы системы СРК – открытая струя – промежуточный ковш многоручьевой сортовой МНЛЗ показал:

– Специфику наполнения открытой струей промежуточного ковша многоручьевой сортовой машины с интенсивными скоростными потоками (скорости выше допустимых) по дну приемной камеры и боковым поверхностям – бортам промежуточного ковша, прилегающим ко дну приемной камеры, в начальный период разливки стали из сталеразливочного ковша, а также особенности воздействия скоростных потоков жидкого металла по мере наполнения приемной камеры и внутреннего объема ковша до номинального уровня.

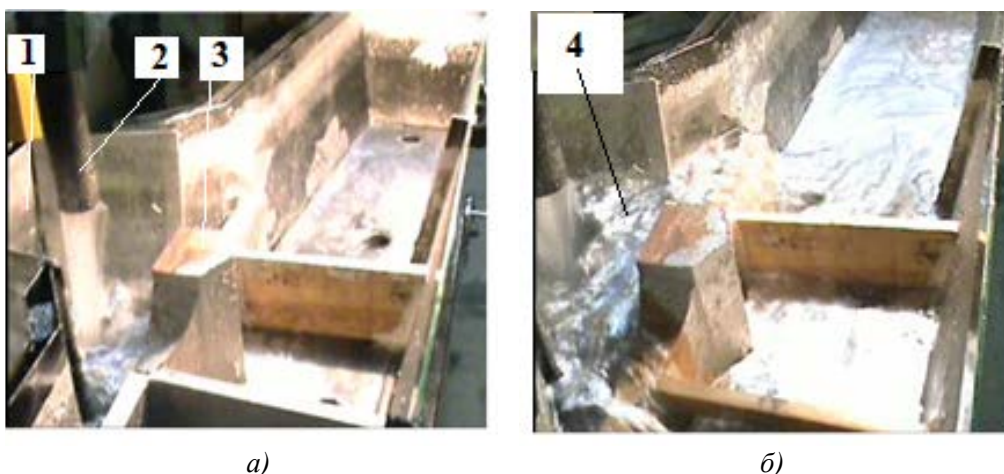


Рис. 1. Компонка модели комплекта оборудования приемной и разливочной камер ПК на стенде для физического моделирования: защитная труба сталеразливочного ковша – конструкции промежуточного ковша: а – подача рабочей жидкости в приемную камеру ковша; б – распределение рабочей жидкости в рабочем пространстве ковша по разливочным камерам; 1 – приемная камера; 2 – защитная труба; 3 – порог приемной камеры; 4 – заполнение жидкостью приемной камере ковша

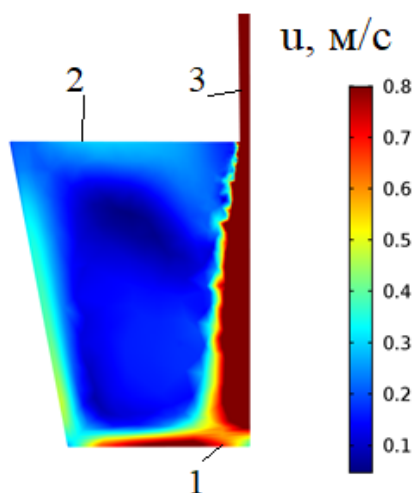


Рис. 2. Картина распределения скоростей при подаче стали в приемную камеру промежуточного ковша открытой струей из сталеразливочного ковша: 1 – бойное место промежуточного ковша; 2 – верхний уровень стали; 3 – поток металла из сталеразливочного ковша

– Для защиты дна промежуточного ковша и внутренних покрытий боковых стенок, выполненных в виде специально нанесенной торкрет-массы, необходимо применение специальных защитных устройств (рис. 3). Это позволит исключить аварийные ситуации в момент начала разливки и воздействие скоростных струй стали на оборудование ковша. Применение защитных устройств позволит исключить прямое воздействие на дно приемной камеры ковша и соответствующий стык дна и боковых поверхностей.

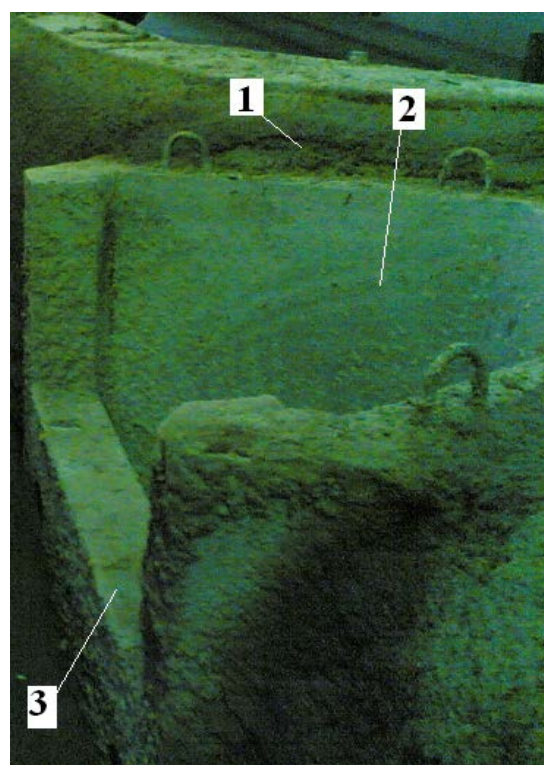


Рис. 3. Модуль для защиты приемной камеры при подаче стали в приемную камеру промежуточного ковша: 1 – борт приемной камеры; 2 – защитное устройство; 3 – порог для защиты разливочного отверстия

– Из-за наличия скоростных потоков металла, направленных в сторону разливочного отверстия ПК, необходимо использовать на границе приемной и разливочных камер

конструкции, защищающие разливочное отверстие ковша от интенсивных скоростных потоков из приемной камеры.

– Устройство для защиты в приемной камере должно иметь компактные формы в виде законченного модуля, полностью выполняющего отмеченные требования по защите оборудования промежуточного ковша от скоростных струй жидкого металла, интенсивно перемещающихся по дну ковша в начальный период разливки.

На основании анализа картины проведенных исследований по физическому и математическому моделированию создана конструкция (рис. 3) защитного модуля [9].

Комплект оборудования представляет собой компактный монолитный объект, устанавливаемый в приемной камере на границе центральной разливочной камеры. Он обеспечивает:

– Защиту борта 1 (рис. 3) приемной камеры ковша благодаря использованию защиты 2, установленной до уровня аварийного слива жидкого металла.

– Применение порога 3 обеспечивает защиту разливочного отверстия центрального ручья от интенсивных придонных течений со скоростями более 0,2 м/с. В пороге выполняют специальные переливные отверстия. Они обеспечивают формирование затопленных струй стали в период работы машины в номинальном режиме, а также обеспечивают максимальный слив жидкого металла в конце периода разливки.

Выводы

1. Рассмотрена специфика работы системы сталеразливочный ковш – промежуточный ковш МНЛЗ в периоды разливки стали: при начальном периоде разливки стали – при его наполнении и номинальный режим – при полностью наполненном промежуточном ковше и открытых разливочных отверстиях. Определено, что для эффективной разливки жидкого металла в начале разливки и далее в номинальном режиме работы МНЛЗ необходимо применение рациональных конструкций [10] по защите оборудования от скоростных потоков жидкого металла [5].

2. В целях выбора рациональных защитных конструкций ПК проведено математическое и физическое моделирование, позволившее разработать основные элементы конструкций промежуточного ковша, защитной трубы сталеразливочного ковша и других элементов системы сталеразливочный ковш – промежуточный ковш, требующих модернизации.

3. Разработана конструкция защиты приемной камеры промежуточного ковша в виде законченного модуля, компактно расположенного в приемной камере. Модуль выполнен в виде прилегающего контура стенок к бортам приемной камеры. Особое внимание уделено компоновке дна модуля. Толщина дна модуля выполняется с учетом длительности работы промежуточного ковша на машине непрерывного литья заготовок, количества разливаемых сталеразливочных ковшей в конкретной серии, а также параметров сталеразливочного ковша, в частности уровня стали в сталеразливочном ковше перед началом разливки. На границе приемной и разливочных камер ковша в данном модуле выполнен порог для защиты разливочных отверстий в момент начала разливки стали [9].

Список литературы

- Guschin V.N., Ulyanov V.A. Improved tundish refining of steel in continuous-casting machines. *Steel in Translation*. 2017. Vol. 47. No. 5. P. 320–324.
- Еротько С.П., Понамарева Е.А., Цысмистро Е.С. Разработка вибрационной системы снижения интенсивности процесса затягивания выпускного канала сталеразливочного ковша // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2021. № 2. С. 165–174.
- Сотников А.Л., Стриченко С.М., Киреев В.М., Фоменко Ю.В. Состояние и перспективы совершенствования оборудования сортовых МНЛЗ // *Сталь*. 2020. № 10. С. 7–16.
- Вдовин К.Н., Точилкин В.В., Марочкин О.А., Умнов В.И. Новые вставки из пластичных огнеупоров для защиты струи металла при разливке на МНЛЗ // *Новые огнеупоры*. 2014. № 7. С. 41–43.
- Solorio-Diaz G., Morales R.D., Barreto J. de J., Vergara-Hernandez H.J., Ramos-Banderas A., Galvan S.R. Numerical Modelling of Dissipation Phenomena inside a New Ladle Shroud for Fluidynamic Control and its Effect on Inclusion Removal in a Slab Tundish. *Steel Research International*. 2014. Vol. 85. No. 5. P. 863–874.
- Протопопов Е.В., Числавлев В.В., Темлянец В.В., Головатенко А.В. Повышение эффективности рафинирования рельсовой стали в промежуточных ковшах МНЛЗ на основе рациональной организации гидродинамических процессов // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2020. Т. 63. № 5. С. 298–304.
- Vdovin K.N., Tochilkin V.V., Yachikov I.M. Designing refractories for the tundish of a continuous caster. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2016. T. 56. No. 6. P. 569–573.
- Еротько С.П., Стародубцев Б.И., Понамарева Е.А., Цысмистро Е.С. Разработка новой конструкции и модельные исследования функционирования катапульты для ковшевого затвора // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2021. № 5. С. 540–546.
- Вдовин К.Н., Точилкин В.В., Добрынин С.М., Мельничук Е.А., Точилкин В.В. Конструкции и расчет металлоприемника промежуточного ковша симметричной многоручьевой МНЛЗ // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2019. Т. 17. № 3. С. 25–30.
- Sotnikov A.L., Sholomitskii A.A. Monitoring alignment of mold oscillatory motion with CCM process stream axis. *Metallurgist*. 2017. Vol. 60. No. 9/10. P. 1046–1053.

УДК 615.825. 65

МОМЕНТНЫЙ МЕХАНИЗМ С ИЗМЕНЯЕМОЙ ВЕЛИЧИНОЙ И НАПРАВЛЕНИЕМ НАГРУЗКИ ДЛЯ МЕХАНОТЕРАПИИ СУСТАВОВ

Умнов В.П.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
Владимир, e-mail: mex-rob@yandex.ru

Одной из актуальных задач, стоящих перед разработчиками механотерапевтического тренажера мышц травмированных суставов, является создание недорогого устройства, обладающего возможностью регулирования величины нагрузочного момента в широком диапазоне, при исключении или минимизации взаимодавления суставных поверхностей. Предложен конструктивно простой и, следовательно, дешевый механотерапевтический аппарат активного действия для моментного нагружения без образования сил взаимодавления суставных поверхностей в процессе движений. Механизм тренажера состоит из одного внутреннего зубчатого колеса и находящихся с ним в зацеплении четырех внешних зубчатых колес, связанных между собой упругими элементами. Отсутствие сил в механизме, действующих на ось внутреннего зубчатого колеса и, следовательно, на суставные поверхности в процессе движений, обеспечивается за счет взаимной компенсации противоположных относительно его центра радиальных составляющих усилий в зубчатых зацеплениях. Рассмотрены зависимости формирования нагрузочного момента в механизме при различных вариантах крепления упругих элементов. Получено условие изменения нагрузочного момента в механизме по гармоническому закону, аналогичному изменениям момента в локтевом, коленном и голеностопном суставах при перемещениях предплечья, голени и стопы в вертикальной плоскости. Построены графики нагрузочных моментов, создаваемых механизмом в зависимости от угла поворота и зоны их знакопостоянства. Предложено для регулирования величины и знака нагрузочного момента изменять положение точек крепления упругих элементов на внешних зубчатых колесах. Показано, что при использовании 6 точек крепления упругого элемента на колесе может быть получено 30 различных зависимостей и максимальных значений нагрузочного момента: 15 противодействующих и 15 сопутствующих. При использовании 8 точек можно получить 76 различных зависимостей и значений нагрузочного момента без замены упругих и других конструктивных элементов механизма, что может быть достаточным для тренировки мышц различных суставов людей разных возрастных групп.

Ключевые слова: аппарат механотерапии, механизм моментного нагружения, зубчатое колесо, упругий элемент, регулирование момента, точка крепления упругого элемента

TORQUE MECHANISM WITH VARIABLE MAGNITUDE AND DIRECTION OF LOAD FOR JOINT MECHANOTHERAPY

Umnov V.P.

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: mex-rob@yandex.ru

One of the urgent tasks facing the developers of the mechanotherapeutic simulator of the muscles of injured joints is the creation of an inexpensive device that has the ability to regulate the magnitude of the load moment in a wide range, while eliminating or minimizing the mutual pressure of the articular surfaces. A structurally simple and, consequently, cheap mechanotherapeutic device of active action is proposed for instant loading without the formation of forces of mutual compression of articular surfaces in the process of movements. The mechanism of the simulator consists of one internal gear wheel and four external gears engaged with it, interconnected by elastic elements. The absence of forces in the mechanism acting on the axis of the inner gear and, consequently, on the articular surfaces during movements is ensured by mutual compensation of the radial components of forces in the gears opposite to its center. The dependences of the formation of the load moment in the mechanism for various fastening options of elastic elements are considered. A condition for changing the load moment in the mechanism according to the harmonic law is obtained similar to the changes in the moment in the elbow, knee and ankle joints when moving the forearm, lower leg and foot in the vertical plane. Graphs of the load moments created by the mechanism depending on the angle of rotation and the zone of their sign-constancy are constructed. It is proposed to change the position of the attachment points of elastic elements on external gears to regulate the magnitude and sign of the load moment. It is shown that when using 6 attachment points of the elastic element on the wheel, 30 different dependencies and maximum values of the load moment can be obtained: 15 – counteracting and 15 accompanying. When using 8 points, 76 different dependencies and values of the load moment can be obtained without replacing elastic and other structural elements of the mechanism, which may be sufficient for training the muscles of various joints of people of different age groups.

Keywords: mechanotherapy apparatus, torque loading mechanism, gear wheel, elastic element, torque control, elastic element attachment point

Восстановление суставов после травмы или операции осуществляется постепенной разработкой, увеличением их подвижности и гибкости путем механотерапии. Механотерапевтические аппараты позволяют облегчить или обеспечить необходимые движения для увеличения подвижности

в суставах, а также для тренировки определенных групп мышц. При отсутствии мышечной активности большого применяются аппараты пассивного действия (прикроватные или стационарные), которые сами задают движение сустава от внешнего источника [1]. К таким аппаратам отно-

сятся специальные тренажеры для локтевого (например, ARTROMOT E2, Kinetec 6080 elbow CPM) и коленного (например, Opti Flex 3 Knee CPM) суставов, оснащаемые электроприводами и контроллерами [2, 3], стоимостью до 500 тыс. руб. Если пациент использует механотерапевтический аппарат за счет своей собственной мышечной активности, то такие аппараты называются аппаратами активного действия, или тренажерами [4]. Такие аппараты предоставляют возможность больному в зависимости от характера и выраженности болевых ощущений задавать амплитуду движений. Они бывают, как правило, трех типов – основанные на принципе блока (использование веса груза или пружины), на принципе маятника (использование инерции) и изокинетические. Стоимость аппаратов активного действия невысокая, но они лишены регулировки величины создаваемой нагрузки в широком диапазоне. При многих патологических состояниях суставов в процессе механотерапии требуется полностью исключить или значительно уменьшить взаимодействие суставных поверхностей. Известные механотерапевтические аппараты активного действия не обеспечивают указанное требование. При работе с аппаратами механотерапии задействуется сравнительно небольшая мышечная группа, например только те мышцы, которые отвечают за сгибание или разгибание. Анализ устройства тренажеров активного действия для локтевого и коленного суставов показывает, что их общим техническим недостатком является отсутствие регулирования величины и направления нагрузки и наличие сил, возникающих в устройстве нагружения при работе и приводящих к взаимодействию суставных поверхностей, что отрицательно воздействует на состояние травмированного сустава.

Целью работы является решение вопросов создания активного механотерапевтического устройства для тренажеров коленного и локтевого суставов, реализующего переменную по величине и направлению нагрузочного момента без образования сил взаимодействия суставных поверхностей.

Материалы и методы исследования

В качестве устройства моментного нагружения суставов с постоянными параметрами нагрузки без образования сил взаимодействия суставных поверхностей предлагается использовать механизм для статической моментной разгрузки, описанный в работе [5]. Механизм реализует статическую моментную разгрузку привода поворота звена в вертикальной плоско-

сти без образования поперечных или продольных сил при фиксированном моменте нагрузки. Для реализации переменной величины нагрузки можно использовать механизм нагружения, схема которого приведена на рис. 1.

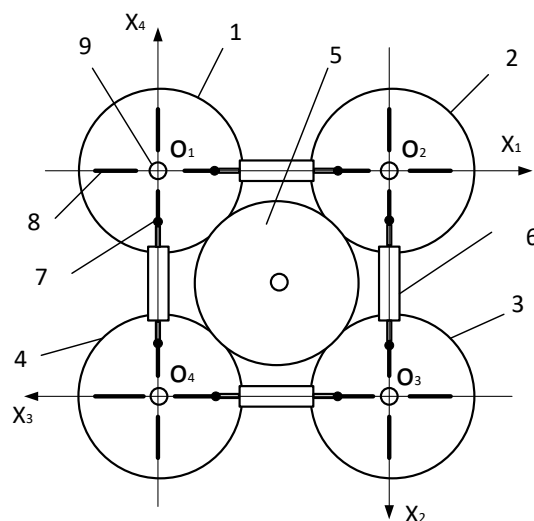


Рис. 1. Схема механизма нагружения:
 1, 2, 3, 4 – внешние зубчатые колеса механизма (ЗК1); 5 – внутреннее зубчатое колесо механизма (ЗК2); 6 – упругие элементы;
 7 – точки крепления упругих элементов на ЗК2;
 8 – конструктивные элементы крепления упругих элементов на ЗК2;
 9 – оси крепления зубчатых колес.
 Точками O_1, O_2, O_3 и O_4 обозначены геометрические центры осей крепления ЗК1

При повороте ЗК2 также повернутся ЗК1, причем углы поворота могут быть равными либо различными в зависимости от соотношения диаметров колес ЗК2 и ЗК1. При повороте колес упругие элементы, выполненные из латексной ленты, трубчатой резины или в виде пружин растяжения, будут растягиваться, создавая усилия и моменты нагружения $\vec{M}_{Hj, (j=\overline{1,4})}$ относительно центров колес ЗК1. Аксиальные составляющие зубчатых зацеплений ЗК2 и ЗК1 создадут суммарный момент на внутреннем зубчатом колесе $\vec{M}_{H=} \eta \cdot \sum \vec{M}_{Hj, (j=\overline{1,4})}$ (η – КПД механизма). При этом, как будет показано ниже, этот момент может быть противодействующим \vec{M}_{HII} или сопутствующий \vec{M}_{HC} направлению движения тренируемого органа из начального положения. Отсутствие сил в механизме обеспечивается за счет взаимной компенсации противоположных относительно центра ЗК2 радиальных составляющих усилия зацепления.

Полагаем, что

$$F_1 = C \cdot \left[(B_1 B_2)_0 + \Delta \right], \quad (10)$$

где C – коэффициент жесткости упругого элемента, $(B_1 B_2)_0$ и Δ – его начальная длина и величина деформации. Выполнение условия (10) обеспечивается соответствующим предварительным растяжением упругого элемента или созданием в элементе начального усилия без его деформации (например, межвиткового давления в пружине растяжения). Поскольку $B_1 B_2 = \left[(B_1 B_2)_0 + \Delta \right]$, то после соответствующих подстановок получим

$$M_{H1} = O_1 B_1 \cdot H \cdot C \cdot \sin \alpha. \quad (11)$$

Так как $O_1 B_1$, H и C – постоянные величины, то M_{H1} изменяется по гармоническому закону, аналогичному изменениям момента в локтевом, коленном и голеностопном суставах при перемещениях предплечья, голени и стопы в вертикальной плоскости.

Для правого смежного колеса выражение (11) примет вид

$$M_{H2} = O_2 B_2 \cdot H \cdot C \cdot \sin \alpha, \quad (12)$$

а величина суммарного нагрузочного момента от двух смежных колес равна

$$M_{H12} = (O_1 B_1 + O_2 B_2) \cdot H \cdot C \cdot \sin \alpha$$

или в общем виде

$$M_{H12} = (r_{\mu 1}^1 + r_{\mu 2}^1) \cdot H \cdot C \cdot \sin \alpha. \quad (13)$$

При равенстве $r_{\mu 1}^1 = r_{\mu 2}^1 = r_{\mu}^1$ имеем

$$M_{H12} = 2 \cdot r_{\mu}^1 \cdot H \cdot C \cdot \sin \alpha. \quad (14)$$

Так как соединение всех пар смежных ЗК1 упругими элементами должно выполняться по одному варианту и с одинаковыми величинами $r_{\mu j}^1$, то, используя выражение (14) для всего механизма, можно записать

$$M_H = 4 \cdot M_{H12} = 8 \cdot r_{\mu}^1 \cdot H \cdot C \cdot \sin \alpha. \quad (15)$$

Тогда, например, при $r_{\mu}^1 = 15$ мм; $H = 84$ мм и $C = 1$ Н/мм максимальное значение нагрузочного момента равно $M_{Hmax} = 10,8$ Н·м.

В общем случае $r_{\mu 1}^1 \neq r_{\mu 2}^1$. Обозначим разницу $r_{\mu 1}^1 - r_{\mu 2}^1 = \Delta r_{\mu}^1$. Тогда из рис. 2 несложно получить выражение для величины уменьшения момента M_{H12} вследствие обозначенной выше разницы:

$$\Delta M_{H12} = M_{H1} \left[1 - (r_{\mu 2}^1 \cdot r_{\mu 1}^{1-1})^2 \right]. \quad (16)$$

В безразмерном виде выражение (16) можно записать следующим образом:

$$\Delta M_{H12} \cdot M_{H1}^{-1} = \Delta r_{\mu}^1 \cdot r_{\mu 1}^{1-1} (2 - \Delta r_{\mu}^1 \cdot r_{\mu 1}^{1-1}). \quad (17)$$

Производная $dM_{H12} / dr_{\mu 1}^1$ равна:

$$dM_{H12} / dr_{\mu 1}^1 = 2M_{H12} / r_{\mu 1}^1 (1 - \Delta r_{\mu}^1 \cdot r_{\mu 1}^{1-1}).$$

На рис. 3 приведена графическая зависимость выражения (17).

Из рис. 3 следует, что указанная выше зависимость имеет квадратичный характер.

По аналогии с приведенным выше расчетом схемы (2) для схемы (3) можно получить

$$M_{H12} = (O_1 B_1 - O_2 B_2) \cdot H \cdot C \cdot \sin \alpha$$

или в общем виде

$$M_{H12} = (r_{\mu 1}^1 - r_{\mu 2}^1) \cdot H \cdot C \cdot \sin \alpha. \quad (18)$$

Из выражений (13) и (18) следует, что в пределах угла поворота $0 < \alpha \leq \pi/2$ знак нагрузочного момента не изменяется.

При соединении колес по схеме (2) момент максимален, а при соединении по варианту (3) нагрузочный момент может стать сопутствующим M_{C12} при $r_{\mu 1}^1 < r_{\mu 2}^1$ и равным нулю при $r_{\mu 1}^1 = r_{\mu 2}^1$.

Поскольку вариант крепления упругих элементов (5) аналогичен варианту (2), то можно записать

$$M_{H12} = -(r_{\mu 1}^1 + r_{\mu 2}^1) \cdot H \cdot C \cdot \sin \alpha = M_{HC12} \quad (19)$$

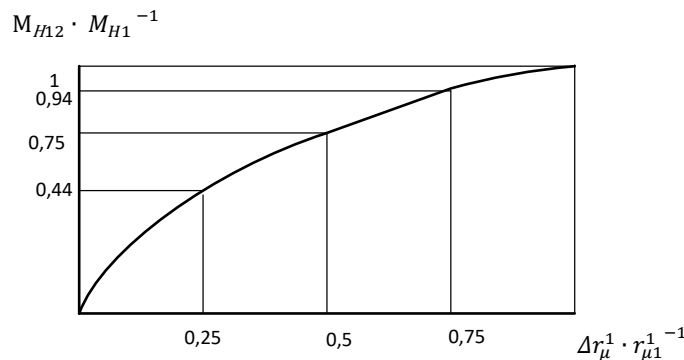


Рис. 3. Графическая зависимость $\Delta M_{H12} \cdot M_{H1}^{-1}$ от соотношения $\Delta r_{\mu}^1 \cdot r_{\mu 1}^{1-1}$

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 4 приведены графики моментов нагрузки, создаваемых механизмом в зависимости от угла поворота ЗК1 в диапазоне $0 < \alpha \leq \pi/2$.

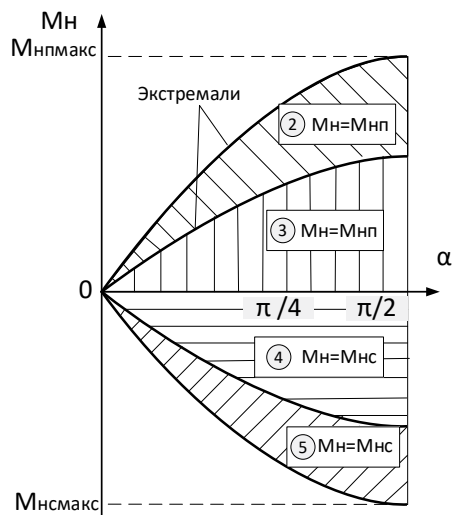


Рис. 4. Графики моментов нагрузки, создаваемых механизмом в зависимости от угла поворота ЗК1

Цифры соответствуют вариантам (2)–(5) соединения колес ЗК1 упругими элементами, приведенным выше.

В верхней полуплоскости моменты нагрузки противодействующие движению, а в нижней – сопутствующие движению.

Исходя из практических соображений нет необходимости в большом количестве точек крепления упругих элементов. Рассмотрим работу механизма на примере двух смежных колес 1 и 2, ограничившись шестью точками крепления (по три с каждой стороны от центра вдоль оси X_1) для каждого колеса ЗК1. Полагая, что матрица смежности представляет собой матрицу размером 6×6 , состоящую из единиц, запишем матрицу знаков моментов, создаваемых упругим элементом на каждом колесе при различных вариантах расположения точек их крепления при условии $r_{\mu 1}^1 = r_{\mu 2}^1$ (формула (20)).

Нулевые значения на главной диагонали матрицы (20) указывают на отсутствие момента нагрузки. Знаком «+» отмечены противодействующие нагрузочные моменты, а знаком «-» – сопутствующие. Из матрицы (20) следует, что при использовании всего 6 точек крепления упругого элемента на колесе мы получим 30 различных зависимостей и максимальных значений нагрузочного момента: 15 противодействующих и 15 сопутствующих. При использовании 8 точек можно получить 76 различных зависимостей и значений нагрузочного момента без замены упругих и других конструктивных элементов механизма, что может быть достаточным для тренировки мышц различных суставов людей разных возрастных групп. На рис. 5 приведены схемы крепления механизма при тренировке локтевого и коленного суставов.

1 \ 2	r_{12}^1	r_{22}^1	r_{32}^1	r_{42}^1	r_{52}^1	r_{62}^1
r_{11}^1	0	- \ +	- \ +	+ \ +	+ \ +	+ \ +
r_{21}^1	- \ +	0	- \ +	+ \ +	+ \ +	+ \ +
r_{31}^1	- \ +	- \ +	0	+ \ +	+ \ +	+ \ +
r_{41}^1	- \ -	- \ -	- \ -	0	+ \ -	+ \ -
r_{51}^1	- \ -	- \ -	- \ -	+ \ -	0	+ \ -
r_{61}^1	- \ -	- \ -	- \ -	+ \ -	+ \ -	0

(20)

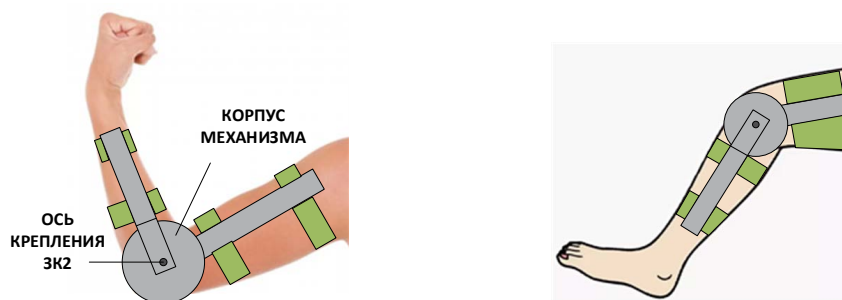


Рис. 5. Схемы крепления механизма при тренировке локтевого и коленного суставов

Следует отметить, что предложенное и описанное простое устройство с изменяемой нагрузкой может быть использовано не только в процессе восстановления мышц после травм или операций на суставах, но и для тренировки мышц бедра и предплечья здоровых людей.

Заключение

Предложено достаточно простое механическое устройство активного механотерапевтического аппарата для тренажеров коленного и локтевого суставов, реализующего переменный и регулируемый по величине и направлению нагрузочный гармонический момент без образования сил взаимодействия суставных поверхностей.

Список литературы

1. Каталог медицинского оборудования по направлению «Активно-пассивная разработка конечностей».

[Электронный ресурс]. URL: <https://www.beka.ru/ru/katalog/passivnaya-razrabotka-sustavov> (дата обращения: 21.05.2022).

2. Яцун С.Ф., Рукавицын А.Н. Определение параметров приводов биоинженерных мехатронных модулей для экзоскелета нижних конечностей человека // Известия ЮЗГУ. Серия: Техника и технологии. 2012. № 2 (Ч. 1). С. 196–200.

3. Бобрин А.Ф., Гудков А.Г., Зенин П.С., Лемонджва В.Н., Леушин В.Ю. Аппаратно-программный комплекс (АПК) механотерапии суставов нижних конечностей // Медико-технические технологии на страже здоровья «Медтех-2013»: сборник докладов 15-й научно-технической конференции. М.: Издательство НИИ РЛ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2013. С. 187–190.

4. Рукавицын А.Н., Яковлев И.А. Механотерапевтическое реабилитационное устройство для нижних конечностей человека // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 9. С. 108–110.

5. Умнов В.П. Компенсация взаимовлияния и статическая разгрузка в манипуляционных исполнительных системах роботов // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 12 (Ч. 3). С. 448–451.

СТАТЬИ

УДК 37.01:004.02

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕШЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

¹Акимова И.В., ²Титова Е.И.¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: ulrih@list.ru;²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, e-mail: ermelenka@rambler.ru

В своем исследовании авторы рассматривают актуальную на данный момент развития высшего образования тему – использование современных цифровых технологий при обучении математике будущих строителей. Авторы предлагают следующие направления современных цифровых технологий в строительстве: поддержка графики; поддержка сметных работ; поддержка информационного моделирования; поддержка математического моделирования. Более подробно рассматривается последнее направление, связанное с решением математических задач в строительной сфере с помощью современных цифровых технологий. В качестве цифрового инструментария в исследовании предлагается использовать программный пакет R-Studio. Удобным средством вычислений в языке R является RStudio. RStudio представляет собой бесплатную интегрированную среду разработки (IDE) для языка R. Благодаря ряду своих особенностей, этот активно развивающийся программный продукт делает работу с языком R очень удобной с точки зрения решаемых в исследовании задач, важной возможностью системы организации расчета основных параметров описательной статистики, а также расчета различных коэффициентов корреляции, критерия Стьюдента и т.д. В качестве примеров авторами рассматриваются задачи на определение коэффициента теплопроводности, стоимости квадратного метра жилья в России. По результатам проведенной работы проводился опрос студентов, который показал перспективность использования предложенных вариантов использования современных цифровых технологий.

Ключевые слова: современные цифровые технологии, математическое моделирование, R Studio

THE USE OF MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES IN SOLVING MATHEMATICAL PROBLEMS OF THE CONSTRUCTION PROFILE

¹Akimova I.V., ²Titova E.I.¹Penza State University, Penza, e-mail: ulrih@list.ru;²Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: ermelenka@rambler.ru

In their study, the authors consider a topic that is currently relevant for the development of higher education – the use of modern digital technologies in teaching mathematics to future builders. The authors propose the following directions of modern digital technologies in construction: support of graphics; support of estimate works; support of information modeling; support of mathematical modeling. The last direction related to the solution of mathematical problems in the construction sector with the help of modern digital technologies is considered in more detail. As a digital tool in the study, it is proposed to use the R-Studio software package. A convenient means of computing in R is RStudio. RStudio is a free integrated development Environment (IDE) for R. Due to a number of its features, this actively developing software product makes working with R very convenient. From the point of view of the tasks solved in the study, it is important to have the capabilities of the system for organizing the calculation of the main parameters of descriptive statistics, as well as the calculation of all three correlation coefficients, the Student's criterion, etc. As examples, the authors consider the tasks of determining the coefficient of thermal conductivity, the cost per square meter of housing in Russia. Based on the results of the work carried out, a survey of students was conducted, which showed the prospects of using the proposed options for using modern digital technologies.

Keywords: modern digital technologies, mathematical modeling, R studio

Использование современных цифровых технологий (СЦТ) находит свое применение во всех сферах образования. Одной из них является строительная отрасль, где при изучении дисциплин естественнонаучного цикла применение СЦТ наиболее актуально. В том числе при решении различных математических задач в подготовке будущих строителей [1–3]. Направлений использования СЦТ можно отметить несколько:

- поддержка графики;
- поддержка сметных работ;

- поддержка информационного моделирования;

- поддержка математического моделирования.

Для поддержки графики цифровые технологии стали использоваться достаточно давно. Еще в 1960-х гг. разрабатываются первые графические устройства (например, SketchPad), создаются первые электронные чертежные машины. А в конце 1970-х гг. была представлена первая система описания здания (Building Description System). В настоящее же время представлено мно-

жество программных продуктов, которые позволяют создавать строительные инженерные чертежи, документацию, реализовывать трехмерную графику и т.д.

Программы, поддерживающие работу со сметами, выполняют автоматизированную сметную оценку проектам, расчет в потребностях в ресурсах и т.д. Примерами таких программ могут выступать Дизайн Интерьера, ГРАНД-Смета, АванСмета, Смета+, WinСмета и т.д.

Следующее направление – информационное моделирование – представлено технологией Building Information Modeling (BIM), которая стала внедряться в США с 2003 г. С помощью BIM технологий могут быть получены виртуальная модель здания, индивидуальные параметры объекта; качественная проектная документация и т.д.

Последнее направление, связанное с решением математических задач в строительной сфере с помощью СЦТ, более подробно освещено в нашем исследовании.

Таким образом, цель исследования – рассмотреть возможности использования СЦТ при решении математических задач для студентов строительных специальностей.

Материалы и методы исследования

В качестве цифрового инструментария в исследовании предлагается использовать программный пакет R-Studio.

R – статистическая система анализа, созданная Россом Ихакой и Робертом Гентлеманом (1996, J. Comput. Граф. Stat., 5: 299–314). R является и языком, и программным обеспечением [4, 5].

Система статистического анализа и визуализации данных R состоит из следующих основных частей:

- языка программирования высокого уровня R, позволяющего одной строкой реализовать различные операции с объектами, векторами, матрицами, списками и т.д.;
- большого набора функций обработки данных, собранных в отдельные так называемые «пакеты»;
- развитой системы поддержки, включающей обновление компонентов среды, интерактивную помощь и различные образовательные ресурсы, предназначенные как для начального изучения R, так и для последующих консультаций по возникающим затруднениям.

Язык R может быть установлен на различных операционных системах, включая Windows, Unix, Linux и Mac OS. Удобным средством вычислений в R является RStudio. RStudio представляет собой бесплатную интегрированную среду разработки (IDE) для R. Благодаря ряду своих особенностей,

этот активно развивающийся программный продукт делает работу с R очень удобной. В сложившейся ситуации использование свободного программного обеспечения особенно актуально и в перспективе использование RStudio может стать альтернативой другим математическим пакетам, в том числе и MS Excel.

С точки зрения решаемых в исследовании задач важной возможностью системы организации расчета основных параметров описательной статистики, а также расчет всех трех коэффициентов корреляции, критерия Стьюдента и т.д.

Математическая обработка данных является главной задачей любого вида деятельности. Она лежит в основе любой технической задачи. Современные цифровые технологии помогают получить быстрый результат любых длительных математических расчетов, получить необходимую точность вычисления [6]. В качестве примера мы взяли одну из математических задач строительной отрасли и применили к ней данную методику использования программного пакета R-Studio.

Пример 1. Определить прямую регрессию, определяющую зависимость коэффициента теплопроводности λ , Вт / (м² · °С) жаростойкого бетона с заполнителем из магнезита от средней температуры нагрева t °С по данным эксперимента, приводимым в табл. 1.

Таблица 1

Данные для выполнения задания

t °С	100	300	600	700	900	110
λ	5,90	5,35	4,78	4,20	3,60	3,00
m	2	3	3	4	4	2

Рассмотрим решение примера в программе RStudio.

Данную таблицу представим в виде csv-файла в ЭТ Excel (рис. 1).

	A	B	C	D	E
1	t	l	m		
2	100	5,9	2		
3	300	5,35	3		
4	600	4,78	3		
5	700	4,2	4		
6	900	3,6	4		
7	110	3	2		
8					
9					

Рис. 1. Вид файла в ЭТ Excel

Затем считаем в программу

```
T<-read.csv2("11.csv", header=TRUE, sep=";", dec = ",");
```

Вид таблицы представлен на рис. 2.

	t	l	m
1	100	5.90	2
2	300	5.35	3
3	600	4.78	3
4	700	4.20	4
5	900	3.60	4
6	110	3.00	2

Рис. 2. Вид данных в R Studio

Вычислим коэффициент корреляции для переменных t и l.

Для вычисления корреляции в RStudio используется команда cor. В нашем случае имеем

```
cor(T$t, T$l)
```

Рассчитанное значение представлено на рис. 3.

```
> T<-read.csv2("11.csv", header=TRUE, sep=";", dec = ",");
> cor(T$t, T$l)
[1] -0.9930041
```

Рис. 3. Результаты вычислений в R Studio

Значение коэффициента корреляции -0.9930041 указывает на сильную связь между переменными.

Далее перейдем к вычислению парной линейной регрессии, для вычисления которой используется функция lm.

```
regF2F1<-lm(formula=T$l ~T$t)
```

Выведем информацию о регрессии (рис. 4).

```
> regF2F1<-lm(formula=T$l ~T$t)
> summary(regF2F1)

call:
lm(formula = T$l ~ T$t)

Residuals:
    1     2     3     4     5     6
-0.07450 -0.04276  0.25985 -0.02927 -0.04753 -0.06579

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.2653753  0.1216743   51.49 8.51e-07 ***
T$t         -0.0029087  0.0001729  -16.82 7.32e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1435 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9861,    Adjusted R-squared:  0.9826
F-statistic: 282.9 on 1 and 4 DF,  p-value: 7.324e-05
```

Рис. 4. Результаты вычислений в R Studio

Multiple R-squared: 0,9861, то есть коэффициент детерминации равен 0,97 – близок к 1. Проверим значимость регрессии $p\text{-value} = 7.324e-05 < 0,1$, следовательно, регрессия значима.

Далее перейдем к описанию полученных коэффициентов регрессии.

$p\text{-value}$ для свободного члена (Intercept) = $8,51e-07 < 0,1$, следовательно, свободный член значим. $p\text{-value}$ для коэффициента при переменной (T\$t) = $7,32e-05 < 0,1$, следовательно, коэффициент при переменной значим. Таким образом, делаем вывод о значимости обоих коэффициентов регрессии.

Уравнение примет вид

$$l = 6.2653753 - 0.0029087t.$$

Для построения графика регрессии воспользуемся командой `abline`.

`abline(regF2F1, col=>red)`

Вид графика представлен на рис. 5.

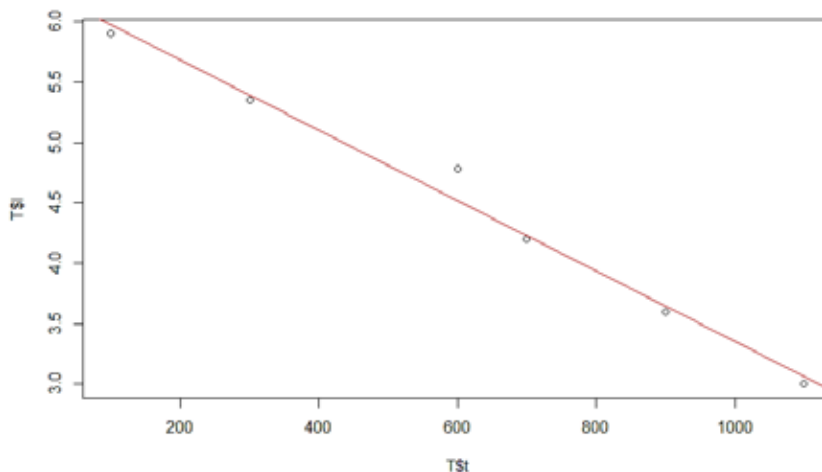


Рис. 5. Вид графика

Также можно найти относительную ошибку аппроксимации MAPE (рис. 6).

```
> accuracy(regF2F1)
      ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE
Training set 1.480331e-16 0.1171521 0.08661824 -0.1393189 1.951416 0.09937083
```

Рис. 6. Вид вычислений

Относительная ошибка аппроксимации равна 1,951416%. Следовательно, полученную регрессию можно использовать для прогнозирования.

Рассмотрим следующий пример.

Пример 2. Проанализируем среднюю стоимость квадратного метра жилья в России за 2017, 2018, 2019 гг.

Вид данных представлен на рис. 7.

Определить вид нелинейной регрессии.

Построим несколько нелинейных регрессий для переменных.

Для начала построим график линейной регрессии, аналогично примеру 1.

Вид полученного графика представлен на рис. 8.

Уравнение примет вид

$$y = 52740,80 + 201,07x.$$

	A	B	C
1	Year	Price	
2	01.01.2017	53166,31	
3	01.02.2017	53164,31	
4	01.03.2017	53170,31	
5	01.04.2017	53155,31	
6	01.05.2017	53576,02	
7	01.06.2017	53574,02	
8	01.07.2017	53575,02	
9	01.08.2017	53580,02	
10	01.09.2017	53148,7	
11	01.10.2017	53149,7	
12	01.11.2017	53147,7	
13	01.12.2017	53148,7	
14	01.01.2018	57006,73	
15	01.02.2018	57000,8	
16	01.03.2018	56990	
17	01.04.2018	57000	
18	01.05.2018	57216,7	
19	01.06.2018	57231,6	
20	01.07.2018	58270,3	
21	01.08.2018	57375,1	
22	01.09.2018	57315,44	
23	01.10.2018	57310,5	
24	01.11.2018	57315,6	
25	01.12.2018	57320	
26	01.01.2019	57527,52	

Рис. 7. Вид данных в ЭТ Excel

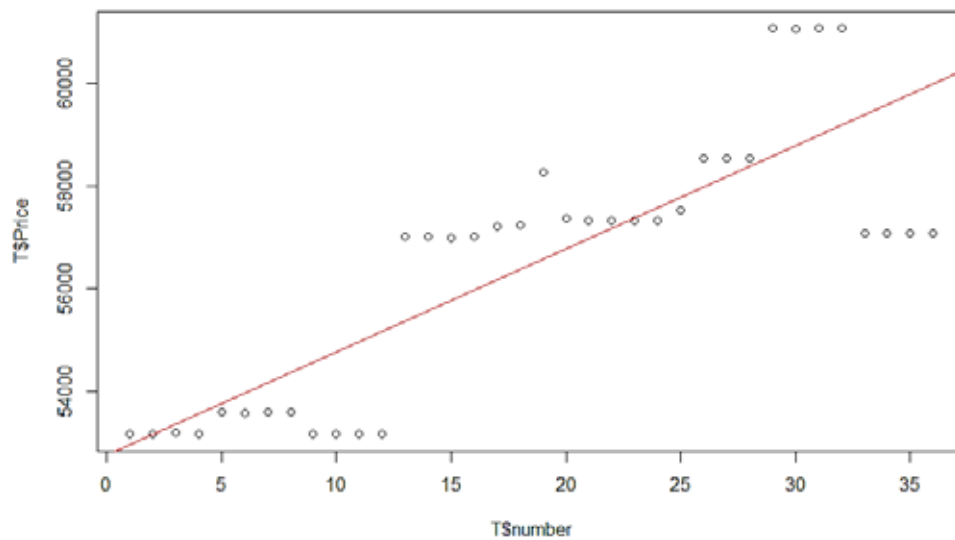


Рис. 8. Вид графика

Вычисления в RStudio выглядят следующим образом (рис. 9).

```
> reg1<-lm(formula=T$Price ~T$number)
> summary(reg1)

Call:
lm(formula = T$Price ~ T$number)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2907.77  -622.28   83.78  1046.01  2496.30

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  52740.80    499.69  105.547 < 2e-16 ***
T$number      201.07     23.55   8.538 5.67e-10 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1468 on 34 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6819,    Adjusted R-squared:  0.6726
F-statistic: 72.89 on 1 and 34 DF,  p-value: 5.675e-10
```

Рис. 9. Вид вычислений

Найдем относительную ошибку аппроксимации MAPE (рис.10).

```
> accuracy(reg1)
           ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE
Training set 2.021593e-13 1426.583 1123.288 -0.06258209 1.970265 0.5324948
```

Рис. 10. Вид вычислений

Вычислим нелинейные регрессии (рис. 11, 12).

$$y = p_1 + p_2 \ln(x) + \varepsilon.$$

```
reg2<-lm(formula=T$Price ~log(T$number))
```

Рис. 11. Вид вычислений

```
> summary(reg2)

Call:
lm(formula = T$Price ~ log(T$number))

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2904.5 -1248.4   38.8   606.7  2948.7

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  50234.5    870.6   57.70 < 2e-16 ***
log(T$number)  2341.6    311.8   7.51 1.02e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1596 on 34 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6239,    Adjusted R-squared:  0.6129
F-statistic: 56.4 on 1 and 34 DF,  p-value: 1.019e-08
```

```
curve(coef(reg2)[1] + coef(reg2)[2]*log(x), add=TRUE, col="green
«)
```

Рис. 12. Вид вычислений

Он примет вид, представленный на рис. 13.

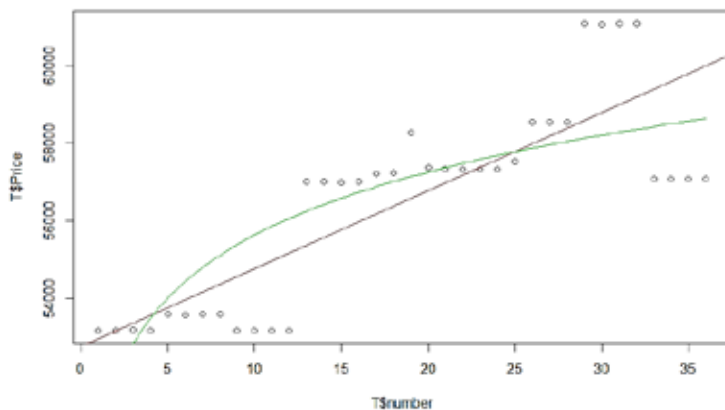


Рис. 13. Вид графика

Найдем относительную ошибку аппроксимации MAPE (рис. 14).

```
> accuracy(reg2)
              ME      RMSE      MAE      MPE      MAPE      MASE
Training set 2.021223e-13 1551.204 1196.822 -0.07355635 2.124936 0.5673534
> |
```

Рис. 14. Вид вычислений

Исследуем регрессию вида $y = p_1 + p_2x + p_3x^2 + p_4x^3$ (рис. 15).

```
> reg3<-nls(T$Price~p1+p2*T$number+p3*T$number^2+p4*T$number^3,data=T,start=list(p1=1000,p2=1000, p3=10, p4=10))
> summary(reg3)

Formula: T$Price ~ p1 + p2 * T$number + p3 * T$number^2 + p4 * T$number^3

Parameters:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
p1 53499.6996   865.7868   61.793 < 2e-16 ***
p2 -236.4728   199.8811   -1.183  0.24550
p3  38.0457    12.4614    3.053  0.00453 **
p4  -0.7947     0.2216   -3.587  0.00110 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1166 on 32 degrees of freedom

Number of iterations to convergence: 1
Achieved convergence tolerance: 1.795e-07
```

Рис. 15. Вид вычислений

Построим график (рис. 16).

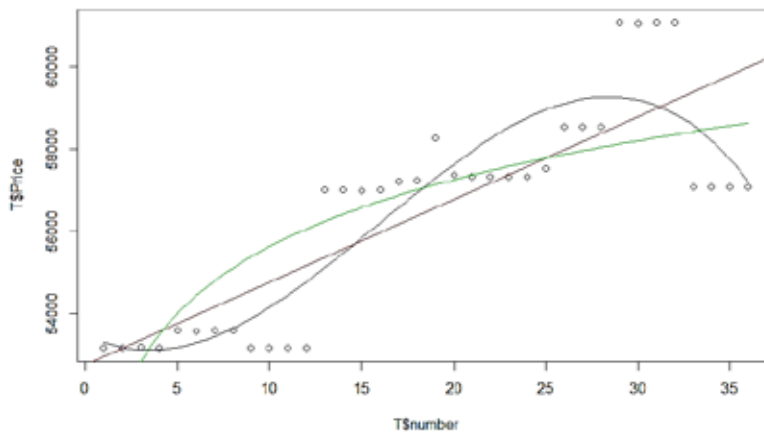


Рис. 16. Вид графика

Таблица 2

Результаты опроса

Варианты	1 курс		2 курс	
	Кол-во	%	Кол-во	%
Использование стандартного математического аппарата	10	50,0%	5	17,9%
Использование стандартного математического аппарата с организацией вычисления с использованием СЦТ	4	20,0%	8	28,6%
Решение полностью с использованием СЦТ	6	30,0%	15	53,6%

Нами был разработан элективный курс «Использование современных цифровых технологий в решении математических задач» для специальностей 07.03.01 Архитектура, 07.03.04 Градостроительство, 08.03.01 Строительство, который в данный момент разрабатывается в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства. Дальнейшие исследования связаны с апробацией данного элективного курса.

Результаты исследования и их обсуждение

В течение 2020–2022 учебного года данная методика была апробирована на занятиях по высшей математике на специальностях 07.03.01 Архитектура, 07.03.04 Градостроительство, 08.03.01 Строительство. Студентам предлагались различные математические задачи строительного профиля. Были предложены следующие варианты решения:

– использование стандартного математического аппарата;

– использование стандартного математического аппарата с организацией вычисления с использованием СЦТ;

– решение полностью с использованием СЦТ.

В результате в конце курса был проведен опрос среди 58 студентов 1 и 2 курса обучения. Результаты опроса представлены ниже (табл. 2).

Как видно из табл. 2, отмечается увеличение процента студентов с 30,0% до 53,6%, которые предпочитают решение задач полностью с использованием СЦТ. В то же время отметим резкое уменьшение процента студентов до 17,9%, которые предпочитают решение задач с использованием стандартного математического аппарата. Таким образом, можно сделать вывод,

что использование СЦТ при решении математических задач обретает популярность, что объясняется теми преимуществами, которые они обеспечивают. Так же очевидно, что дальнейшее использование СЦТ будет более широким. Поэтому требуется методическая работа по разработке адекватного задачного материала.

Заключение

В результате проведенного исследования были отмечены несколько направлений использования СЦТ при решении математических задач при подготовке будущих строителей. Больше внимание в результате было уделено направлению, связанному с решением математических задач в строительной сфере с помощью СЦТ. В качестве информационного инструментария была выбрана программная среда R-Studio.

Список литературы

1. Асташов А.М., Ошкина Л.М. Роль информационных технологий проектирования в реформировании инженерно-строительного образования // Интеграция образования. 2014. № 4 (77). С. 116–123.
2. Перцева А.Е., Волкова А.А., Хижняк Н.С., Астафьева Н.С. Особенности внедрения BIM-технологии в отечественные организации // Наукоедение. 2017. Т. 9. № 6. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/58EVN617.pdf> (дата обращения: 11.05.2022).
3. Шевко Н.Р. Применение IT-технологий в строительстве: сегодня и завтра // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 11. С. 319–321.
4. Загвязинский В.И., Атаханов Р. Методология и методы психолого-педагогического исследования: учебное пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 208 с.
5. Мاستицкий С.Э., Шитиков В.К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. М.: ДМК Пресс, 2015. 496 с.
6. Шевко Н.Р. Применение IT-технологий в строительстве: сегодня и завтра // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 11. С. 319–321.

УДК 378.22

ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРЫ К ПРОФИЛАКТИКЕ КОНФЛИКТОВ СРЕДИ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ ИНКЛЮЗИВНЫХ КЛАССОВ

¹Алпатова Н.С., ²Фуреева Е.П.¹НОУ ВО «Московский социально-педагогический институт», Москва, e-mail: alpatova.ns@mail.ru;²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный социально-педагогический университет»,
Волгоград, e-mail: fura54@mail.ru

В статье раскрывается аспект подготовки будущих специалистов образовательной сферы к деятельности по профилактике конфликтов среди младших школьников инклюзивных классов. Дано обоснование необходимости подготовки специалистов, способных к продуктивному сотрудничеству в области специального образования, обладающих способностью решать конфликтные ситуации, возникающие между детьми инклюзивных классов. Представлено описание опытно-экспериментального исследования вопроса профессиональной подготовки будущих педагогов-дефектологов и учителей-логопедов к профилактике конфликтов и решению конфликтных ситуаций между младшими школьниками инклюзивных классов. Сформулирована цель исследования как теоретическое обоснование и экспериментальное исследование возможностей подготовки будущих специалистов к профилактике конфликтных ситуаций между учениками инклюзивных классов. Представлены результаты диагностического исследования, направленного на определение уровня сформированности компонентов профессиональной подготовки педагогов-дефектологов и логопедов к профилактике конфликтов младших школьников в инклюзивных классах, а также на выявление предрасположенности студентов к конфликтному поведению. Выявлены стратегии поведения обучающихся в решении конфликтных ситуаций, проанализированы умения и навыки сотрудничества студентов с детьми с ограниченными возможностями здоровья. Приведены примеры интерактивных методов, которые позволили сформировать у студентов необходимые качества, позволяющие решать вопросы межличностных взаимоотношений в детском коллективе. На формирующем этапе проведены лекции, деловые игры, способствующие формированию у студентов навыков сотрудничества с детьми и профилактики конфликтных ситуаций в детском коллективе. Подобранные методы позволили сформировать у студентов чувство коллективизма, сотрудничества, уважения друг к другу, доброжелательность, понимание актуальности проводимого исследования. На заключительном этапе экспериментальной работы проведена контрольная диагностика, показавшая положительную динамику по всем показателям.

Ключевые слова: подготовка будущих специалистов, профилактика конфликтов, младшие школьники инклюзивных классов

TRAINING OF FUTURE SPECIALISTS-TEACHERS ON CONFLICT PREVENTION AMONG PRIMARY SCHOOLCHILDREN OF INCLUSIVE CLASSES

¹Alpatova N.S., ²Fureeva E.P.¹Moscow Social and Pedagogical Institute, Moscow, e-mail: alpatova.ns@mail.ru;²Volgograd State Socio-Pedagogical University, Volgograd, e-mail: fura54@mail.ru

The article reveals the aspect of preparing future specialists in the educational sphere for conflict prevention activities among primary schoolchildren in inclusive classes. The rationale is given for the need to train specialists capable of productive cooperation in the field of special education, with the ability to resolve conflict situations that arise between children of inclusive classes. A description of an experimental study of the issue of professional training of future teachers-defectologists and speech therapists for the prevention of conflicts and the solution of conflict situations between younger schoolchildren of inclusive classes is presented. The purpose of the study is formulated as a theoretical substantiation and experimental study of the possibilities of preparing future specialists for the prevention of conflict situations between students in inclusive classes. The results of a diagnostic study aimed at determining the level of formation of the components of professional training of teachers-defectologists and speech therapists for the prevention of conflicts of junior schoolchildren in inclusive classes, as well as identifying students' predisposition to conflict behavior are presented. Strategies of behavior of students in solving conflict situations are revealed, skills and abilities of cooperation of students with children with disabilities are analyzed. Examples of interactive methods are given, which made it possible to form in students the necessary qualities that allow solving issues of interpersonal relationships in a children's team. At the formative stage, lectures and business games were held, which contributed to the formation of students' skills of cooperation with children and the prevention of conflict situations in the children's team. The selected methods allowed students to form a sense of collectivism, cooperation, respect for each other, goodwill, and an understanding of the relevance of the study. At the final stage of the experimental work, a control diagnostics was carried out, which showed a positive trend in all indicators.

Keywords: training of future specialists, conflict prevention, junior schoolchildren of inclusive classes

Современный этап общественного развития в России характеризуется стремительным ростом спроса на квалифицированные кадры для системы образования. На сегодняшний день возникла необходимость подготовки конкурентоспособных специалистов, обладающих высокой поведенческой культурой, способных к продуктивному сотрудничеству и взаимодействию с другими, эффективной коммуникации и конструктивному разрешению конфликтных ситуаций, достижению поставленных целей в быстро меняющихся ситуациях.

Социально-экономические и социокультурные условия современного общества способствуют повышению уровня напряженности, формированию конфликтности, интолерантности [1–3]. В этой связи осуществляется всестороннее изучение конфликтов в школе среди учащихся, конфликтологической компетентности профессорско-преподавательского состава, путей предупреждения и преодоления конфликтов (А.Я. Анцупов, В.М. Афонькова, Е.Н. Богданов, В.Г. Зазыкин, Н.В. Гришина, И.В. Журавлев, О.А. Иванова, М.М. Рыбакова, Н.В. Самоукина, А.С. Чернышев, Т.А. Чистякова, Н.Е. Щуркова и др.). В трудах отечественных исследователей (Т.Б. Беляева, Ф.М. Борадкин, О.И. Денисов, А.И. Донцов, А.А. Кузьмина, Н.В. Кудрявцев, М.И. Леонов, Е.И. Степанов, И.Н. Чуриков, А.И. Шпилов, О.И. Щербакова и др.) отражены особенности подготовки обучающихся вуза к разрешению конфликтов в педагогическом процессе.

Несмотря на значительное количество научных трудов в этой области, наблюдается тенденция роста конфликтных ситуаций в педагогической среде, что в немалой степени связано с отсутствием должной подготовки специалистов [4]. С целью организации эффективного бесконфликтного взаимодействия всех участников образовательного процесса возникает необходимость в овладении теоретическими знаниями и практическими навыками поведения в конфликтных ситуациях [5, 6]. В связи с этим актуализируется потребность целенаправленной подготовки будущих педагогов-дефектологов и учителей-логопедов к профилактике конфликтов среди младших школьников инклюзивных классов.

Цель исследования – теоретическое обоснование и экспериментальное исследование возможностей профессиональной подготовки будущих специалистов к профилактике конфликтов младших школьников инклюзивных классов в образовательной среде.

Материалы и методы исследования

В проведенном экспериментальном исследовании принимали участие 87 обучающихся вторых курсов по направлению 44.03.03 Специальное (дефектологическое) образование педагогических вузов (НОУ ВО «МСПИ», ФГБОУ ВО «ВГСПУ»).

В данной научной работе мы применили такие диагностические методы исследования, как наблюдение, анкетирование, тестирование, и использовали методику К. Томаса для определения предрасположенности личности к конфликтному поведению.

Результаты исследования и их обсуждение

В структуре системы подготовки будущих специалистов к профилактике конфликтов среди младших школьников инклюзивных классов выделены три компонента: когнитивный, мотивационный и операционно-исполнительский. Так, *когнитивный* компонент характеризуется необходимым объемом знаний о причинах возникновения конфликтов, методах и приемах диагностики конфликтной ситуации, способах коррекции и разрешения конфликтов, об особенностях развития детей с ОВЗ. *Мотивационный* компонент представлен системой личностных мотивов, определяющих поведение специалиста и проявление его личностных качеств, а также умение принимать особенности детей с ОВЗ, желание сотрудничать с ними. *Операционно-исполнительский* компонент включает в себя систему специфических педагогических умений: разрешать и предупреждать конфликт, анализировать природу конфликтов, общаться и взаимодействовать с детьми с ОВЗ и осуществлять профессиональную деятельность в условиях инклюзивного образования.

Для изучения когнитивного компонента профессиональной подготовки обучающихся к профилактике конфликтов младших школьников инклюзивных классов в условиях общеобразовательной школы мы провели тестирование. Тест содержал 16 вопросов, на которые студентам нужно было ответить, выбрав наиболее подходящий для них вариант.

По результатам проведенного тестирования было выявлено, что у большей части испытуемых (49 чел.; 56%) когнитивный компонент профессиональной подготовки к профилактике конфликтов находится на среднем уровне. Это означает, что студенты владеют недостаточным объемом знаний о конфликтах, их профилактике и особенностях развития детей с ОВЗ. Высокий уровень был выявлен у 20 студентов (23%),

такие студенты имеют четкие представления и достаточный объем знаний по данной теме. Низкий уровень выявлен у 18 студентов (21%). Допущенные ими ошибки относились к таким вопросам, как: «выберите вариант ответа, описывающий конкуренцию как стратегию поведения в конфликтной ситуации», «профилактика конфликтов – это...», «конфликтная ситуация – это...», «назовите категории детей с ОВЗ».

Для изучения мотивационного компонента мы провели анкетирование с целью выявления личностных качеств, таких как агрессивность и враждебность, а также желание сотрудничать с детьми с ОВЗ и способность принимать их, осуществлять профессиональную деятельность в условиях инклюзивного образования. На основе диагностики К. Томаса были определены стили поведения обучающихся в конфликтной ситуации, их адаптационные и коммуникативные особенности.

Полученные результаты свидетельствуют, что большинство студентов (57%) имеют средний уровень агрессивности и враждебности. У 14 студентов (16%) низкий уровень агрессивности и враждебности. У 23 студентов (26%) высокий уровень агрессивности и враждебности: представители такого уровня конфликтны и не способны на сознательную кооперацию. Таким образом, можно сделать вывод о том, что показатели сформированности мотивационного компонента у студентов преимущественно выражены на среднем уровне.

Кроме того, результаты диагностики по методике К. Томаса свидетельствуют, что для 15 студентов (17%) характерна такая стратегия поведения, как избегание, при которой обучающиеся не способны отстаивать свое мнение, не готовы к сотрудничеству и часто уклоняются от решения конфликта, перекладывая ответственность на другого человека. У 10 (11%) студентов выявлен стиль соперничества. Такие студенты отличаются активностью и предпочитают ни с кем не сотрудничать при решении конфликта, стараются удовлетворить свои интересы в ущерб интересам других. По нашему убеждению, такие стратегии поведения неприемлемы для будущих педагогов-дефектологов и логопедов. Для 25 респондентов (29%) характерно приспособление – это совместные действия с другим человеком без попытки отстаивать свой интерес. Этот стиль уступок, по нашему мнению, не является продуктивным при разрешении конфликтов, так как иногда необходимо изменить мнение партнера по общению для решения его же проблемы. 17 респондентов (20%) при решении кон-

фликтных ситуаций прибегают к компромиссу. Для этого стиля характерны уступки с обеих сторон для удовлетворения интересов. На наш взгляд, достижение этого уровня говорит о попытке найти более эффективные стратегии поведения.

Использование стратегии сотрудничества характерно для 20 студентов (23%), которые активно участвуют в разрешении конфликта и отстаивают свои интересы, но стараются при этом сотрудничать с другим человеком. Этот стиль характеризуется обсуждением забот и интересов обеих сторон, в ходе которого выявляются причины конфликта и идет поиск совместных путей решения. Стиль сотрудничества наиболее эффективен в сложных конфликтных ситуациях.

Обобщив полученные результаты, выявили уровневые показатели сформированности мотивационного компонента профессиональной подготовки педагогов-дефектологов и логопедов к профилактике конфликтов младших школьников в инклюзивных классах: высокий – 17 чел. (20%), средний – 46 чел. (53%), низкий – 24 чел. (27%).

Для изучения операционно-исполнительского компонента мы провели исследование, выявляя личный опыт студентов и стратегию их поведения в конфликтных ситуациях, а также в предотвращении конфликтов, используя анкетирование и анализ ситуаций. В ходе проведенного анкетирования было выявлено, что большинство студентов (67 чел.; 77%) на вопрос «Как Вы считаете, что такое конфликтная ситуация?» ответили, точно отражая сущность научного понятия. Остальные студенты (20 чел.; 23%) ответили, опираясь на свои собственные знания о конфликтах, имея поверхностные представления. На вопрос «Приходилось ли Вам попадать в конфликтную ситуацию?» все обучающиеся (100%) ответили утвердительно. Соответственно, каждый студент уже имеет субъективный опыт переживания конфликтной ситуации и опыт поиска решения выхода из конфликта. На вопрос «С какими людьми Вы чаще всего конфликтуете? Почему?» треть студентов (36%) ответили, конкретно указывая, с какими людьми чаще всего конфликтуют. Некоторые обучающиеся (28%) ответили, что в большей степени конфликтуют с теми людьми, которые не понимают их, пытаются навязать свое мнение. 6 респондентов (7%) обобщенно ответили на вопрос, описывая поведение и причины двух сторон конфликтной ситуации. 26 респондентов (30%) ответили, что чаще всего конфликтуют с такими людьми, которые обманывают. Это значит, что данные сту-

денты обобщенно описали, с какими людьми им приходилось конфликтовать, обвиняя одну конфликтную сторону. На вопрос «Что чаще всего является для Вас причиной конфликта?» некоторые студенты (16%) ответили, описывая конкретную причину конфликта. Это означает, что обучающиеся понимают, что действительно является для них причиной конфликта. 62 студента (71%) ответили, что чаще всего причиной являются разногласия во мнениях. 11 респондентов (12%) ответили обобщенно, не указывая конкретную причину. Это означает, что в зависимости от конфликтной ситуации обучающиеся не могут установить ту или иную причину. Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод о том, что студенты имеют личный опыт переживания конфликтной ситуации и её предотвращения. Анализ ответов обучающихся на вопрос «Как Вы обычно ведете себя в конфликтной ситуации?» позволил выявить преобладающий стиль поведения в конфликтах. Так, большая часть студентов (43 чел.; 49%) проявляют компромиссный стиль решения конфликтов. Это означает, что конфликтные стороны пытаются урегулировать разногласия путем взаимных уступок. У 22 студентов (25%) был выявлен демократический стиль решения конфликтов: придерживаются своего мнения, но считают, что всегда можно договориться. У 6 студентов (7%) преобладает жесткий тип решения конфликтов: до последнего отстаивают свою точку зрения, защищая свою позицию. У некоторых обучающихся (11%) было выявлено смешение двух стилей решения конфликтов, это демократический и компромиссный стиль. Такие респонденты считают, что всегда можно найти альтернативу, пытаются урегулировать разногласия. У 5% студентов было выявлено смешение демократического и жесткого типов решения конфликтов. Это означает, что они всегда до последнего отстаивают свою точку зрения, защищая свою позицию, но в то же время могут договориться и попытаться предложить альтернативу. Демократический, компромиссный стиль и жесткий тип решения конфликтов проявились одновременно у нескольких студентов (2%). Это означает, что они пытаются урегулировать разногласия, предложить альтернативу, но также могут отстаивать свою точку зрения, жестко защищая свою позицию.

Кроме того, было выявлено, что менее половины обучающихся (24 чел.; 27%) имели успешный опыт общения и взаимодействия с детьми с ОВЗ. Большая часть студентов такого опыта не имела, либо испытывала чувство неловкости, дискомфорта в процессе общения с «особенными» детьми.

После анкетирования студентам был предложен разбор конфликтных ситуаций, которые произошли в школе между учащимися и учителем, между нормотипичными детьми и детьми с ОВЗ. Студентам предлагалось ответить на вопросы: «Как должен вести себя специалист в ситуации конфликта?» и «Как бы Вы повели себя в конфликтной ситуации, если бы Вы были педагогом-дефектологом этой школы?» В ходе проведенного исследования было выявлено, что студенты имеют представление того, что для предотвращения конфликтной ситуации нужно доброжелательно попросить обосновать свои претензии, после чего прийти к общему мнению, выбрав оптимальный способ разрешения конфликта.

В результате анализа полученных данных мы выделили умения и навыки, развитые у будущих специалистов в большей степени, и умения и навыки, которыми студенты обладают в наименьшей степени. Наиболее развитыми умениями оказались: умение логично и проблемно излагать материал, умение быть тактичным и корректным с коллективом, умение доказывать суждения, умение принимать особенности детей с ОВЗ. Такие умения, как умение сотрудничать с детьми с ОВЗ, владеть голосом и мимикой, умение слушать, умение анализировать конкретные ситуации и переносить знания и умения в новые ситуации, у студентов выражены в наименьшей степени.

Обобщив полученные результаты, выявили следующие уровни сформированности операционно-исполнительского компонента профессиональной подготовки педагогов-дефектологов к профилактике конфликтов младших школьников инклюзивных классов: высокий выявлен у 23% респондентов, средний – у 56%, низкий – у 21%.

По результатам проведенного констатирующего эксперимента мы разработали комплекс мероприятий по организации процесса профессиональной подготовки будущих специалистов к профилактике конфликтов младших школьников в инклюзивных классах в соответствии с ранее выделенными компонентами.

Для формирования когнитивного компонента мы включили в лекционные занятия теоретический блок знаний о конфликте, его видах, этапах развития и способах предупреждения, стратегиях и видах эффективного общения как основы предупреждения конфликтов, а также знаний об особенностях развития и взаимодействия с детьми с ОВЗ. При этом использовались интерактивные формы обучения, направленные на обсуждение имеющихся у студентов представлений с целью осознания ими зна-

чимости данного вопроса. В ходе дискуссии осуществлялось осмысление проблемы конфликтов, студенты отвечали, опираясь на свой личный опыт, достаточно глубоко осознавая важность знаний о конфликтах и их профилактике в своей профессиональной деятельности.

Работа над мотивационным компонентом в профессиональной подготовке будущих специалистов к профилактике конфликтов младших школьников инклюзивных классов предполагала включение в образовательный процесс интерактивных, игровых методов обучения, тренингов эффективного общения, анализ конфликтных ситуаций, а также вовлечение студентов в практическую деятельность по разрешению и предупреждению конфликтов.

Для работы над операционно-исполнительским компонентом профессиональной подготовки будущих педагогов-дефектологов и логопедов к профилактике конфликтов младших школьников в инклюзивных классах в условиях общеобразовательной школы были проведены занятия, на которых студенты совершенствовали знания и отработывали навыки эффективного взаимодействия с детьми. Реализация содержания подготовки обучающихся осуществлялась при помощи интерактивных методов обучения, метода анализа жизненных ситуаций, игровых методов (ролевые, деловые и дидактические игры). Например, ролевая игра «Поведение в конфликте». Цель игры: формирование доброжелательных межличностных взаимоотношений в коллективе; формирование умения определять признаки конфликтной ситуации; выработка навыков разрешения конфликта путем совместного принятия решения, создание альтернативного пути разрешения конфликтов.

Дидактические игры «Фрустрирующие ситуации», «Оценка глубины конфликта», «Искусство критики» и др. проводились с целью обогащения студентов знаниями о видах поведения в конфликте, адекватных стилях поведения в конфликте и способах их разрешения, о технологиях эффективного общения и рационального поведения в конфликте. С помощью деловых игр и кейсов осуществлялось моделирование реальных ситуаций, взятых из педагогической практики, в которых студентам требовалось конструктивно разрешить конфликт между участниками образовательного процесса. Занятия, организованные с использованием интерактивных методов обучения, способствовали формированию навыков сотрудничества с детьми с ОВЗ и умению осуществлять профессиональную деятельность с данной категорией детей в условиях инклюзии.

Следует отметить, что в процессе занятий студенты относились к различного рода заданиям с интересом, манера общения между участниками была тактичной и доброжелательной. При возникновении конфликтных ситуаций, студенты старались решать их вместе, сотрудничая друг с другом. Использовались удачные согласования и принятия решений, учитывалось мнение каждого игрока. Интерактивные методы позволили сформировать у студентов такие качества, как чувство коллективизма, сотрудничество, уважение друг к другу, что является неотъемлемым в доброжелательных межличностных взаимоотношениях в коллективе.

Заключение

На заключительном этапе проводилась контрольная диагностика с целью определения эффективности проведенной нами работы. Сравнительный анализ показателей, полученных в результате проведения констатирующего и контрольного этапов эксперимента, показал, что проделанная нами работа демонстрирует положительную динамику по всем показателям. Наблюдаются изменения в поведении будущих специалистов, а именно в умении предотвращать конфликтные ситуации, общаться и взаимодействовать с детьми с ОВЗ, готовность осуществлять профессиональную деятельность в условиях инклюзивного образования. Кроме того, заметно возросла степень уверенности и самостоятельности будущих педагогов-дефектологов и логопедов в процессе разрешения конфликтных ситуаций, произошло теоретическое переосмысление самого явления «конфликт» и «профилактика конфликтов» младших школьников в инклюзивных классах. Полученные данные свидетельствуют об эффективности проведенной работы.

Таким образом, с целью обеспечения наиболее эффективного протекания процесса подготовки будущих специалистов профессиональную подготовку следует рассматривать как процесс и результат формирования готовности к осуществлению профессиональной деятельности в условиях инклюзии; при организации образовательного процесса следует опираться на такие компоненты профессиональной подготовки будущих специалистов, как когнитивный, мотивационный и операционно-исполнительский; в образовательном процессе важно совмещать теоретическое обучение и практическую деятельность студентов для повышения их конфликтологической грамотности, навыков эффективного общения и взаимодействия всех участников образовательного процесса.

Список литературы

1. Анцупов А.Я., Шипилов А.И. Конфликтология: учебник для вузов. 7-е изд. СПб.: Издательство «Питер», 2020. 560 с.
2. Анцупов А.Я. Профилактика конфликтов в школьном коллективе: учебное пособие. М.: КноРус, 2020. 216 с.
3. Казначеев В.А. Педагогические особенности профилактики межличностных конфликтов, возникающих в образовательной среде студентов // Вестник Самарского юридического института. 2020. № 5 (41). С. 93–96.
4. Чуриков И.Н. Организационно-педагогические условия предупреждения конфликтов в современном вузе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2010. 30 с.
5. Алпатова Н.С., Федосеева Е.С., Фролова С.В. Психолого-педагогические условия эффективного взаимодействия основных субъектов образовательного процесса в инклюзивных классах // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 2. С. 181–186. DOI: 10.17513/snt.39055.
6. Щербакова О.И. Психология конфликтологической культуры личности специалиста: формирование в контекстной образовательной среде: автореф. дис. ... докт. психол. наук. Москва, 2011. 46 с.

УДК 378.1

**РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ
МАГИСТРОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ****Бочков Д.В., Михеева Е.В., Горбачева Е.С.***ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный педагогический университет», Оренбург,
e-mail: dionisoren@mail.ru*

В современных условиях информатизации всех сфер жизнедеятельности человека главными ценностями становятся знания и информация, которые формируют информационную среду нашего жизненного пространства. Основные особенности информационной среды заключаются в ее быстрой изменчивости и низкой контролируемости роста информационных объемов, что оказывает серьезное влияние на жизнь людей, их сознание и поведение, особенно на подрастающее поколение. Соответственно, возрастает значение и необходимость развития информационной компетентности педагогических работников различных звеньев системы образования, в развитии которой большая роль принадлежит системе высшего образования. В статье рассматривается проблема развития информационной компетентности студентов магистратуры педагогического направления, обучающихся по программе «Методическая работа в дошкольном образовании». В статье выделены некоторые аспекты подготовки магистров педагогического образования в условиях информационно-образовательной среды педагогического университета. Целью исследования является определение возможных направлений работы, способствующих развитию информационной компетентности студентов магистратуры, обучающихся по программе «Методическая работа в дошкольном образовании». Авторами представлен опыт реализации в образовательном процессе информационно-коммуникационных технологий с обучающимися направления педагогического образования по магистерской программе на примере освоения темы «Планирование образовательного процесса в ДОО» в рамках дисциплины «Система методической работы в дошкольной образовательной организации». Обосновывается, что применение в образовательной работе информационно-коммуникационных технологий обеспечивает дополнение традиционных занятий интерактивными компонентами.

Ключевые слова: компетентность, информационная компетентность, магистратура, методическая работа, дошкольное образование

**DEVELOPMENT OF INFORMATION COMPETENCE
OF MASTER OF PEDAGOGICAL EDUCATION****Bochkov D.V., Mikheeva E.V., Gorbacheva E.S.***Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, e-mail: dionisoren@mail.ru*

In modern conditions of informatization of all spheres of human life, knowledge and information become the main values. They form the information environment of our living space. The main features of the information environment are its rapid variability and low controllability of the growth of information volumes. This has a serious impact on people's lives, their consciousness and behavior, especially on the younger generation. In this regard, there is a significant role for the information competence of teachers in various parts of the education system, in the development of which a large role belongs to the higher education system. The article deals with the problem of developing the information competence of students of the master's program in pedagogy. They study under the program «Methodological work in preschool education». The article highlights some aspects of the training of future teachers in the information and educational environment of the Pedagogical University. The purpose of the study is to identify possible areas of work that contribute to the development of information competence of master's students enrolled in the program «Methodological work in preschool education». The authors present the experience of using information and communication technologies in working with students in the master's program. An example of the topic «Planning the educational process in a preschool educational institution» within the framework of the discipline «The system of methodological work in a preschool educational organization» is presented. It is substantiated that the use of information and communication technologies makes it possible to supplement traditional classes with interactive components.

Keywords: competence, information competence, magistracy, methodical work, preschool education

В «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» отмечается, что формирование информационного пространства знаний осуществляется путем развития науки, реализации образовательных и просветительских проектов и т.п., что использование и развитие различных образовательных технологий, в том числе дистанционных, электронного обучения при реализации образовательных программ способствует обеспечению информационного пространства знаний. Все это диктует новые требования к современному

педагогу, который должен обладать знаниями, умениями и навыками в области реализации в образовательном процессе с обучающимися любого уровня информационных технологий, должен уметь строить информационную образовательную среду для обучающихся, понимать принципы обеспечения безопасности обучающихся в информационном пространстве [1].

Обозначенные аспекты нашли отражение в современных новых и обновленных нормативных документах, регламентирующих деятельность как всей системы об-

разования в целом, так и каждого отдельно-го педагога.

Стандартизация образования диктует требование относительно того, что эффективное использование информационно-образовательной среды предполагает компетентность сотрудников образовательного учреждения в решении профессиональных задач с применением ИКТ (далее – информационные и коммуникационные технологии), а функционирование информационно-образовательной среды должно соответствовать законодательству Российской Федерации. Согласно профессиональному стандарту педагога в трудовую функцию входит обеспечение образовательного процесса средствами информационно-коммуникационных технологий. Значимыми и необходимыми для педагога с точки зрения профстандарта выступают владение общепользовательской, общепедагогической и предметно-педагогической компетентностями.

Актуальность данной работы связана с противоречием между задачами информатизации образования и тем, что многие педагогические работники не готовы к нововведениям в данной сфере. Основная задача высшего образования и обеспечения инновационного процесса заключается в создании такой системы образования, которая позволила бы обучающемуся в достаточной мере овладеть основами информатизации образования [2].

Цель исследования – определить возможные направления работы, способствующие развитию информационной компетентности студентов магистратуры, обучающихся по программе «Методическая работа в дошкольном образовании».

Материалы и методы исследования

В данной статье использованы исключительно теоретические методы анализа фактической информации, обобщения, наблюдения, изучения документации.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время все больше распространяются информационные механизмы в различных направлениях жизнедеятельности современного человека и общества, в том числе и в сфере образования. Отмечаются активные процессы информатизации образования, которые делают доступными для современного образовательного процесса большое количество функций, не применявшихся ранее. Эффективное использование информационно-образовательной среды предполагает компетентность сотрудников организации, осуществляющей

образовательную деятельность, в решении профессиональных задач с применением информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) [3, 4].

Актуальные проблемы информатизации образования исследуются в работах А.А. Андреевой, О.В. Башариной, А.И. Башмакова, Т.В. Беловой, Т.А. Бороненко, Е.Л. Вартановой, Е.А. Дьяковой, М.Н. Каурцева, Н.Ш. Козловой, Е.А. Паниной, Т.В. Панковой, И.В. Роберт, Р.М. Сафуанова, Б.Е. Стариченко, А.Ю. Уварова. Общие педагогические вопросы развития информационной компетентности обучающихся организаций высшего образования нашли отражение в работах С.И. Архангельского, А.И. Берг, Б.С. Гершунского, А.П. Ершова, А.А. Кузнецова, М.П. Лапчика, В.С. Леднева, Е.М. Машбица, Н.Ф. Талызиной, С.И. Шварцбурда.

Отражается необходимость развития информационной компетентности педагогов и в нормативных документах. Так, в приказе Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 октября 2013 г. № 544н «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)»» подчеркивается положение о необходимости формирования навыков, связанных с информационно-коммуникационными технологиями. Современный педагог, в том числе педагог дошкольного образования, обязан применять современные технические средства обучения и образовательные технологии, а при необходимости осуществлять электронное обучение, использовать дистанционные образовательные технологии, информационно-коммуникационные технологии, электронные образовательные и информационные ресурсы, с учетом специфики образовательных программ, требований федерального государственного образовательного стандарта [5].

Освоение программы магистратуры позволяет развивать у обучающихся столь необходимую в современном образовательном пространстве информационную компетентность.

В научной работе Э.Ф. Насырова и А.А. Данилов дают следующее определение: «информационная компетентность – это интегративная характеристика личностных качеств индивидуума, способного за счет актуализации приобретенного социокультурного опыта сквозь призму своей профессиональной деятельности на основе возможностей современных технических средств в условиях ценностно-смыслового существования в едином мировом сообществе корректно выстраивать деловое обще-

ние в соответствии с используемым языком и творчески воспроизводить и моделировать новые объекты и процессы глобально-информационного пространства» [6].

В нашем научном исследовании под информационной компетентностью магистра педагогического образования мы понимаем его уверенное владение всеми составляющими информационной грамотности: умение осознанно определять свои информационные потребности, находить разнообразные источники информации, определять их локацию и надежность; анализировать информацию на предмет качества найденного контента; обеспечить рациональное хранение необходимой информации; использовать информацию в соответствии с действующими в обществе нормами и правилами; создавать новую информацию, презентовать ее и обмениваться ею с помощью различных информационных каналов [7, 8].

Актуализацию и развитие информационной компетентности магистра педагогического образования мы рассматриваем как необходимое условие современного образовательного процесса для освоения программы магистратуры. Внедрение ИКТ позволяет дополнять традиционные занятия интерактивными компонентами.

В рамках нашего исследования структурным подразделением, реализующим программу магистратуры «Методическая работа в дошкольном образовании», является Институт непрерывного образования Оренбургского государственного педагогического университета (ИНО ОГПУ, Институт).

В Институте используется система дистанционного обучения ФГБОУ ВО ОГПУ «ЭИОС», технологии электронного обучения на платформе электронного обучения Moodle, различные методы доведения учебной информации до обучающихся (аудио-, видеотрансляции, аудио-, видеоконференции, интернет-конференции, интернет-трансляции, smart-технологии). Имеются в наличии три стационарных и два мобильных компьютерных класса. Есть возможность для аналитики обучения, т.е. анализа данных по образовательному процессу. Профессорско-преподавательский состав ИНО ОГПУ обладает достаточным уровнем информационной компетентности для эффективной работы в данном направлении.

Полученный в ходе исследования анализ показывает наличие слабых сторон организации образовательного процесса в цифровой среде, которые заключаются в том, что, несмотря на осознание и положительное отношение со стороны руководства ОГПУ к развитию информационной

компетентности обучающихся, на сегодняшний день отсутствуют четкие методики использования всех возможностей ИКТ в образовательном процессе, в частности в системе оценки, недостаточно развита информационная образовательная среда.

Также анализ показал, что в ИНО ОГПУ имеются некоторые проблемы с ресурсной обеспеченностью процесса развития информационной компетентности обучающихся:

Нормативно-правовой ресурс: недостаточность нормативно-правовой базы информатизации образовательного процесса.

Мотивационный ресурс: отсутствие поощрения профессорско-преподавательского состава при реализации ИКТ в образовательном процессе.

Кадровый ресурс: недостаточность программ внутрифирменного повышения квалификации по проблеме создания и использования преподавателями возможностей информационной образовательной среды.

Научный методический ресурс: отсутствие методических рекомендаций по созданию и использованию преподавателями информационной образовательной среды.

Финансовый ресурс: в связи с переходом на эффективный контракт при разработке критериев для начисления баллов не был внесен критерий, связанный с разработкой созданием и использованием преподавателями информационной образовательной среды в образовательном процессе.

Информационный ресурс: отсутствие информирования профессорско-преподавательского состава о возможностях информационных образовательных порталов.

Материально-технический ресурс: техническая оснащенность и программное обеспечение нуждаются в обновлении.

Однако мы выявили, что при имеющихся ресурсах идея информатизации образовательного процесса вполне реальная для реализации: материально-техническая база, хоть и нуждается в обновлении, но тем не менее способна обеспечить применение ИКТ в обучении студентов. Кадровый ресурс также подготовлен к данной деятельности на достаточном уровне.

Рассмотрим организацию работы с магистрами педагогического образования, способствующей развитию их информационной компетентности, на примере реализации в образовательном процессе мультимедийных технологий. Использование информационных технологий в виде мультимедийного сопровождения при подаче учебного материала представляет собой особую значимость, так как способствует вариативному применению различных форм презентации, обеспечивает их разно-

бразии и оптимальное сочетание, позволяет активизировать обучающихся в учебно-познавательной деятельности, дает возможность выстроить «двустороннюю связь» между студентами и преподавателем, на основе которой при необходимости осуществляется коррекция того или иного учебного материала. То есть мультимедиа свойственны качества мобильности, интерактивности, гибкости и интеграции различных типов учебной информации, возможность учитывать индивидуальные особенности студентов и возможность повышать их мотивацию. Все это делает мультимедиа эффективной образовательной технологией и позволяет большинству преподавателей использовать ее как основу своей деятельности по информатизации образования [9].

На учебных занятиях мультимедиа в основном применяются в следующих формах:

1. Презентация. Использование данной формы достаточно эффективно при изучении новой темы. С помощью презентации легко использовать принцип наглядности, например продемонстрировать динамику каких-либо процессов.

2. Студенческий проект. При подготовке презентации своих результатов самостоятельной работы обучающийся структурирует всю собранную информацию, выстраивает логическую схему подачи материала.

3. Видеозапись лекции. Представляет собой видеозапись лекции, сопровождающуюся учебным материалом. Данный вид мультимедиа используется в технологии перевернутого обучения, то есть освоение нового материала происходит дома, а домашняя работа в виде закрепляющих заданий выполняется в аудитории.

4. Лекция-презентация позволяет сконцентрировать внимание на значимых вопросах излагаемой информации, используя наглядные образы. Основу лекции-презентации составляет предназначенный в последующем для чтения систематизированный текстовый материал, а также схемы, графики, таблицы, формулы и т.д. Лекция-презентация подталкивает к диалогу, активному поведению, что стимулирует начало дискуссий.

Так, например, в целях развития информационной компетентности магистров специальности 44.04.01 Педагогическое образование направленности «Методическая работа в дошкольном образовании» при изучении темы «Планирование образовательного процесса в ДОО» в рамках дисциплины «Система методической работы в дошкольной образовательной организации» была выбрана такая форма проведения занятия, как лекция-визуализация с использованием

мультимедийных технологий, то есть лекция-презентация. Тема «Планирование образовательного процесса в ДОО» обладает следующими особенностями при ее изучении: большой объем информации, материал достаточно сложный по содержанию и восприятию и требует сравнительного анализа. Данная форма нами выбрана в связи с тем, что она способствует реализации обучающимися творческого потенциала и творческой деятельности, что, в свою очередь, позволяет им полнее освоить потенциал специальности, сформировать у них интерес к самообучению, потребность в самостоятельном поиске информации и освоению новых, нетрадиционных приемов применения знаний. Параллельно с этим у обучающихся формируется способность к генерированию и продуцированию большого количества различных идей, т.е. развиваются такие креативные качества, как беглость, гибкость и оригинальность мышления, способность к детальной разработке идеи.

Проведение со студентами подобных лекций дает «своеобразную опору для мышления» и помогает им разобраться в особенностях построения явлений, связей между ними. При этом у обучающихся формируются навыки работы с разнообразной информацией, активизируется дальнейшая самообразовательная деятельность, что в совокупности способствует повышению как интеллектуального, так и профессионального потенциала обучающихся, а также обеспечивает достижение целей образования [10].

К профессиональной компетенции, формируемой при изучении дисциплины, относится компетенция ПК 3 «Способен оказывать учебно-методическую и научную поддержку педагогам ДОО по вопросам планирования и реализации образовательной работы в группах детей раннего и/или дошкольного возраста, в разновозрастных группах». Декомпозиция компетенции представлена следующим образом:

– знает методологические основы планирования и реализации образовательной работы в дошкольной образовательной организации; способы учебно-методической и научной поддержки педагогического коллектива;

– умеет структурировать и обосновывать различные виды планирования образовательной работы в дошкольной образовательной организации; организовывать учебно-методическую и научную поддержку педагогического коллектива;

– имеет практический опыт в разработке различных видов планирования образовательной работы в дошкольной образовательной организации; в осуществлении

учебно-методической и научной поддержки педагогического коллектива.

В процессе освоения темы обучающимся были представлены мультимедийная презентация по теме, ссылки на видеоматериалы, подборка интернет-материалов по осваиваемой теме. В качестве отчета по итогам изучения темы обучающиеся представляли на защиту разработанные ими электронные портфолио с материалами по теме. Структурно проекты включали в себя следующие компоненты:

1. В разделе «Освоение новой учебной информации, анализ изученного учебного материала» студенты оформляли интеллект-карту содержания темы в электронном формате; оценивалось качество подготовленного QR-пособия; качество презентации к лекции с QR- кодом.

2. В рамках практической работы студентам было необходимо представить ссылки на видеоматериалы (видеоматериалы); оценивалось их соответствие рассматриваемым в теме вопросам.

3. Одним из направлений работы стала подготовка сообщения, доклада по изучаемой теме, самостоятельная работа обучающихся. Здесь значимым стало наличие перечня интернет-ресурсов по теме сообщения, умение студентов выбирать соответствующие ресурсы, формулировать методические рекомендации по их применению и использованию.

4. При проведении контрольных процедур (текущий и промежуточный контроль) осуществлялось тестирование обучающихся (в сервисах Google Формы и др.), организовывались процедуры мобильного опроса.

Зафиксированная в ходе исследования положительная динамика позволяет говорить об эффективности направлений решения поставленных задач, которые являются необходимыми и достаточными для развития информационной компетентности студентов магистратуры, обучающихся по программе «Методическая работа в дошкольном образовании».

Заключение

Информационная компетентность магистра педагогического образования – это его уверенное владение всеми составляющими информационной грамотности, обеспечивающее освоение образовательных программ и становление первоначальных профессиональных компетенций. Компонентами и критериями информационной компетентности магистра педагогического образования выступают психологическая, теоретическая, методическая и практическая готовности магистра к применению

в образовательном процессе информационно-коммуникационных технологий.

Развитие информационной компетентности магистра педагогического образования предполагает создание в образовательной организации качественных ресурсов: нормативно-правового, мотивационного, кадрового, научно-методического, информационного, материально-технического и финансового и реализацию определенной системы мероприятий для совершенствования каждого ресурса.

Программа магистратуры «Методическая работа в дошкольном образовании» обладает возможностями для применения в образовательном процессе компьютерных технологий для реализации разнообразных направлений: контроль знаний обучающихся, организация процессов дистанционного обучения и взаимодействия, создание и развитие цифровой образовательной среды и информационного пространства, применение компьютерных тренажеров и виртуальных лабораторий, использование мультимедийных и цифровых образовательных ресурсов, электронных средств учебного назначения.

Список литературы

1. Роберт И.В. Развитие информатизации образования в условиях цифровой трансформации // Педагогика. 2022. Т. 86. № 1. С. 40–50.
2. Роберт И.В. Стратегические направления развития информатизации отечественного образования в условиях цифровой трансформации // Человеческий капитал. 2021. № S5–3 (149). С. 16–40.
3. Азизова Н.Р., Савоткина Н.А. Формирование профессиональной компетентности педагога. Поликультурная и информационная компетентность. М.: Юрайт, 2018. 162 с.
4. Роберт И.В. Цифровая трансформация образования: ценностные ориентиры, перспективы развития // Россия: тенденции и перспективы развития. 2021. № 16–1. С. 868–876.
5. Приказ Министерства труда и соцзащиты РФ от 18 октября 2013 г. № 544н «Об утверждении профессионального стандарта «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)»: зарегистрирован Минюстом 06.12.2013, рег. № 30550 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rg.ru/2013/12/18/pedagog-dok.html> (дата обращения: 23.05.2022).
6. Насырова Э.Ф., Данилов А.А. Информационно-методическая компетенция педагога // АНИ: педагогика и психология. 2019. № 1 (26). С. 94–97.
7. Каменев К.В. Информационная компетентность как одна из ключевых компетентностей в современной системе образования // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 6. Ч. 5. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/06/55093> (дата обращения: 23.05.2022).
8. Панкова Т.В. Технология формирования информационно-коммуникационной компетентности. Саарбрюккен: LAMBERT Akademik Publishing, 2017. 100 с.
9. Колосницына Н.Б. Информатизация в образовании: проблемы и перспективы // Пермский педагогический журнал. 2019. № 10. С. 63–66.
10. Роберт И.В. Методология научно-педагогического исследования в области информатизации образования периода цифровой трансформации // Цифровая трансформация образования: актуальные проблемы, опыт, решения. Книга IV. М.: Изд-во АЭО, 2021. 198 с.

УДК 796.011.3(045)

ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ В ВУЗЕ

Воробьева С.А., Тараканова М.Е., Кряклина А.А., Завершинская Н.А., Неронов А.В.
*ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург,
e-mail: marina.tarakanova@pharminnotech.com*

В статье рассматривается формирование культуры здорового образа жизни студентов, ее роли для их жизненной перспективы и профессиональной карьеры. Особое внимание уделяется анализу физического воспитания и физической культуры как важнейшей части общей культуры здоровья обучающихся. На основе проведенного социологического исследования раскрывается самооценка студентами своего физического состояния, отношения студентов Санкт-Петербургского химико-фармацевтического университета к своему здоровью и здоровому образу жизни. Авторами исследуются вопросы, связанные с реализацией дисциплин (модулей) по физической культуре «Элективная физическая культура и спорт: оздоровительная физкультура» для студентов, обучающихся по программам бакалавриата и специалитета, в том числе для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья. В статье отображены результаты научных исследований Центра физической культуры и здоровья (далее – Центр) Санкт-Петербургского химико-фармацевтического университета (далее – СПХФУ) последних 5 лет в области мониторинга состояния здоровья и физической подготовленности студентов СПХФУ. На основании полученных данных Центром реализован новый проект по созданию комплекса оздоровительных программ. В основе всех программ единый научный подход и многолетний опыт работы со студентами специальных медицинских групп. Это позволило создать общий алгоритм проектирования, который включает в себя единые цели, разделенные на конкретные задачи, разнонаправленные способы реализации программы, обобщенные критерии оздоровительного эффекта, основные виды и направленности упражнений, учебные планы реализации и сроки программ.

Ключевые слова: физическая подготовленность, здоровье, мониторинг, специальная медицинская группа «А», оздоровительная программа

HEALTH TECHNOLOGIES OF PHYSICAL EDUCATION IN HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Vorobeva S.A., Tarakanova M.E., Kryaklina A.A., Zavershinskaya N.A., Neronov A.V.
*Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University of the Ministry of Health
of the Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: marina.tarakanova@pharminnotech.com*

The article discusses the formation of a healthy lifestyle culture for students, its role for their life and professional career. Particular attention is paid to the analysis of physical education and physical culture as the important part of the general health culture of students. Drawing on the conducted sociological research, students' self-assessment of their physical condition, the attitude of students of the Saint Petersburg Chemical and Pharmaceutical University to their health and a healthy lifestyle are revealed. We explore issues related to the implementation of disciplines (modules) in physical culture "Elective physical culture and sports: recreational physical education" for students enrolled in bachelor's and specialist's programs, including for the disabled and people with disabilities. The article displays the results of scientific research of the Center for Physical Culture and Health (hereinafter referred to as the Center) of the Saint Petersburg Chemical and Pharmaceutical University (hereinafter referred to as SPCPU) for the last 5 years in the field of monitoring the health and physical fitness of students of SPCPU. Based on the data obtained, the Center implemented a new project to create a complex of health programs. All programs are based on a unified scientific approach and many years of experience working with students of special medical groups. This made it possible to create a general design algorithm, which included common goals divided into specific tasks, multidirectional ways of implementing the program, generalized criteria for a health-improving effect, main types and directions of exercises, curricula for implementation and terms of programs.

Keywords: physical fitness, health, monitoring, special medical group "A", health program

Трансформация современного российского общества, изменение базовых принципов жизнедеятельности обуславливают новые модели поведения и действия современной студенческой молодежи, адекватные характеру и содержанию нагрузок, связанных с усложнением социальной жизни, изменением ее ритма. Они отличаются разноплановостью и диверсификацией и сопровождаются изменением ценностных ориентаций и жизненных стратегий в студенческой среде. Наряду с приоритетными

социальными ценностями, такими как высокий доход, образование, профессиональная карьера, здоровье является наиболее важной ценностью, а его интегральный показатель – конечным результатом эффективного функционирования всех общественных систем. Как один из важнейших обобщающих параметров здоровья нации и социума, состояние здоровья студенческой молодежи характеризуется высоким статусом в ряду других социальных показателей: во-первых, студенчество представ-

ляет собой потенциал квалифицированных трудовых ресурсов страны, во-вторых, является интеллектуальным потенциалом общества, в-третьих, рассматривается в качестве популяционного ресурса, что является фактором не только благополучия, но и безопасности страны и ее регионов.

Студенчество фармацевтических вузов – будущие практики медицины, поэтому их отношение к своему здоровью и здоровью населения является свидетельством их профессиональной компетентности, адекватности сформированных у них ценностей будущей профессии. Однако обучающиеся в силу их молодости редко всерьез задумываются о своем здоровье, о факторах, позитивно или негативно действующих на него, о влиянии состояния физического и психического благополучия на работоспособность, личные и профессиональные перспективы. Поэтому в ряду воспитательных функций вузовской образовательной системы сегодня особенно важно формирование культуры здоровья, ценностного отношения обучающихся к сохранению здоровья и здоровому образу жизни.

Эффективным средством сохранения и укрепления здоровья студентов, их физического совершенства является физическая культура как часть общей культуры. В соответствии с федеральным законодательством дисциплина «Физическая культура» в вузах является обязательной учебной дисциплиной и проводится в объеме, предусмотренном ФГОС по каждому направлению подготовки (специальности). В рамках вузовской системы физического воспитания СПХФУ дисциплина «Элективная физическая культура» нацелена на формирование ответственного отношения студентов к своему здоровью и физической культуре в том числе. Однако одного этого все-таки недостаточно для укрепления здоровья студентов, когда уровень валеологической грамотности, степень физической двигательной активности обучающихся несопоставимы с выросшим объемом интеллектуального содержания образования и интенсивности учебного процесса. Неслучайно фиксируется рост заболеваний в молодежной среде. Так, по свидетельству научно-исследовательского института гигиены и охраны здоровья детей Российской Федерации, лишь 10% выпускников общеобразовательных учреждений могут быть отнесены к категории здоровых. Из 13,4 млн детей школьного возраста более половины (53%) имеют ослабленное здоровье, а 2/3 детей в возрасте 14 лет имеют хронические заболевания. Критичным является то, что количество

детей, не готовых к систематическому обучению, уже сегодня превышает 32%. И эта цифра неуклонно растет! Но именно этот контингент в последующем и сформирует студенческую среду [1, с. 5].

Наряду с другими элементами здорового образа жизни правильно организованные и систематические занятия физкультурой способны решить многие проблемы со здоровьем. Так, при интеллектуальной работе мозг потребляет большое количество необходимого для его функционирования кислорода. При активной двигательной деятельности, связанной с физическими нагрузками, сердцебиение ускоряется, давление увеличивается, сосуды, соответственно, расширяются и кровь начинает циркулировать быстрее, активность дыхания повышается, в организм с каждым вдохом поступает больше кислорода, которым в результате насыщаются все клетки организма, в том числе и головной мозг [2].

Однако эффективность формирования культуры здорового образа жизни и физического воспитания в вузе, как ее важной составляющей, в значительной степени зависит не только от профессионализма педагога по физической культуре, но также и от заинтересованности самих студентов в этом [3]. Хотя традиционно студенты высоко оценивают качество своей жизни, связанное со здоровьем, однако большинство из них при этом имеют хронические соматические заболевания. Федеральная служба государственной статистики России приводит оценки своего состояния здоровья лицами в следующих возрастных группах [4]:

15–19 лет: очень хорошее – 20,9%, хорошее – 67,3%, удовлетворительное – 11,2%, плохое – 0,5%;

20–24 года: очень хорошее – 20,6%, хорошее – 66,0%, удовлетворительное – 12,6%, плохое – 0,7%.

Субъективная оценка студентами личного здоровья, несомненно, важна, потому что она связана с осознанием обучающимися проблем и сбоев в функционировании их организмов, с формированием внутренней мотивации к поиску оздоровительных мероприятий и действий (занятия физической культурой и спортом, разумная организация режима труда, сна и отдыха, рациональное распределение времени, освобождение от вредных привычек и т.д.).

Наряду с формированием осознанной заинтересованности студентов в здоровом образе жизни существенной задачей является оказание им методической помощи по составлению индивидуальной оздоровительной программы, что представляет предмет данного исследования.

Цель исследования состоит в определении информированности студентов СПХФУ о содержании здорового образа жизни, их самооценки своего здоровья, методики составления индивидуальной оздоровительной программы в фармацевтическом вузе.

Задачами данного исследования являлись: 1) выявление ценностных ориентаций обучающихся на ведение здорового образа жизни; 2) определение субъективной оценки (самооценки) студентами своего физического состояния; 3) установление степени осознания значимости состояния здоровья и ведения здорового образа жизни для жизненной перспективы и профессиональной карьеры; 4) разработка методики составления индивидуальной оздоровительной программы для студентов фармацевтического вуза.

Материалы и методы исследования

Материал исследования базируется на опыте преподавания дисциплины «Элективная физическая культура и спорт: оздоровительная физкультура» Центром физической культуры и здоровья СПХФУ в течение последних 5 лет, с 2017 по 2021 г.; на результатах научно-исследовательской работы, направленной на изучение способов поддержания оптимального уровня физической подготовленности, необходимой для сохранения и укрепления здоровья, стабильной работоспособности и интенсивного учебного труда студентов, имеющих отклонения в состоянии здоровья; на оценках внедрения современных педагогических оздоровительных технологий в образовательную практику химико-фармацевтического вуза.

Исследование основывается также на проведенном социологическом опросе студентов Санкт-Петербургского государственного химико-фармацевтического университета (СПХФУ). Объектом исследования стали студенты первого, второго

и третьего курсов СПХФУ. В исследовании приняли участие 103 студента, Из них 41 чел. – студенты первого курса (38,9%), 29 чел. (28,2%) – студенты второго курса, 33 чел. (33%) – студенты третьего курса.

Кроме того, в процессе исследования изучалась динамика состояния здоровья студентов специальной медицинской группы «А» (СМГ) в процессе учебных занятий по дисциплине «Элективная физическая культура: оздоровительная физкультура». В таблице представлено процентное соотношение различных заболеваний студентов СМГ первого курса с 2017 по 2021 г. (в отношении к общему числу студентов СМГ первого курса).

Центром физической культуры и здоровья СПХФУ ежегодно осуществлялся мониторинг функционального состояния студентов СПХФУ (далее – мониторинг) в период освоения ими учебной программы по дисциплине «Элективная физическая культура». Студенты специальной медицинской группы «А» оценивались по следующим контрольным нормативам: юноши и девушки: бег на 60 м (с), 500 м (мин/с), ходьба на 2 км (мин/с), юноши: сгибание и разгибание рук из исходного положения в упоре лёжа (количество раз), девушки: поднимание туловища из исходного положения лёжа на спине в течение 30 с (количество раз), сгибание и разгибание рук из упора, стоя на коленях (количество раз).

Методика составления оздоровительной программы

Исходя из полученных данных проведенного анкетирования, анализа динамики состояния здоровья и мониторинга функционального состояния студентов специальной медицинской группы «А», определены задачи разработки оздоровительной программы:

1. Повышение физической и умственной работоспособности (рекреация).
2. Профилактика и устранение последствий хронических заболеваний (реабилитация).

Соотношение видов заболеваний студентов СМГ (I курс) (2017–2021 гг.) (%)

Виды заболеваний	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Заболевания сердечно-сосудистой системы	34%	36,7%	35,9%	37%	36,8%
Заболевания ЛОР органов	5,4%	5,3%	4,2%	4,9%	6,9%
Заболевания желудочно-кишечного тракта	17,4%	21,3%	22,5%	23,7%	25,1%
Заболевания мочевыделительной системы	15,2%	15,8%	17,1%	19,3%	18,9%
Заболевания опорно-двигательного аппарата	74,7%	77,3%	79,3%	79,6%	79,9%
Глазные болезни	26,8%	29,5%	27,4%	25,2%	25%
Заболевания эндокринной системы	29,2%	33,4%	36,3%	38,1%	39,4%
Заболевания нервной системы	17,3%	21,5%	24,1%	29,4%	32,1%
Заболевания дыхательной системы	7,3%	7,7%	6,9%	6,2%	7,8%

Критерии оздоровительного эффекта для отбора упражнений:

- а) энергообеспечение работы мышц, в основном за счет аэробных процессов;
- б) участие в работе больших мышечных групп;
- в) ритмический характер мышечной деятельности.

Принципы построения оздоровительных программ:

1. Биологическая целесообразность, когда адекватное обеспечение деятельности (симпатоадреналовая активация) предшествует физической нагрузке, а не наоборот.

2. Постепенность нарастания физической нагрузки должна соблюдаться как на отдельном занятии, так и при реализации оздоровительной программы в целом.

3. Регулярность – не менее 2 раз в неделю, в предельном варианте – ежедневные занятия.

Средства физической культуры в содержании оздоровительной программы:

- традиционные виды спорта и упражнения;
- нетрадиционные виды двигательной активности (акваэробика, шейпинг, ушу и т.п.);
- дополнительные средства – некоторые оздоровительные системы (дыхательная гимнастика Стрельниковой, аутогенная тренировка, идеомоторная тренировка, йога и т.п.).

Формы занятий:

- утренняя гигиеническая гимнастика;
- занятия во врачебно-физкультурном диспансере с инструктором;
- самостоятельные занятия.

Подбор физических упражнений для структурных частей занятия и регулирование физической нагрузки.

При дозировании физической нагрузки, регулировании интенсивности ее воздействия на организм учитывались следующие факторы:

- количество повторений упражнения;
- амплитуда движений;
- исходное положение;
- величина и количество участвующих в упражнении мышечных групп;
- темп выполнения упражнения (в циклических упражнениях большую нагрузку даёт быстрый темп, а в силовых – медленный);
- степень сложности упражнения;
- продолжительность и характер пауз отдыха между упражнениями.

При занятиях профилактической направленности студентам специальной медицинской группы «А» рекомендовалась интенсивность выполнения упражнений, не превышающая умеренной мощности мышечной работы. В ходе занятия восстановительной направленности после перенесен-

ной болезни физические нагрузки должны соответствовать минимальным значениям зоны умеренной мощности мышечной работы. Для решения оздоровительных задач оптимальное соотношение направленности физических нагрузок следующее: общеукрепляющая часть – 20%; функциональное состояние – 10%; развитие опорно-двигательного аппарата – 10%; основная часть (коррекция, рекреация, реабилитация) – 70%.

Рекомендация видов двигательной активности индивидуально каждому студенту осуществлялась на основе объективной оценки его физического развития, телосложения, физической подготовленности, наличия склонности к определенному виду двигательной активности.

Методы самоконтроля в ходе самостоятельных занятий по индивидуальной оздоровительной программе.

1. Субъективные показатели, характеризующие самочувствие, сон, аппетит, умственную и физическую работоспособность, положительные и отрицательные эмоции студентов.

2. Объективные показатели: частота сердечных сокращений (пульс), артериальное давление, вес.

Контроль в процессе реализации оздоровительной программы для ее корректировки.

В конце недели, месяца, семестра осуществляется спортивным врачом и преподавателями Центра.

Критерии оценки результатов занятий по индивидуальной оздоровительной программе:

- полнота реализации программы;
- результаты оздоровления;
- уровень физической и интеллектуальной работоспособности;
- уровень и сроки восстановления после перенесенных заболеваний;
- уровень достижений в функциональной, физической подготовке.

Методологическую основу исследования составляют социально-философские, психолого-педагогические и медико-биологические теории здорового образа жизни. Исследование базируется на принципах природосообразности, культуросообразности, интегративности, системности научного познания природы здоровья и здорового образа жизни человека, на принципе управления социально-педагогическими процессами с направленностью на здоровьесоздающее образование. Методами исследования являются теоретические (анализ, синтез, систематизация, моделирование), эмпирические (анкетирование), организационные (сравнение), методы математико-статистического анализа данных.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Здоровый образ жизни как ведущий фактор формирования здоровья человека в современном мире – это определенный тип жизнедеятельности людей, который обеспечивает им физическое, психическое и социальное благополучие в окружающем мире. Представляя собой целостную систему, он включает в себя следующие основные элементы: *целевой* – понимание поставленной цели здорового образа жизни, *содержательно-операционный* – наличие знаний и практических умений, необходимых для успешной реализации здоровой жизнедеятельности, *мотивационно-ценностный* – сформированность системы ценностей личности касательно сбережения и укрепления здоровья и отношение к здоровому образу жизни, *программно-ориентировочный* – проектирование и реализация программы жизнедеятельности индивида в соответствии с принципами здорового образа жизни, *эмоционально-волевой* – достижение поставленной цели на основе проявления волевых качеств и эмоциональная оценка результатов деятельности, *деятельностный* – реализация в собственной жизнедеятельности целостной системы здорового образа жизни или отдельных ее составляющих, а также пропаганда здорового образа жизни среди окружающих, *оценочный* – комплексная оценка результатов здорового образа жизни (когнитивного, эмоционального, поведенческого компонентов) и на основе этого внесение изменений в организационный и содержательный аспекты здоровой жизнедеятельности [5, с. 16–17].

Важным фактором формирования здорового образа жизни является здоровьесберегающее образование, которое представляет собой целесообразно организованный педагогический процесс, ориентированный на формирование у его субъектов готовности к здоровьесбережению. Поскольку здоровье как характеристика личности и его бытия есть целостная система, постольку оздоровление человека возможно только благодаря изменению его образа жизни [6].

Как показали результаты социологического опроса, здоровьесберегающее образование в СПХФУ нуждается в дальнейшем совершенствовании в соответствии с запросами времени. Студенты имеют общее представление о здоровом образе жизни, который они связывают с «умением справляться с эмоциями и гармонией с собой» (29,1%), с «регулярным посещением врача с целью профилактики» (26,7%), с «широким кругом интересов, богатой духовной жизнью

и наличием хобби» (21,4%), с «интересом к информации об оздоровлении» (7,8%), а также с такими его элементами, как правильный режим дня (22,3%), отказ от вредных привычек (17,5%), здоровое питание (15,5%), занятия спортом и физкультурой (29,4%). Однако информацию о здоровом образе жизни большинство студентов получают из интернета и средств массовой информации (62,1% и 20,4% соответственно), и только 6,8% студентов получают такую информацию на учебных занятиях. Следовательно, несистемные, эпизодические, поверхностные знания в области здоровьесбережения из масс-медиа не могут не влиять на низкую эффективность оздоровительной деятельности студенческой молодежи. Несомненно, ее результаты будут существенно выше, если информацию о здоровом образе жизни, о способах управления здоровьем, об оздоровительных техниках студенты будут получать путем целесообразно организованного педагогического процесса.

Здоровый образ жизни студенты СПХФУ считают необходимым и полезным (в разумных пределах) – соответственно 20,4 и 53,4%. В то же время 52,4% подчеркивают, что каждый должен сам решать, следовать ли ему здоровому образу жизни. Однако при позитивных оценках здорового образа жизни однозначно его придерживаются только 16,5%; 70,9% студентов – по мере возможности. При этом размышляют над правильностью своего образа жизни достаточно часто 37,9% студентов, время от времени – 39,8%, редко – 22,3%. Признают у себя вредные привычки 47,6%. Коррелируют с этим результаты ответов студентов об их желании вести здоровый образ жизни. Так, 41,7% студентов выразили однозначное желание вести здоровый образ жизни, а 48,5% – не считают его приоритетной задачей.

В соответствии со своим желанием вести здоровый образ жизни 66% студентов хотели бы избавиться от вредных привычек, но 34% опрошенных не проявили такой готовности. При этом 69,8% респондентов уже пытались освободиться от вредных привычек.

Прилагают усилия по поддержанию здорового образа жизни, правильно питаюсь, 32% опрошенных, стараюсь время от времени правильно питаться – 56,3%; соблюдая режим сна 24,3%, делая это время от времени – 56,3%. Большинство студентов (77,7%) ответили, что ложатся спать после полуночи, что свидетельствует об их неготовности рационально организовать свое время и режим дня.

В целом свое физическое состояние оценивают как хорошее 40,8% студентов, удовлетворительное – 52,4%, слабое – 6,8%. Более оптимистично студенты определяют свою физическую подготовку: считают хорошей и скорее хорошей – 19,4% и 41,7%, недостаточной – 30,1%.

Физические упражнения и спорт, как считает большинство студентов (77,7%), позитивно влияют на профессиональную деятельность, поскольку укрепляют здоровье; 66% – потому что повышают работоспособность, 54,4% – из-за повышения производительности труда. Несмотря на высокую оценку физкультуры и спорта, только 55,3% опрошенных для поддержания своего тонуса занимаются спортом, 38,8% – посещают спортивные секции, а у 48,5% – на посещение секций не хватает времени, у 12,6% – нет денежных средств. При этом 69,8% студентов считают, что вредные привычки не влияют на их физическое и психическое состояние.

Таким образом, знания, ценности, интересы и опыт оздоровительной деятельности студентов, как показывают результаты социологического исследования, нуждаются в педагогической коррекции, чтобы сформировать обучающихся как полноправных субъектов здоровьесотворения и здорового образа жизни. Особенно это касается студентов медико-фармацевтических вузов, где показатели состояния здоровья обучающихся более низкие по сравнению с другими высшими учебными заведениями [7].

2. В процессе исследования динамики состояния здоровья студентов специальной медицинской группы «А» в период учебных занятий по дисциплине «Элективная физическая культура: оздоровительная физкультура» выявлена закономерность увеличения числа заболеваний:

- ЛОР органов;
- желудочно-кишечного тракта;
- опорно-двигательного аппарата (преимущественно сколиоз и плоскостопие);
- эндокринной системы (преимущественно ожирение);
- нервной системы (преимущественно ВСД, неврозы).

Полученные данные были учтены при составлении индивидуальных оздоровительных программ.

3. В результате исследования было установлено, что на занятиях по физической культуре в СПХФУ у студентов в течение трёх учебных лет при одном занятии (4 ч) в неделю происходит достоверное улучшение уровня физической подготовленности по показателям тестов:

- на общую выносливость – улучшение на 4,1% (бег на 500 м, ходьба на 2 км);
- на гибкость – улучшение на 5,3% (тест на гибкость);
- на быстроту – улучшение на 2,6% (бег на 60 м).

Практически без изменений остались показатели силовой выносливости.

4. В качестве наиболее оптимального варианта мероприятий оздоровительной программы для студентов специальной медицинской группы «А» определен следующий:

- ежедневная утренняя гимнастика (15–30 мин);
- ежедневные физкультурные паузы, физкультминутки (5–10 мин через 3–4 ч малоподвижного труда);
- оздоровительная ходьба (три-четыре раза в неделю по 45–90 мин);
- комплексы специальных упражнений, подобранные в соответствии с медицинскими показаниями по основному заболеванию;
- ежедневное пребывание на свежем воздухе в течение 1–1,5 ч является одним из важных компонентов здорового образа жизни. Особенно важна прогулка в вечернее время, перед сном. Прогулки рекомендовалось выполнять по принципу кроссовой ходьбы: 0,5–1 км медленным прогулочным шагом.

Общими противопоказаниями к занятиям физическими упражнениями являются:

- температура тела 37,1°C и выше;
- обострение хронического заболевания;
- сосудистый криз (гипертонический, гипотонический);
- нарушение ритма сердечных сокращений: синусовая тахикардия (110 уд/мин и выше), брадикардия (менее 50 уд/мин), аритмия (экстрасистолы с частотой более одной в минуту).

5. Выявлено, что при реализации оздоровительных программ целесообразно:

- две трети упражнений, составляющих содержание занятия, должны быть циклического характера;
- строгое дозирование физических нагрузок;
- после выполнения физических нагрузок должны следовать упражнения на расслабление для нормализации физического состояния организма;
- обязательность закаливающих процедур в процессе занятий;
- включение в содержание каждого занятия специальной дыхательной гимнастики;
- в каждом занятии должны быть специальные упражнения, способствующие развитию координационных механизмов нервной регуляции.

Предлагаются следующие условия выполнения упражнений, необходимые для достижения оздоровительного эффекта тренировки:

- участие в работе больших мышечных групп;
- возможность продолжительного выполнения упражнения;
- ритмический характер мышечной деятельности;
- энергообеспечение работы мышц в основном за счет аэробных процессов.

Для достижения оздоровительного эффекта в такой тренировке необходимо следовать неизменным правилам: обязательная разминка, предпочтительное выполнение упражнений сидя и лежа, в каждом упражнении задействовать максимальное количество мышц, чередование упражнений для относительно больших и малых по массе мышц, обязательно стретчинг [8].

Заключение

Здоровый образ жизни занимает важное место в системе жизненных ценностей студентов СПХФУ, однако для большинства из них он не является нормой индивидуального поведения, в том числе в соблюдении режима рациональной организации времени, сна и отдыха, питания и борьбы с вредными привычками. Практики здоровьесотворения и здоровьесбережения, физкультурно-оздоровительной деятельности студентов нуждаются в педагогической коррекции с помощью вузовской системы гуманитарного образования и физического воспитания.

Коррекция состояния здоровья студентов предполагает как улучшение социальных условий, так и целенаправленное стимулирование у них интереса к культуре здоровья и занятиям физическими упражнениями. С этой целью важно продолжить

работу по совершенствованию преподавания физической культуры в вузе, формированию у студентов знаний о здоровом образе жизни и развитию потребностно-мотивационной личностной компоненты, внедрению новых технологий оздоровления и здоровьесбережения.

Применение разработанной методики составления индивидуальной оздоровительной программы для студентов фармацевтического вуза будет способствовать улучшению здоровья и физического состояния студентов специальной медицинской группы «А», содействовать в преодолении трудностей в учебном процессе, в подготовке к будущей профессиональной деятельности.

Список литературы

1. Петрова Т.Н. Здоровье студентов медицинских вузов России: проблемы и пути их решения // Сеченовский вестник. 2017. № 2 (28). С. 4–11.
2. Пеняева С.М. Влияние физических нагрузок на умственную деятельность // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 2-1. С. 12–16.
3. Сморгоча А.Е., Филиппович В.А. Как увеличить интерес у студентов к занятиям физкультурой? // Эпоха науки. 2019. № 18. С. 144–148.
4. Здоровоохранение в России. 2021: Стат.сб. Росстат. М., 2021. 171 с.
5. Чедов К.В., Гавронина Г.А., Чедова Т.И. Физическая культура. Здоровый образ жизни: учебное пособие. Пермь, 2020. 128 с.
6. Абаскалова Н.П., Зверкова А.Ю. Научный обзор: системный подход в педагогике здоровья // Научное обозрение. Педагогические науки. 2016. № 2. С. 5–24.
7. Меерманова И.Б., Койгельдинова Ш.С., Ибраев С.А. Состояние здоровья студентов, обучающихся в высших учебных заведениях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 2-1. С. 193–197.
8. Хадиева Р.Т., Семенюк Н.В. Разминка как важный элемент физической культуры спортсмена // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. 2017. Т. 2. № 2. С. 66–69.

УДК 378.147.88

НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ, ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ**Джанкезов Р.Х., Джанкезова С.Б.***ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева»,
Карачаевск, e-mail: Dzhankezo72@mail.ru*

В данной статье авторы анализируют нормативные правовые документы, регламентирующие применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ высшего образования. Целью данного исследования является анализ основных положений нормативных правовых документов, соблюдение которых позволяет успешно применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в высшем образовании. В процессе исследования применен комплекс методов: анализ, синтез, наблюдение, обобщение педагогического опыта (на примере ФГБОУ ВО «КЧГУ»). Как показывает проведенный анализ, нормативные правовые документы включают в себя документы как федерального уровня, так и уровня образовательной организации. В ходе исследования авторами обнаружено, что успешная реализация образовательных программ высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий зависит от соблюдения требований, изложенных в нормативных правовых документах. В данной статье обобщен педагогический опыт ФГБОУ ВО «КЧГУ» по организации дистанционного обучения на основе образовательной платформы Moodle. Авторами показано, что успешное применение дистанционных образовательных технологий зависит от уровня подготовки педагогических работников и организации самостоятельной работы обучающихся. Вследствие этого большое внимание в КЧГУ уделяется оснащению кабинетов для организации самостоятельной работы студентов.

Ключевые слова: нормативные правовые документы, электронное обучение, информационные образовательные ресурсы, дистанционные образовательные технологии, информационные ресурсы

REGULATORY LEGAL DOCUMENTS REGULATING THE USE OF E-LEARNING, DISTANCE LEARNING TECHNOLOGIES IN HIGHER EDUCATION**Dzhankezo7 R.X., Dzhankezo7 S.B.***Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliyev, Karachayevsk,
e-mail: Dzhankezo72@mail.ru*

In this article, the authors analyze the regulatory legal documents regulating the use of e-learning, distance learning technologies in the implementation of educational programs of higher education. The purpose of this study is to analyze the main provisions of regulatory legal documents, compliance with which allows the successful application of e-learning, distance learning technologies in higher education. In the course of the research, a set of methods was applied: analysis, synthesis, observation, generalization of pedagogical experience (on the example of the KCHSU Federal State Educational Institution). As the analysis shows, regulatory legal documents include documents of both the federal level and the level of an educational organization. In the course of the study, the authors found that the successful implementation of educational programs of higher education using distance learning technologies depends on compliance with the requirements set out in regulatory legal documents. This article summarizes the pedagogical experience of the KCHSU on the organization of distance learning based on the educational platform "Moodle". The authors show that the successful application of distance learning technologies depends on the level of training of teaching staff and the organization of independent work of students. As a result, much attention is paid at KCHSU to the equipment of classrooms for the organization of independent work of students.

Keywords: regulatory legal documents, e-learning, information educational resources, distance learning technologies, information resources

Одним из основных направлений развития современного высшего образования в России является активное внедрение информационных образовательных технологий. В настоящее время в связи с широким использованием дистанционного обучения вопросам реализации образовательных программ высшего образования с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий следует обратить особое внимание.

Качество современного высшего образования зависит от многих факторов, но прежде всего от соответствия его целей, задач, содержания, методов обучения, форм организации требованиям нормативных правовых документов, определяющих образовательную политику государства.

В связи с этим в данной статье анализируются основные положения нормативных правовых документов, регламентирующие применение электронного обучения, дис-

танционных образовательных технологий при организации образовательного процесса в вузе.

Актуальность исследования обусловлена тем, что знание нормативных правовых документов педагогическими работниками становится показателем правовой грамотности, профессиональной компетентности и позволяет успешно организовать педагогический процесс в соответствии с действующим законодательством.

В последнее десятилетие некоторые вопросы применения дистанционных образовательных технологий в образовательном процессе высшей школы рассматриваются в работах ряда исследователей (Л.Н. Бокова, В.В. Гура, В.А. Веккер, А.Ю. Вишняковой, К.В. Зайцевой, Е.А. Крайнова, М.В. Лапенюк, С.Н. Лапшиной, В.В. Макеевой, Е.М. Романовской, К.В. Садова, А.В. Тараканов, В.А. Трайнева и других). Так, Бокова Л.Н. анализирует документы, в которых изложены нормативные требования, необходимые для создания безопасного режима цифровой образовательной среды [1], В.В. Гура в своей докторской диссертации рассматривает основные аспекты как педагогического проектирования, так и моделирования электронных образовательных ресурсов и сред, ориентированных на личность [2], В.А. Трайнев в своей монографии анализирует электронно-образовательные ресурсы в развитии информационного общества [3].

Целью исследования является анализ основных положений нормативных правовых документов, соблюдение которых позволяет успешно организовать дистанционное обучение при реализации образовательных программ высшего образования с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Материалы и методы исследования

Методы исследования: анализ, синтез, наблюдение, обобщение педагогического опыта (на примере ФГБОУ ВО «КЧГУ»).

Результаты исследования и их обсуждение

Как показывает проведенный анализ, нормативные правовые документы, регламентирующие применение электронного обучения и дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ высшего образования, включают в себя документы как федерального уровня, так и уровня образовательной организации.

Итак, рассмотрим основные документы федерального уровня. Основополагающими документами, определяющими правовой

аспект организации высшего образования в России на федеральном уровне, являются Конституция РФ, Федеральный закон 2012 года «Об образовании в Российской Федерации», федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (далее – ФГОС ВО).

Следует указать, что основной законодательный акт, регулирующий организацию образования с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, это Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» в редакции от 30.12.2021 (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.03.2022). В данном документе указывается, что «организации, осуществляющие образовательную деятельность, вправе применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии при реализации образовательных программ в порядке, установленном Правительством Российской Федерации» [4]. Реализация образовательных программ на всех уровнях образования осуществляется в соответствии с принципами и условиями их использования, определенными вышеуказанным Законом.

Уточним понятия «электронное обучение» и «дистанционные образовательные технологии» по Федеральному закону «Об образовании в Российской Федерации». Так, в статье 16 указывается, что «под электронным обучением понимается организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников» [4].

Далее отмечается, что «под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников» [4].

При реализации образовательных программ высшего образования с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий педагогический процесс организуется с соблюдением обязательных требований ФГОС ВО по направлению подготовки и профилю, утвержденных Приказом Министерства образования и на-

уки Российской Федерации. Рассмотрим, например, федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», утвержденный Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 февраля 2018 г. № 125 [5].

Так, в общих положениях ФГОС ВО указано, что «при реализации программы бакалавриата Организация вправе применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии» [5]. Как показывает современная педагогическая практика (на примере ФГБОУ ВО «КЧГУ»), для эффективной организации дистанционных образовательных технологий необходимо функционирование электронной информационно-образовательной среды университета.

В Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» (статья 16) указано, что электронная информационно-образовательная среда (далее – ЭИОС) это «электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы, совокупность информационных технологий, телекоммуникационных технологий, соответствующих технологических средств», она обеспечивает «освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся» [4].

Следовательно, электронные информационные ресурсы и электронные образовательные ресурсы (далее – ЭОР) это неотъемлемая составная часть ЭИОС. Так, «электронные ресурсы представляют собой электронные данные (информацию в виде чисел, букв, символов или их комбинаций), электронные программы (наборы операторов или подпрограмм, обеспечивающих выполнение определённых задач, включая обработку данных) или сочетание этих видов в одном ресурсе» [6]. Следует отметить, что ЭОР – «образовательный ресурс, представленный в электронно-цифровой форме и включающий в себя структуру, предметное содержание и метаданные о них» [6]. А также «электронный образовательный ресурс может включать в себя данные, информацию, программное обеспечение, необходимые для его использования в процессе обучения» [6]. В электронном обучении основу электронного образовательного ресурса составляет образовательный контент (учебник, учебные пособия, учебно-методические пособия, учебные наглядные пособия, самоучитель, практикум).

Следует отметить, что структура дистанционной образовательной технологии, как и любой образовательной технологии, «состоит из:

- а) целевого компонента;
- б) содержательного;
- в) процессуального, связанного с набором методов, способов организации деятельности студентов и преподавателей;
- г) управленческого, контрольно-корректирующего, аналитико-оценочного» [7, с. 35].

В дистанционной образовательной технологии процессуальный компонент, связанный с набором методов, способов организации деятельности студентов и преподавателей, трансформируется. Также модифицируются управленческий, контрольно-корректирующий, и аналитико-оценочный компоненты.

В настоящее время высшие учебные заведения осуществляют дистанционное обучение в соответствии с Правилами применения дистанционных образовательных технологий и электронного обучения, которые регламентируются Приказом Минобрнауки России от 23 февраля 2017 года № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронное обучение, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [8]. По данному документу образовательные организации должны обеспечить ряд условий, определяющими из которых, на наш взгляд, являются соответствующий уровень подготовки кадров и оказание в достаточной степени учебно-методической помощи обучающимся.

Как показывает практика, для успешной организации образовательного процесса при дистанционном обучении преподавателям необходимо разработать электронные курсы по учебным дисциплинам (модулям). Для этого им требуются определенные знания, умения и навыки в этой области, которые формируют компьютерную грамотность преподавателей. Однако наличного уровня компьютерной грамотности преподавателей оказалось недостаточно для создания электронных курсов. В связи с этим для профессорско-преподавательского состава КЧГУ в 2020-2021 годах были организованы специальные курсы повышения квалификации по следующим программам: «Использование ИКТ в профессиональной деятельности» и «Проектирование электронных курсов в системе дистанционного обучения». Изучение данных курсов позволило профессорско-преподаватель-

скому составу создать электронные курсы по учебным дисциплинам и загрузить в ЭИОС университета.

В ЭИОС КЧГУ размещаются учебные планы всех институтов и факультетов. В соответствии с учебными планами, формируемыми компетенциями разрабатываются рабочие программы дисциплин (модулей) и программы практик. Составление РПД регламентируется федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по соответствующему направлению подготовки и профилю, а также локальными актами КЧГУ.

«РПД определяет цель и задачи изучения, назначение и место учебной дисциплины в структуре образовательной программы, содержание учебного материала и формы организации обучения» [9].

Рабочие программы дисциплин и программы практик составляются преподавателями, за которыми эти дисциплины и практики закреплены. Рабочая программа дисциплины размещается в ЭИОС университета и тем самым становится доступной не только преподавателям, но и студентам. Это обеспечивает успешное осуществление дистанционного обучения и эффективную организацию самостоятельной работы обучающихся. Как показывает практика, РПД – это необходимый документ, обеспечивающий учебно-методическую помощь студентам в подготовке к практическим, лабораторным занятиям, при проведении итоговой аттестации, а также при написании рефератов, докладов, эссе.

В РПД содержится также перечень электронных учебных изданий и электронных образовательных ресурсов. Для успешной организации дистанционного обучения участникам педагогического процесса обеспечивается доступ к российским электронно-библиотечным системам (электронные библиотеки: ООО «Знаниум», «Лань», электронная библиотека КЧГУ, Elibrary.ru, Национальная электронная библиотека (НЭБ)). Поэтому преподаватели и студенты прошли регистрацию в электронных библиотеках для доступа к их информационным образовательным ресурсам.

Как известно, эффективность процесса обучения зависит не только от деятельности преподавателей, но и обучающихся. Поэтому большое внимание следует обратить на оснащенность кабинетов для организации самостоятельной работы студентов. В связи с этим факультеты и институты КЧГУ располагают аудиториями, специально оборудованными современными компьютерами, подключенными к сети Интернет, с обеспечением доступа к ЭИОС университета.

Платформ для дистанционного обучения много: Moodle, Edmodo, Google Classroom. Дистанционное обучение в КЧГУ в основном осуществляется на основе всем известной дистанционной среды обучения Moodle. Как показывает практика, эта система предоставляет широчайшие возможности по организации, управлению дистанционным обучением, наиболее удобна и проста в использовании. Студенты и преподаватели КЧГУ в течение всего периода дистанционного обучения независимо от места нахождения имеют неограниченный доступ к ЭИОС университета, выход к информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

При организации образовательного процесса в КЧГУ на основе дистанционной среды обучения Moodle педагогами определяется цель обучения, отбирается его содержание, выбираются методы, способы организации деятельности студентов, а также методы и формы контроля и оценки результатов обучения. Далее в соответствии с рабочей программой дисциплины создается электронный курс и загружается в ЭИОС университета, изучаемый студентами.

В ходе дистанционного обучения необходимо оценивать выполнение заданий к лабораторным, практическим занятиям, изучение лекционного курса и прохождение тестирования. Проверка и оценка уровня усвоения лекционного курса проводится по трёхбалльной шкале оценивания. Оценка за лекцию в системе фиксируется автоматически и зависит от количества правильных ответов на вопросы (студенты должны дать три правильных ответа). По результатам выполнения заданий лабораторных и практических занятий выставляется оценка по пятибалльной шкале. Также проводится промежуточное и итоговое тестирование. Результаты за изученный электронный курс автоматически фиксируются в журнале оценок.

Следует указать, что при организации образовательного процесса в период вынужденного перехода вузов на дистанционное обучение во время пандемии при COVID-19 преподаватели и студенты КЧГУ испытали некоторые трудности. Основные трудности – это отсутствие у обучающихся оснащенных современными компьютерами рабочих мест в домашних условиях, а также недостаточный уровень компьютерной грамотности педагогов старшего поколения.

Заключение

Таким образом, проведенный анализ литературы по теме исследования показал, что нормативно-правовое обеспечение электронного обучения и дистанционных

образовательных технологий при реализации образовательных программ высшего образования регламентируется документами как федерального уровня, так и уровня образовательной организации. Основными документами федерального уровня, определяющими правовые основы высшего образования в России, являются Конституция РФ, ФЗ № 273 «Об образовании в РФ», федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования.

Как показывает практика, в КЧГУ дистанционное обучение организуется в основном в системе Moodle. Образовательный процесс осуществляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми нормативными правовыми документами к применению дистанционных образовательных технологий. В настоящее время в КЧГУ на всех факультетах и институтах для организации успешной самостоятельной работы студентов имеются аудитории, специально оборудованные компьютерной техникой, подключенной к сети Интернет, с обеспечением доступа в ЭИОС университета. Успешность дистанционного обучения обеспечивается соответствующим уровнем подготовки кадров и оказанием необходимой учебно-методической помощи обучающимся.

Список литературы

1. Бокова Л.Н. Правовой режим создания безопасной цифровой образовательной среды // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Юридические науки. 2020. Т. 24. № 2. С. 274–292. DOI: 10.22363/2313-2337-2020-24-2-274-292.
2. Гура В.В. Теоретические основы педагогического проектирования лично-ориентированных электронных образовательных ресурсов и сред: автореф. дис. ... докт пед. наук. Ростов-на-Дону, 2007. 363 с.
3. Трайнев В.А. Электронно-образовательные ресурсы в развитии информационного общества: монография. М.: Дашков и К°, 2015. 256 с.
4. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273 «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_146342/1aba38a9cf007a1c6b32071fc6f9a0d37c81e76d/#dst100078 (дата обращения: 18.05.2022).
5. Приказ Минобрнауки России от 22.02.2018 N 125 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)» (Зарегистрировано в Минюсте России 15.03.2018 N 50358). [Электронный ресурс]. URL: www.consultant.ru (дата обращения: 18.05.2022).
6. ГОСТ Р 52653-2006. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения. М.: Стандартинформ. 2007. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200053103> (дата обращения: 18.05.2022).
7. Шульмина Р.В. Организационно-педагогические условия внедрения дистанционных технологий в образовательный процесс вуза: дис. ... канд. пед. наук. Тула: РГБ, 2003. 170 с.
8. Приказ Министерства образования и науки РФ от 23 августа 2017 г. N 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ». [Электронный ресурс]. URL: www.pravo.gov.ru (дата обращения 14.03.2022).
9. Положение о рабочей программе дисциплины (модуля) по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева». [Электронный ресурс]. URL: <https://kchgu.ru/inye-lokalnye-akty/> (дата обращения 12.03.2022).

УДК 377.5

ЭТАПЫ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ АДАПТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ КОЛЛЕДЖА СРЕДСТВАМИ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Игошин С.Н.

ГАПОУ ПО «Пензенский колледж архитектуры и строительства», Пенза,
e-mail: igoshin1808@yandex.ru

В статье обосновывается необходимость педагогического сопровождения адаптации обучающихся колледжа как условия эффективного осуществления их профессиональной подготовки, личностно-профессионального развития и самореализации. Доказывается необходимость обращения к внеурочной деятельности как обладающей высоким адаптационным потенциалом для решения задачи его осуществления. Представлен опыт организации и осуществления педагогического сопровождения адаптации студентов-первокурсников в ГАПОУ ПО «Пензенский колледж архитектуры и строительства» посредством их включения во внеурочную деятельность. Определены этапы педагогического сопровождения: предварительный, основной, заключительный. Охарактеризовано содержание деятельности на каждом из этапов в зависимости от группы решаемых задач. Предварительный этап нацелен на создание условий и формирование у студентов-первокурсников мотивации к активному включению в различные формы внеурочной деятельности. Содержание деятельности на основном этапе направлено на непосредственное сопровождение психофизиологической, социально-психологической и учебно-профессиональной адаптации студентов-первокурсников посредством внеурочной деятельности. Основная задача заключительного этапа состоит в анализе полученных результатов, обобщении опыта и коррекции программы с учётом полученных результатов. Сделан вывод о том, что представленный опыт поэтапной организации и осуществления педагогического сопровождения адаптации студентов-первокурсников колледжа средствами внеурочной деятельности может быть использован для обеспечения успешной адаптации обучающихся в образовательных организациях СПО.

Ключевые слова: адаптация, колледж, студенты-первокурсники, педагогическое сопровождение, этапы педагогического сопровождения, внеурочная деятельность

STAGES OF PEDAGOGICAL SUPPORT OF ADAPTATION OF COLLEGE STUDENTS BY MEANS OF COLLEGE ACTIVITIES

Igoshin S.N.

Penza College of Architecture and Construction, Penza, e-mail: igoshin1808@yandex.ru

The article substantiates the need for pedagogical support for the adaptation of college students as a condition for the effective implementation of their professional training, personal and professional development and self-realization. The necessity of turning to extracurricular activities as having a high adaptive potential for solving the problem of its implementation is proved. The experience of organizing and implementing pedagogical support for the adaptation of first-year students in the GAPOU PO "Penza College of Architecture and Construction" through their inclusion in extracurricular activities is presented. The stages of pedagogical support are determined: preliminary, main, final. The content of activities at each stage is characterized depending on the group of tasks to be solved. The preliminary stage is aimed at creating conditions and motivating first-year students to actively engage in various forms of extracurricular activities. The content of the activity at the main stage is aimed at direct support of the psychophysiological, socio-psychological and educational and professional adaptation of first-year students through extracurricular activities. The main task of the final stage is to analyze the results obtained, generalize the experience and correct the program, taking into account the results obtained. It is concluded that the presented experience of the stage-by-stage organization and implementation of pedagogical support for the adaptation of college first-year students by means of extracurricular activities can be used to ensure successful adaptation of students in educational institutions of secondary vocational education.

Keywords: adaptation, college, first-year students, pedagogical support, stages of pedagogical support, extracurricular activities

В условиях возросших требований общества к инновационному развитию экономики неизбежно усиливается и его внимание к качеству подготовки выпускников в системе среднего профессионального образования. Одновременно современная молодёжь всё чаще останавливает свой выбор на колледже, предпочитая быстро получить востребованную на рынке труда профессию, стать финансово независимым, достигая дальнейшего своего образования в удобном для них формате. Однако поступление в колледж неизбежно сопряжено с трудно-

стями адаптационного периода [1]. Обучающиеся сталкиваются с необходимостью адаптации к образовательной среде учреждения среднего профессионального образования, отличной по многим показателям от школьной, новым условиям организации и содержания учебно-профессиональной деятельности, а также коммуникации с преподавателями и однокурсниками.

Адаптация обучающихся колледжа представляет собой сложный, многофакторный и многокомпонентный процесс взаимодействия с образовательной средой колледжа,

включающий в себя психофизиологическую, социально-психологическую и учебно-профессиональную составляющие [2]. От того как молодой человек успешно адаптируется к новой образовательной среде колледжа, во многом будет зависеть эффективность осуществляемой в образовательной организации профессиональной подготовки, его личностно-профессиональное развитие и самореализация, что определяет необходимость педагогического сопровождения адаптации студентов-первокурсников. В этой связи встаёт вопрос о поиске оптимальных средств его осуществления.

Усиление воспитательной составляющей, в том числе и в образовательном процессе учреждений СПО, обязательный характер программ воспитания, определили обращение внимания к внеурочной деятельности, характеризующейся высоким потенциалом для решения задачи педагогического сопровождения адаптации обучающихся колледжа.

Целью исследования выступает определение этапов и содержания деятельности по педагогическому сопровождению адаптации обучающихся колледжа в процессе внеурочной работы.

Материалы и методы исследования

Достижение поставленной цели предполагает использование в качестве методов научно-педагогического исследования анализа и обобщения психолого-педагогической литературы, а также опыта организации и осуществления педагогического сопровождения обучающихся средствами внеурочной деятельности в ГАПОУ ПО «Пензенский колледж архитектуры и строительства».

Результаты исследования и их обсуждение

Проблема педагогического сопровождения адаптации обучающихся колледжа средствами внеурочной деятельности не нашла должного отражения в современных педагогических исследованиях, однако отдельные её аспекты выступают предпосылками как для его теоретического обоснования, так и практической организации. Так, общим вопросам адаптации студентов колледжа посвящены работы А.В. Аксенова, Н.В. Багровой, С.А. Головки, О.М. Зыряновой, Н.Е. Папковой, Е.А. Родионовой, Ю.В. Шешалевич и др. Особенности адаптации студентов колледжа раскрываются в исследованиях В.Г. Акимбековой, А.О. Арсениной, У.А. Баталовой, С.К. Быструшкина, Л.П. Илларионовой, М.Г. Магомедовой и др. Проблемы, с которыми сталкиваются обучающиеся СПО, нашли своё отражение

в работах Т.П. Баженовой, М.А. Воробьевой, В.Л. Костыревой и др.

Целый ряд исследований посвящён рассмотрению отдельных аспектов адаптации студентов колледжа: дидактического (А.В. Бучкин, О.Ю. Курахтанов, Л.Ф. Мирзаянова, С.Н. Ситдикова, Е.А. Чепарухина, Ю.В. Чудакова и др.); профессионального (Н.С. Амамбаева, И.Г. Буланкина, В.Ф. Колобков, И.М. Леготина, Т.Б. Сафарова, Е.Н. Чернядьева и др.); социально-психологического (Н.В. Грушко, Т.Е. Егорова, Г.В. Лаптева, Р.В. Овчарова, Е.Б. Тетерин, Н.С. Трофимова, С.В. Чернобровкина и др.); психофизиологического (А.В. Дерюгина, М.А. Заздравная и др.).

Значимое место в исследованиях проблемы адаптации обучающихся колледжа занимает поиск условий её успешного прохождения (Г.А. Гущина, Л.А. Дубровина, Т.Е. Егорова, А.Н. Король, Н.М. Киселев, С.В. Красовская, А.А. Чеснокова, Г.В. Юдин и др.), одним из которых выступает специально организованная деятельность по сопровождению и поддержке студентов в адаптационной ситуации (О.В. Дмитриева, А.А. Крайнова, Е.М. Манакина, Н.А. Остапенко, О.С. Суртаева, Э.В. Шелиспанская и др.).

В работах О.А. Баженовой, Е.Л. Белозеровой, Г.И. Василенко, А.В. Городова, Е.А. Зекирьяевой, Л.М. Конева, О.Н. Кузьминой, О.А. Лобовой, А.З. Османовой, М.Ю. Поповой, М.А. Савельевой, А.В. Степановой и др. показана роль внеурочной деятельности в образовательном процессе колледжа, раскрыт её потенциал для решения задач профессионального образования и воспитания студенческой молодёжи. Однако возможности внеурочной деятельности для обеспечения успешной адаптации обучающихся колледжа не получили должного освещения, содержание педагогического сопровождения адаптации студентов средствами внеурочной деятельности не стало предметом отдельного исследования.

Опираясь на вышеназванные научные предпосылки, на базе ГАПОУ ПО «Пензенский колледж архитектуры и строительства» была разработана и реализована программа педагогического сопровождения адаптации обучающихся колледжа средствами внеурочной деятельности. Цель программы – обеспечение успешной адаптации обучающихся колледжа средствами внеурочной деятельности как условия их личностного развития и профессионального становления.

Реализация программы осуществляется поэтапно и включает в себя прохождение предварительного, основного и заключительного этапов. Остановимся

подробнее на содержании деятельности на каждом из них.

Предварительный этап. Главное назначение данного этапа заключается в создании организационно-педагогических и психолого-педагогических условий для реализации педагогического сопровождения адаптации обучающихся первого курса к образовательной среде колледжа; в формировании у студентов-первокурсников мотивации к активному включению в различные формы внеурочной деятельности (проекты, конкурсы, кружки, секции, тренинговые группы и др.).

Для формирования и актуализации у первокурсников потребностей, мотивов и целей обучения в колледже проводятся вводные адаптационные дни. Программа вводных адаптационных дней отражает специфику учебной деятельности колледжа, даёт теоретическую и практическую основу для формирования и развития морально-психологических и профессиональных качеств будущего специалиста. Читаемый в рамках вводных дней курс лекций «Введение в специальность» акцентирует внимание на учебной и профессиональной мотивации. На классных часах, проводимых классными руководителями в первую неделю обучения на тему «Устав колледжа», студенты-первокурсники знакомятся с принятыми нормами, требованиями, традициями и историей учебного заведения.

Особое место в формировании у обучающихся мотивации к включению во внеурочную деятельность занимает привлечение студентов-первокурсников к активному участию в мастер-классах, проводимых педагогами дополнительного образования, где студенты знакомятся с тем видом деятельности, который будет осуществляться в дальнейшем при посещении кружков художественного цикла и спортивных секций.

Большую роль в эффективной адаптации первокурсников играет такая форма организации внеурочной деятельности, как студенческое самоуправление, которое создает условия для формирования организаторских способностей и проявления ответственности, самостоятельности. Так, к организации и проведению мероприятий, проводимых в рамках вводных адаптационных дней, активно привлекаются кураторы – студенты старших курсов, подготовленные по специальной программе «Школа личностного роста «Лидер»». В первые дни пребывания обучающихся в колледже ими проводятся тренинги на знакомство, сплочение коллектива, повышение самооценки. Привлечение к участию в проведении вводных адаптационных дней старшекурс-

ников служит хорошим примером и мотиватором первокурсников для активного включения в разнообразные формы внеурочной деятельности.

Одновременно в ходе вводных адаптационных дней администрация колледжа проводит первое организационное родительское собрание на тему: «Особенности учебно-воспитательного процесса и адаптации к нему студентов-первокурсников», создавая предпосылки для продуктивного взаимодействия колледжа и семьи несовершеннолетних обучающихся.

Основной этап. Содержание данного этапа составляет непосредственное сопровождение психофизиологической, социально-психологической и учебно-профессиональной адаптации студентов-первокурсников посредством внеурочной деятельности.

В рамках работы по сопровождению психофизиологической адаптации используется потенциал разнообразных форм внеаудиторной работы (индивидуальные консультации, тренинги, занятия в спортивных секциях и др.), направленных на формирование у студентов-первокурсников навыков саморегуляции психоэмоционального и функционального состояния организма, повышение устойчивости к воздействию адаптационных стресс-факторов, снятие тревожности, напряжения, повышение работоспособности, приобретение уверенности в своих возможностях и способностях, а также овладение умениями контролировать свои действия и поступки.

С этой целью педагогом-психологом колледжа проводится психодиагностика обучающихся. С этой целью применяются анкетирование, проективные методики, метафорические ассоциативные карты, опросники, направленные на выявление психологических особенностей личности, эмоционального дискомфорта и т.д. По результатам диагностики педагогом-психологом и классными руководителями проводятся индивидуальные психологические консультации, педагогические беседы, тренинговые занятия, направленные на стабилизацию психологического состояния обучающихся, снятие у них чувства напряжения и тревоги, повышение уровня самооценки, укрепление веры в себя и собственные силы.

Одновременно на решение задачи успешной психофизиологической адаптации работает привлечение обучающихся к занятиям в спортивных секциях, а также многочисленных физкультурно-оздоровительных мероприятиях («На старт, новичок!», «Веселый старты», «Зимние забавы», дни здоровья, первенства учебных комплексов по видам спорта, товарищеские

встречи со студентами учреждений СПО и ВПО по мини-футболу, волейболу, баскетболу и др.), повышающих адаптационный потенциал, улучшающих функциональное состояние организма и повышающих устойчивость к воздействию адаптационных стресс-факторов.

На втором этапе педагогического сопровождения адаптации обучающихся колледжа проводится комплекс мероприятий, направленный на успешную социально-психологическую адаптацию средствами внеурочной деятельности, способствующий принятию первокурсниками новой социальной роли студента и установления адекватных связей и отношений с социальным окружением [3].

Особая роль в решении данной задачи отводится включению студентов-первокурсников в проводимые во внеурочное время мероприятия различной направленности: общеинтеллектуальные (работа пресс-центра колледжа, научно-практические конференции «Ступени в будущее», предметные олимпиады, недели специальностей и др.); общекультурные (праздничные концерты, выставки и конкурсы творческих работ, конкурсные мероприятия между отделениями «Таланты среди нас», «Студенческая весна», «День юмора» и др.); духовно-нравственные и патриотические («Уроки мужества», циклы классных часов военно-патриотической направленности, акции и флешмобы, посвященные важным историческим событиям и государственным праздникам, диспуты (например, «Служба в армии – долг или обязанность?»), встречи с ветеранами «Поговорим о жизни...» и др.). Участие студентов-первокурсников в разного рода мероприятиях способствует сплочению студенческого коллектива, расширению дружеских контактов, формированию у обучающихся коммуникативных умений и навыков, а также позитивным самореализации и самоутверждению как важнейшим условиям психологического благополучия и успешной социально-психологической адаптации.

В свою очередь, реализуемое во внеурочное время дополнительное образование представлено в колледже объединениями: спортивной (спортивные секции «Монолит», «Атлет», «Бодибилдинг»); художественной («Литературная гостиная», «Поэтический клуб», вокальная студия «Созвездие», студия «Перфоманс»); социально-гуманитарной (школа актива «Лидер», «Клуб аниматоров», студенческие клубы «Искра» и «Пламя»); технической (объединения «Основы геодезии», «Новые технологии в строительстве», «Техническая

механика», «Проектирование строительных конструкций», «Графический дизайн», проектная мастерская «СПАМ», «Мастерская прикладного дизайна», «Дизайн в архитектурной среде»), а также туристско-краеведческой (кружок «Краевед») направленностей. Благодаря системной, разноплановой работе каждый студент-первокурсник может найти в колледже занятие по душе, получить возможность самореализоваться, прожить ситуации успеха и повысить свой статус в глазах сокурсников, что позволяет существенно облегчить процесс социально-психологической адаптации к условиям колледжа.

Значимое место в системе педагогического сопровождения средствами внеурочной деятельности адаптации обучающихся первого курса на втором этапе занимает обеспечение их учебно-профессиональной адаптации. Понимание особенностей организации учебного процесса в организации СПО, освоение системы знаний, овладение умениями и навыками выступают основой академической успеваемости студента-первокурсника как одного из важнейших показателей его учебно-профессиональной адаптированности [4; 5].

Так, для студентов первого курса в колледже ежегодно проводится месячник «Учись учиться», в рамках которого изучается расписание занятий, анализируется объем ежедневного домашнего задания и занятость первокурсников во внеурочное время. В течение учебного года проводятся предметные недели и олимпиады по общеобразовательным дисциплинам. В рамках «Недели специальности» осуществляется комплекс профориентационных мероприятий: экскурсии на предприятия города; конкурсы плакатов «Моя будущая профессия»; встречи с ветеранами профессии и представителями трудовых династий; профориентационные фестивали с погружением в специфику будущих профессий. Главное назначение названных мероприятий заключается в стимулировании познавательной активности и мотивации к будущей профессиональной деятельности как важного условия успешной учебно-профессиональной адаптации первокурсников. Аналогичным целям служит широкое использование во внеурочной деятельности таких активных и интерактивных форм и методов, как круглые столы, дебаты, деловые и ролевые игры, интерактивные экскурсии, мастер-классы и другие.

Одновременно целям повышения уровня мотивации к учебно-профессиональной деятельности, стимулирования процесса профессионального самоопределения, а так-

же повышения качества профессиональной подготовки служат: участие в работе специализированных центров компетенций (СЦК) «Кирпичная кладка», «Малярные и декоративные работы»; конкурсах, проектах, олимпиадах (Всероссийский конкурс-олимпиад им. В.Е. Татлина, Международная конференция им. В.Е. Татлина, проект «PROдвижение58», внутриколледжный отборочный этап чемпионата для участников соревнований WSR по ряду компетенций, региональный конкурс WorldSkills «Молодые профессионалы» и др.).

Заключительный этап. Основная задача данного этапа состоит в анализе полученных результатов, обобщении опыта и коррекции программы с учётом полученных результатов. Рефлексия деятельности проводится по таким параметрам, как: освоение обучающимися статуса «студент колледжа», правил, норм и требований колледжа; анализ и оценка достижений и результатов деятельности; анализ проблем адаптационного периода, определение путей их решения; коррекция индивидуальной траектории развития обучающегося в колледже [6].

Заключение

Внеурочная деятельность выступает эффективным инструментом педагогического сопровождения адаптации обучающихся колледжа первого года обучения. В содержательном плане педагогическое сопровождение осуществляется в несколько этапов,

каждый из которых направлен на решение определённой группы задач посредством использования потенциала внеурочной деятельности. Представленный опыт поэтапной организации и осуществления педагогического сопровождения адаптации студентов-первокурсников колледжа средствами внеурочной деятельности может быть использован для обеспечения успешной психофизиологической, социально-психологической и учебно-профессиональной адаптации обучающихся в образовательных организациях СПО.

Список литературы

1. Воскресенко О.А., Остапенко Н.А. Педагогическое обеспечение в системе деятельности по адаптации обучающихся колледжа // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 2. С. 129-133.
2. Воскресенко О.А., Игошин С.Н. Адаптация обучающихся колледжа как педагогическая проблема // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4-2. С. 272-276.
3. Толканюк З.А. Социально-психологическая адаптация студентов-первокурсников в колледже // Гуманитарные балканские исследования. 2019. Т. 3. № 2 (4). С. 79-81.
4. Воложанинова А.Р., Терентьева С.Н. Особенности адаптации студентов на начальном этапе обучения в вузе (на примере ФГБОУ ВО «Сыктывкарский Государственный Университет им. Питирима Сорокина») // Человек. Культура. Образование. 2021. № 2 (40). С. 157-169.
5. Попова Ю.И., Шкуропий К.В., Аветисян Т.С. Психолого-педагогическое сопровождение учебной адаптации обучающихся колледжа // Общество: социология, психология, педагогика. 2020. № 8. С. 3-6.
6. Коновалова Л.И. Адаптация студентов-первокурсников в колледже // Научный альманах. 2021. № 10-1 (84). С. 59-62.

УДК 372.881.111.1

УЧЕБНЫЙ ГЛОССАРИЙ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕКСИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ОБУЧЕНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННОМУ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

Левандровская Н.В.

ФГКВБОУ ВО «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова», Краснодар, e-mail: ninelle1705@mail.ru

В статье рассматривается лингводидактический потенциал учебного глоссария в обучении профессионально ориентированному иностранному языку в военном авиационном вузе. Доказывается актуальность разработки глоссария предметной области «военная авиация» и использование его как рабочего инструмента в формировании лексической иноязычной компетенции в образовательном процессе. В статье также рассматриваются общие лексикографические критерии по составлению отраслевых словарей, описываются основные принципы отбора терминологической лексики, способы ее организации в словаре, анализируется структура словарной статьи и расположение в ней основных видов информации. Автор уделяет внимание особенностям изучаемой терминологии в сфере военной авиации, а также представлению и толкованию терминологических единиц с использованием помет в словаре. В статье охарактеризованы основные способы расположения лексического материала в отраслевых лексикографических источниках. С помощью примеров продемонстрированы систематизирующая, нормативная, информационно-справочная и учебные функции глоссария. Приводятся примеры практического использования глоссария в учебном процессе, анализируются формы работы со словарем и даются примерные виды заданий по формированию лексических навыков. Описывается положительное влияние работы с учебным глоссарием на познавательную самостоятельность учащихся.

Ключевые слова: учебный глоссарий, профессионально ориентированная иноязычная компетенция, терминологический тезаурус, узкоспециализированные термины, терминология военной авиации, стандартизация лексических единиц, лингводидактический потенциал

LEARNER'S GLOSSARY AS A MEANS OF LEXICAL COMPETENCE DEVELOPMENT IN PROFESSIONALLY ORIENTED FOREIGN LANGUAGE TRAINING

Levandrovskaya N.V.

Krasnodar Higher Military Flight School, Krasnodar, e-mail: ninelle1705@mail.ru

This article deals with linguodidactic potential of the learner's glossary in professionally oriented foreign language training in higher military flight school. The relevance of glossary development in the subject domain "military aviation" and its use as a working tool in foreign language competence development in educational process are proved. The article also considers general lexicographical criteria used for specialized dictionary drafting, the main principles of terminology selection, methods of its organization in the dictionary are described; the structure of dictionary entry and the arrangement of the main data types in it are analyzed. The author pays attention to the peculiarities of the studied terminology in the sphere of military aviation, and also focuses on presentation and interpretation of terms using dictionary labels. The paper characterizes the general methods of vocabulary layout in the specialized dictionaries. Glossary's systematized, normative, informational and training functions are illustrated with the help of examples. The examples of glossary's practical use in the training process are provided; techniques of dictionary work are analyzed; model tasks on lexical skill formation are given. It describes the positive effect of the work with learner's glossary on the students' cognitive self-dependence.

Keywords: learner's glossary, professionally oriented foreign language competence, terminological thesaurus, highly specialized terms, military aviation terminology, standardization of lexical units, linguodidactic potential

Современная образовательная парадигма рассматривает обучение в высшей школе в контексте компетентного подхода, обеспечивающего будущего специалиста профессиональными и личностно значимыми компетенциями для решения профессионально-коммуникативных задач в конкретной сфере деятельности. В области обучения иностранному языку в техническом вузе приоритетным является формирование профессионально ориентированной иноязычной компетенции, которая развивает «способность и готовность специалиста, осознающего себя языковой личностью,

к эффективному осуществлению иноязычного общения и взаимодействию в ситуациях профессионального и бытового характера в межкультурном пространстве» [1, с. 56]. Успешное овладение иностранным языком в профессиональных целях основано на интеграции методов и подходов в обучении, которые «отражают отраслевую специфику, особенности будущей специальности и особенности процесса овладения ею» [2, с. 12] и обусловлено прочным запасом специальной лексики, необходимой в профессиональной коммуникации. Приоритетность лексического аспекта в содержании

обучения иностранному языку неоднократно подчеркивалась ведущими методистами и психологами (И.Л. Бим, И.А. Зимняя, Е.И. Пассов, А.Н. Шамов, С.Ф. Шатилов и др.). В военном авиационном вузе формирование лексического минимума требуется в объеме, необходимом для понимания текстов профессиональной направленности, для общения в ситуациях моделирования профессиональной деятельности, понимания иноязычной речи на слух и адекватного реагирования на устные высказывания. В результате освоения терминологической лексики у учащихся формируется активный и пассивный словарный запас, который применяется в обучении различным видам речевой деятельности. Терминологический тезаурус рассматривается и как «базовый академический словарь», и как «базовый профессиональный словарь» с лексикой «высокой степени специализации» [3] и служит основой формирования профессионально ориентированной лексической компетенции.

Организация процесса овладения специальной лексикой включает «вариативность подходов в обучении с учетом интересов аудитории, эффективный выбор рациональных стратегий в работе с терминологическими единицами» [4, с. 89] и поэтапность формирования лексических навыков. Также неотъемлемой частью работы с лексикой является обучение учащихся оптимальному использованию различных видов лексикографических источников, которые в учебном процессе выполняют справочную, систематизирующую, учебную и нормативную функции. Использование различного рода словарей способствует приобретению очень важных учебных навыков по поиску нужной лексической единицы в структуре словаря, уточнение значения слова согласно его частеречной принадлежности, грамматическим, стилистическим и другим характеристикам.

Цель данного исследования заключается в описании лингводидактического потенциала учебного глоссария в обучении профессионально ориентированному иностранному языку, рассмотрении критериев отбора и состава специальной лексики, анализа структуры словарной статьи и разработки проекта учебного глоссария по темам «Вооруженные силы» и «Военно-воздушные силы».

Материалы и методы исследования

Материалы и методы исследования включают теоретический анализ научной литературы по терминографии и проблематике исследований разработки учебных

глоссариев в различных профессиональных сферах деятельности, анализ и использование отраслевых словарей и терминологических справочных изданий для описания содержания учебного глоссария в предметной области «военная авиация».

Результаты исследования и их обсуждение

С учетом профессиональной направленности обучения учащиеся используют двуязычные словари общего назначения, а также отраслевые переводные словари (авиационный или военный словари), профессиональные словари справочного характера и т.д. Следует отметить, что многие печатные издания не могут покрыть все запросы на определение терминологических значений слов ввиду их отставания в сфере фиксации новых терминов в процессе научно-технологической революции и динамики развития профессионального знания. Для решения данного рода проблем привлекаются различные онлайн-ресурсы, которые более мобильны в представлении новой информации о терминах. Также в работе со специальными текстами, инструкциями и документацией на иностранном языке составляются специальные глоссарии для формирования представления о понятийно-категориальном аппарате данной предметной области, базовых и узкоспециальных терминах через дефиниции, толкования значений слов, перевод, стилистические пометы, синтагматические и семантические характеристики.

Глоссарии представляют собой рабочий инструмент, который широко используется не только в образовательной сфере, но может служить приложением к научному труду, докладу, проекту, нормативному документу в различных областях деятельности. Изначально глоссарий определялся как словарь узкоспециализированных терминов в какой-либо отрасли знания с толкованием. Его основное назначение – собрать наиболее унифицированные терминологические единицы, объединенные определенной тематикой, и повысить качество переводов различных текстов по специальности, не допуская разночтений при использовании стандартизированных терминов, профессионализмов, общеупотребительной лексики в терминологических контекстах.

Считается, что глоссарий – это исторический прототип одноязычного толкового словаря, когда на полях фиксировались «глоссы» – наиболее трудные для понимания слова. В современном применении он понимается как словарь основных понятий, связанных с изучением конкретной

дисциплины. Его отличие от традиционных словарей и словарей-справочников заключается в тематически узконаправленном формате и ограниченном объеме терминологических единиц для обеспечения профессионально значимой лексической информацией.

Проблематика терминографии неоднократно освещалась в исследованиях зарубежных и отечественных лексикографов (Р.Р.К. Хартманн, Г. Джеймс, Б. Кипфер, Ф.У. Риггс, С.В. Гринев, О.М. Карпова, Е.В. Ятаева, Л.Ю. Буянова и др.). Рассматривались вопросы критериев отбора лексики, способов организации материала в словаре, структуры и содержания словарной статьи, функционального применения в учебном процессе.

Учебный глоссарий, фиксируя элементы научного знания «в форме термина как специализированной когнитивной единицы» [5, с. 123], является средством овладения языком определенной профессии и способствует формированию профессиональной картины мира будущего специалиста.

Вслед за Л.Ю. Буяновой мы определяем учебный глоссарий как особый тип терминологического словаря, в котором отражаются «когнитивные принципы обработки и структуризации научной информации и представлена история и результат познавательного процесса в той или иной гносеологической области» [5, с. 124].

В процессе обучения профессионально ориентированному иностранному языку в военном авиационном вузе назрела необходимость разработки учебного глоссария предметной области «военная авиация» ввиду недостаточного освещения необходимой терминологической информации в существующих лексикографических источниках, которые дают как устаревшую, недостаточно полную, так и разрозненную информацию об изучаемых терминах (перевод, толкование, деривационные отношения и т.д.). Поэтому представляется целесообразным тематически объединить важные с точки зрения функционального использования в специальных текстах терминологические единицы в конкретные множества слов с привлечением экстралингвистической и лингвистической информации.

Мы поддерживаем точку зрения Е.В. Ятаевой о важной роли глоссариев в учебном процессе, так как они направлены «на постепенное развитие учебно-познавательных умений самостоятельного овладения иноязычной лексикой на основе реализации учебно-справочной и деятельностно-формирующей функций» [6, с. 14]. Терминологический пласт языковой систе-

мы является постоянно растущим и одним из наиболее сложных для изучения. Терминология военной авиации представляет собой «системно структурированную и репрезентированную разнообразными вербально-семиотическими единицами» языковую систему, отражающую понятийный аппарат «специальных и узкоспециальных когнитивных сфер, таких как «Аэродинамика», «Аэронавигация», «Авиационное вооружение», «Авиационное материаловедение», «Авиационные двигатели», «Авиационные средства поражения», «Военные аэродромы», «Самолётостроение», «Самолётовождение», «Боевые, учебные и тактические задачи», «Приборы и оборудование» и многие другие» [7, с. 75]. Учитывая интегративный характер предметной области «военная авиация», ее терминологический аппарат включает лексические единицы различной структурной сложности, различной степени специализации, сочетаемости и употребления. Критерии отбора терминологической лексики для учебного глоссария основаны на их тематической ориентации, частотности употребления, актуальности и практической значимости в специальных текстах. Методика отбора базовых терминов в рамках изучаемых тем «Вооруженные силы» и «Военно-воздушные силы» заключается в соотнесении профессиональных понятий с их языковыми выражениями, ограничении их от слов, не являющихся терминами, в соответствии с требованиями однозначности, дефинированности, точности, отсутствия экспрессивной модальности и определения логико-семантических связей в сфере функционирования (текстах военно-авиационной направленности).

Следует учитывать тот факт, что многие базовые термины данной предметной сферы могут не соответствовать характеристикам идеальных терминов, то есть нескольких значений (полисемии), синонимичные варианты, быть громоздкими и не иметь четкого определения, описывающего все необходимые признаки терминируемого понятия. Следовательно, в этом случае необходимо учитывать принцип функциональной значимости многих лексических единиц в терминологическом поле (тексте). В словарной статье глоссария такие слова сопровождаются соответствующими пометами. Например, синонимичные термины должны иметь уточняющие толкования их значений:

reconnaissance – разведка, расследование, поиск;

intelligence – разведка, разведывательные данные, секретная информация;

surveillance – разведка, наблюдение, надзор.

Также важно привести примеры наиболее употребляемых словосочетаний:

aerial reconnaissance – воздушная разведка;

gather / collect intelligence – собирать секретную информацию;

space surveillance – наблюдение за космическим пространством.

Следует учитывать ограниченную лексическую сочетаемость терминов (*enemy advance* – наступление противника / *advanced aircraft* – усовершенствованный самолет), наличие британского и американского вариантов одного термина-понятия (*rank Br. / grade Am.* – звание), интернационального и исконного вариантов (*balance – trim* – балансировать), устоявшегося общепринятого термина и его разговорной формы (*interceptor – defender* – самолет-перехватчик), устоявшихся метафоричных терминов (*belly* – «брюхо» самолета), односложных и многокомпонентных вариантов одного термина (*drone – unmanned aerial vehicle*), общепринятых аббревиатур и сокращений (*AWACS* – самолет дальнего радиолокационного обнаружения и управления). Указания на соответствующие пометы и толкования уточняют семантизацию терминов и включают «информацию об эмотивном, коннотативном и этнокультурном аспектах лексического значения» [8, с. 120], позволяя дифференцировать лексику по профессиональным группам, сферам употребления, эмоциональной окраске и т.д. Л.Ю. Хмельская считает, что при пояснении термина «главными видами семантизации являются пометы (в основном стилистические), указание на производителя действия, словарное определение или парафраза. Функцию, сходную с семантизацией, часто выполняют уточнения к оттенкам значения переводящих единиц [9, с. 150]. Терминология военной авиации включает множество лексических единиц различного композиционного строения, стилистики и деривационных возможностей, поэтому для словарика разрабатываемого учебного глоссария будут отбираться наиболее унифицированные формы терминов, терминологических словосочетаний и аббревиатур в виде ключевых терминов, с указанием их возможных синонимичных вариантов, логико-семантических связей и синтагматики, так как в специальных текстах функционируют все виды специальной лексики от стандартизированных терминов, предтерминов, профессионализмов до общеупотребительных слов, выполняющих функцию термина в терминологических контекстах.

Общепризнанными способами организации лексического материала в отрас-

левых словарях считаются тематический, алфавитный и алфавитно-гнездовой. Так, в англо-русском учебном словаре-минимуме военной терминологии [10] за основу взят тематический принцип расположения терминов. Автор Г.А. Пасечник выделил 18 тем, разбитых на 89 секций (подтем). Например, тема 9 «Военно-воздушные силы» включает следующие секции: «Состав и задачи ВВС США», «Классификация летательных аппаратов ВВС США», «Тактико-технические данные самолетов и вертолетов», «Устройство самолета и вертолета», «Вооружение самолетов и вертолетов» и др. Данная организация слов позволяет разграничить некоторые многозначные термины, так как они попадают в разные секции: *wing* – авиакрыло (*подразделение ВВС*); крыло (*структурная часть самолета*).

В ряде отраслевых словарей по военной терминологии (авторы Г.А. Судзиловский, Л.Л. Нелюбин, Б.В. Киселев.) лексика систематизирована в алфавитном порядке. Каждый термин сопровождается дефиницией или эквивалентными терминами на английском языке. Данный способ удобен для изданий справочного характера, толковых словарей. Большинство военных и авиационных отраслевых словарей располагают информацию в алфавитно-гнездовом порядке, позволяя наиболее полно осуществить принципы «систематичности, системности, понятийно-категориальной детерминированности, семантической полноты, частеречной множественности, функционализма [5, с. 125].

Глоссарий предметной области «военная авиация» будет являться учебным словарем-минимумом интегративного типа, в котором выделяются два основных тематических раздела «Вооруженные силы» и «Военно-воздушные силы». Расположение терминов каждой части организуется по алфавитно-гнездовому принципу с описанием семантических и деривационных аспектов ключевых терминов. Такая подача лексического материала позволит «выстраивать ассоциативные отношения между английскими и русскими эквивалентами соответствующих терминов и иметь четкое представление о структуре и системных связях между понятиями двух языков» [11, с. 176].

В соответствии с лексикографическими критериями С.В. Гринева-Гриневица по составлению словарей (авторская установка, микрокомпозиция, макрокомпозиция) [12], принимаются во внимание такие параметры, как предметная ориентация словаря, его назначение, принципы отбора лексики, объем и состав основных частей словаря, принцип презентации терминов в словаре,

расположение и оформление лексической информации в рамках словарной статьи.

Типовая словарная статья располагает информацией в нескольких зонах и структурирует сведения о слове, что помогает легче увидеть сходства и различия слов в семантике, грамматических, стилистических характеристиках и в сочетаемости с другими словами. По мнению Т.В. Рябовой, «подавляющее большинство двуязычных терминологических словарей строится по принципу "термин – перевод" и практически не содержит дополнительных сведений», что, несомненно, недостаточно на сегодняшний день. Автор предлагает увеличить число «параметров описания лексемы, совмещение типов лексикографических источников (лингвистических, энциклопедических, переводных и толковых словарей)» [13, с. 94], чтобы дать исчерпывающую информацию пользователю. Мы согласны с мнением В.В. Дубичинского о том, что в структуре словарной статьи должен быть «полный набор всех видов информации о заголовочной единице. Это фонетическая, грамматическая, семантическая, сочетаемостная, словообразовательная, этимологическая, иллюстративная, энциклопедическая и др. информация» [14, с. 107].

Создаваемый глоссарий не ставит своей целью включить как можно больше слов и выражений в предметной области «военная авиация», в то же время описание термина должно включать те характеристики, которые обеспечивали бы учащихся всей необходимой информацией при переводе специальных текстов и изучения основного лексико-грамматического материала. Например:

defence *Br.* / defense *Am.* [dɪˈfens] *n* – оборона, защита (*от нападения*)

Action that is taken to protect someone or something against attack.

(*syn.*) – protection, security, guard

defences (*pl.*) – оборонительные сооружения, система (средства) обороны

defensive *a* – оборонительный

defender (*проф. разг.*) *n* – ЛА перехватчик (*syn.* interceptor)

Ministry of ~ *Br.* / Department of ~ (DOD) *Am. n phr* – министерство обороны

Secretary of State for ~ *Br.* / Secretary of ~

Am. n phr – министр обороны

~ Council *n phr* – Совет обороны

air ~ *n phr* – противовоздушная оборона (ПВО)

aircraft ~ *n phr* – прикрытие с воздуха

antimissile ~ *n phr* – противоракетная оборона

breach the enemy ~s *v phr* – прорывать оборону противника

Разработка учебного глоссария требует проведения определенной стандартизации лексических единиц через процедуры структурирования и ранжирования по значимости специальной лексики предметной области «военная авиация», что свидетельствует о нормативной функции словаря. Наряду с информационно-справочной функцией глоссарий выполняет также специализированную учебную функцию, направленную на совершенствование профессионального языка через пополнение терминологического тезауруса учащихся. В учебном процессе словари используются во время самостоятельной и индивидуальной работы с текстом. Умение работать со словарем учит вдумчивому, организованному и осмысленному овладению лексикой. Внеаудиторный практикум по иностранному языку предполагает работу с текстами военно-авиационной направленности, в ходе которой учащиеся тренируют навыки изучающего чтения, составляют список незнакомых слов с использованием словаря, выполняют задания к тексту на проверку понимания прочитанного или переводят его содержание. Использование лексикографических источников на практических занятиях также целесообразно во время выполнения письменных заданий к тексту, контрольных переводов, закрепления нового лексического материала, при выполнении различных предречевых упражнений. Например:

1) Read. Define parts of speech using dictionary. Translate.

destruct – destructing – destructive – destruction – destructor;

operate – operating – operational – operation – operator.

2) What do these abbreviations stand for? Find their meaning in the dictionary.

ARNG, AC, AR, RA, RC.

3) Make up new words using suffixes. Consult the dictionary.

-(il)ty, -ive, -ance, -ment, -ing, -al
flexible, versatile, defense, offense, maintain, strike, attack, logistics, tactics.

4) Read compound word combinations. Translate using dictionary.

carrier-based fleet, seagoing airbase, waterborne military vessel, blue-water navy.

5) Study the names of pilotless aircraft. Explain their difference using definitions from the dictionary. *Drone, UAV, UAS, RPAS, UCAV.*

Заключение

Работа с учебным глоссарием формирует познавательную самостоятельность обучающихся, находя отражение в их личностном саморазвитии. Лингводидактический потенциал учебного глоссария заключается

в стимулировании самостоятельного усвоения новой лексики через семантизацию, тренировку, применение в речи. Формирование иноязычной лексической компетенции с помощью учебного глоссария достигается через обеспечение оптимальных учебно-познавательных действий в работе с терминологической лексикой в совокупности с действиями самоконтроля и самооценки.

В заключение отметим, что разработка учебного глоссария в обучении профессионально ориентированному иностранному языку позволит систематизировать учебную профессиональную лексику, унифицировать и уточнить новые значения терминологических единиц, функционирующих в специальных текстах военной и авиационной направленности. Кроме того, внедрение в образовательный процесс глоссария предметной области «военная авиация» будет способствовать качественному формированию лексических навыков и овладению профессиональным языком в целом. Его расширенное применение в подготовке к устной речевой практике значительно повысит уровень познавательной активности и коммуникативной компетенции в обучении через обновление профессиональных знаний.

Список литературы

1. Абросимова И.Н. К вопросу о структуре и компонентном составе профессиональной иноязычной компетентности студентов энергетического профиля // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. № 3–1 (59). С. 55–59.
2. Жданько О.И. Методика формирования профессионально ориентированной лексической компетенции обучающихся в техническом вузе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Нижний Новгород, 2016. 25 с.
3. Федорова Н.Ю. К вопросу об отборе и организации профессионально-ориентированного учебного материала. Лексический аспект // Вестник СПбГУ. Сер. 9. 2010. Вып. 1. С. 186–196.
4. Левандровская Н.В. Лексический аспект обучения профессионально ориентированному иностранному языку в авиационном вузе // Современные подходы в обучении профессионально-ориентированному иностранному языку: коллективная монография. Краснодар: КВВАУЛ, 2021. С. 68–101.
5. Буянова Л.Ю. Терминологический словарь как когнитивная структура // Общая и учебная лексикография в условиях билингвизма: Теория. Методы исследования. Технологии: материалы Национальной научной конференции с международным участием (Грозный, 23–25 октября 2019 г.). Грозный: Чеченский государственный педагогический университет, 2019. С. 121–126.
6. Ятаева Е.В. Учебный глоссарий как средство развития учебной иноязычной лексической компетенции в профессиональном языковом образовании: автореф. ... канд. пед. наук. Екатеринбург, 2006. 21 с.
7. Буянова Л.Ю., Шпальченко Э.П. Предметная область «Военная авиация» как объект семиотико-прагматического исследования // Актуальные вопросы современной филологии: теория, практика, перспективы развития: материалы V Международной научно-практической конференции (Краснодар, 23 мая 2020 г.). Краснодар: Кубанский государственный университет, 2020. С. 73–75.
8. Левенталь И.В. Семантизация лексических единиц в учебных словарях для иностранцев. Поиск нового подхода // Филологические науки. Вопросы теории и практики. № 6 (36): в 2-х ч. Ч. II. Тамбов: Грамота, 2014. С. 120–125.
9. Хмелевская И.Ю. Возможные способы семантизации и пояснения термина в двуязычном словаре футбольной лексики // IV Сибирская школа молодого ученого: Материалы VII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 17–19 декабря 2001 г.). Т. 2. Томск, 2001. С. 150–155.
10. Пасечник Г.А. Англо-русский учебный словарь-минимум военной терминологии. М.: Воениздат, 1986. 232 с.
11. Зарицкая Л.А. Лексикографические критерии составления глоссария англоязычных терминов для будущего дизайнера // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. № 11 (160). С. 174–179.
12. Гринев-Гриневич С.В. Введение в терминографию: Как просто и легко составить словарь. М.: URSS, 2021. 222 с.
13. Рябова Т.В. Обучающий и исследовательский потенциал словарей английского языка // Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник материалов XXII Всероссийской научно-практической конференции (Краснодар, 01–02 июня 2021 г.). Краснодар: КВВАУЛ, 2021. С. 89–97.
14. Дубичинский В.В. Микроструктура инвариантного словаря // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2014. № 4 (20). С. 107–113.

УДК 37.042.2:159.9.072.433

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТАНЦЕ-ДВИГАТЕЛЬНОЙ ТЕРАПИИ НА СНИЖЕНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЕТЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Михайленко О.И., Догучаева Т.А., Мошура А.А.

ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»,
Нальчик, e-mail: doguchaeva@bk.ru

Статья посвящена анализу особенностей влияния комбинации двух психотерапевтических методик в виде арт-терапии и танцевально-двигательной терапии, которая приведет к снижению психоэмоционального напряжения детей с ограниченными возможностями здоровья. Предложена первая зарубежная теория танце-двигательной терапии, которая явилась основой разработки модифицированной авторской методики. Выявлен уровень психоэмоционального состояния у детей с ограниченными возможностями здоровья по истечению срока психотерапевтического периода в системе педагогического образования. Представлены результаты входной и повторной диагностики психоэмоционального состояния детей с ограниченными возможностями здоровья. Доказана эффективность комбинации из психотерапевтических методик в виде арт-терапии и танцевально-двигательной терапии. Обосновывается, что среди многочисленных социальных и физиологических факторов, воздействующих на когнитивные функции и эмоциональное состояние, первостепенное значение психолого-педагогической коррекции принадлежит физическим нагрузкам. Рассмотрено место педагога-психолога в системе психолого-педагогической службы в области инклюзивного образования. Анализируется степень воздействия педагога-психолога на раскрытие творческого потенциала ребенка, развитие коммуникативных навыков, способов самовыражения, понимания других людей и социальных ситуаций, преодоление тревоги и панических атак, обучение способам саморегуляции. Комбинация из арт-терапии и танцевально-двигательной терапии служит бесценным ресурсом самопознания и внутреннего развития ребенка. Экспериментально полученные данные дают возможность педагогу-психологу разработать психокоррекционную программу снижения уровня напряжения детей с ограниченными возможностями здоровья и коррекции когнитивных функций.

Ключевые слова: танцевально-двигательная терапия, арт-терапия, педагог, педагог-психолог, дети с ограниченными возможностями здоровья, психоэмоциональное напряжение

PECULIARITIES OF THE INFLUENCE OF DANCE MOVEMENT THERAPY ON THE REDUCTION OF PSYCHO-EMOTIONAL STRESS OF CHILDREN WITH DISABILITIES OF HEALTH

Mikhaylenko O.I., Doguchaeva T.A., Moshura A.A.

Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik,
e-mail: doguchaeva@bk.ru

The article is devoted to the analysis of features of the influence of a combination of two psychotherapeutic techniques in the form of art therapy and dance and movement therapy, which will lead to a decrease in the psychoemotional tension of children with disabilities. The first foreign theory of dance and movement therapy, which was the basis for the development of the author's modified method, was offered. The level of psychoemotional state in children with disabilities at the end of the psychotherapeutic period in the system of teacher education was revealed. The results of entrance and repeated diagnostics of the psychoemotional state of children with disabilities are presented. The effectiveness of a combination of psychotherapeutic techniques in the form of art therapy and dance and movement therapy has been proven. It is substantiated that among numerous social and physiological factors influencing cognitive functions and emotional state, the paramount importance of psychological and pedagogical correction belongs to physical activity. The article considers the place of the educational psychologist in the system of psychological and pedagogical service in the field of inclusive education. The degree of influence of the pedagogue-psychologist on revealing of the child's creative potential, development of communicative skills, ways of self-expression, understanding of other people and social situations, overcoming of anxiety and panic attacks, teaching of methods of self-regulation are analyzed. The combination of art therapy and dance and movement therapy serves as an invaluable resource for the child's self-knowledge and inner development. The experimentally received data allow the educational psychologist to develop a psychologically corrective program to decrease the level of tension in children with disabilities and to correct cognitive functions.

Keywords: dance and movement therapy, art therapy, teacher, educational psychologist, children with disabilities, psycho-emotional tension

Опираясь на опыт многих новаторов танцевальной терапии, специалисты разработали методику и приемы танцевально-двигательной терапии, выработали системные рекомендации. Но всего этого еще недостаточно для масштабного решения проблемы профессионального использования методики танцевально-двигательной терапии

в процессе становления личности ребенка. Высокая значимость и недостаточная практическая разработанность этой проблемы определяют новизну этого исследования.

Цель исследования – выявить особенности влияния танце-двигательной терапии на психоэмоциональное состояние детей с ограниченными возможностями здоровья.

Объектом исследования явились дети с ограниченными возможностями здоровья, а предметом исследования – психоэмоциональное состояние детей с ограниченными возможностями здоровья.

Задачи исследования:

- выявить уровень изученности проблемы снижения психоэмоционального напряжения у детей с ограниченными возможностями здоровья;

- выявить основные подходы к решению проблемы снижения психоэмоционального напряжения у детей с ограниченными возможностями здоровья;

- установить уровень психоэмоционального напряжения у детей с ограниченными возможностями здоровья;

- подобрать психокоррекционную программу снижения уровня напряжения детей с ограниченными возможностями здоровья;

- установить уровень эффективности использованной методики снижения уровня напряжения детей с ограниченными возможностями здоровья.

Материалы и методы исследования

Методологическими основами исследования явились психодинамические теории развития З. Фрейда, К.Г. Юнга, гуманистический подход преобразующего взаимодействия К. Роджерса, учение о высшей нервной деятельности физиологической школы И.П. Павлова; психофизиология исследовательской активности, сна и творчества латвийского психолога И.А. Аршавского, физиология активности Н.А. Бернштейна, направление соматической терапии М.В. Левина; философское направление соотношения личности и движения И. Адо, направление классического танца Т.Б. Нарской и др. [1].

Теоретические основы исследования: круговой танец как функция внутригруппового единства и межличностных отношений, аутистичное движение, целенаправленный выбор музыки, ритмическая групповая активность, кинестетическая эмпатия, экспериментирование с движением и прикосновением, техники работы с «мышечным панцирем», использование невербальных ритуалов, организация различных видов обратной связи [2].

Методы исследования: анализ, синтез и обобщение психолого-педагогической литературы, метод поперечных срезов, сравнительный и опросный методы, наблюдение, психолого-педагогический эксперимент, математические, генетический и структурный методы.

Методический инструментарий: опросник САН В.А. Доскина, Н.А. Лаврентьева, В.Б. Шарай и М.П. Мирошникова, танце-

важно-двигательная терапия Мэриан Чейс, арт-терапия, коэффициент корреляции Манна – Уитни.

Базой исследования стало государственное учреждение здравоохранения «Психоневрологический диспансер» Министерства здравоохранения Кабардино-Балкарской Республики. В экспериментальном исследовании принимали участие 30 детей с ограниченными возможностями здоровья в возрасте от 7 до 10 лет, по 15 испытуемых в экспериментальной и контрольной группах.

Теоретическая значимость исследования состоит в определении роли компетентного педагога-психолога в психотерапевтической практике при проведении психокоррекционных мероприятий в системе инклюзивного образования для детей с ограниченными возможностями здоровья с целью снижения психоэмоционального напряжения детей с ограниченными возможностями здоровья, а практическая значимость исследования – в определении роли комбинации двух психотерапевтических техник в виде арт-терапии и танцевально-двигательной терапии с целью снижения психоэмоционального напряжения детей с ограниченными возможностями здоровья.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ психолого-педагогической литературы показал, что танцевально-двигательная терапия характеризуется как неотъемлемая часть физического и умственного развития детей. Данный вид терапии недостаточно изучен в системе инклюзивного образования и требует места как отдельное направление, которое подразумевает специфическую подготовку и специальное образование, несмотря на то, что в процессе терапии взаимодействуют несколько направлений терапии творческого самовыражения. Грамотное внедрение педагогических технологий для детей с ограниченными возможностями здоровья имеет многообразную вариацию, при этом необходимо их продуктивно совмещать в сфере образования. Двигательная активность важна при развитии организма: улучшается деятельность сердечно-сосудистой и нервной систем, улучшается кровообращение, развивается дисциплинированность, что оказывает благоприятное воздействие на когнитивные функции человека [3].

Таким образом, при работе с детьми с ограниченными возможностями здоровья мы должны учитывать, что одна из главных задач педагога-психолога – уделять внимание психоэмоциональной составляющей ребенка, поскольку посредством влияния внешних

факторов у ребенка возникает неблагоприятное эмоциональное состояние, дискомфорт, тревога, стресс. Как следствие, у ребенка наблюдается отвлекаемость внимания, снижение памяти и усвоения информации, снижается эффективность деятельности [3].

Танцевально-двигательная терапия является одним из подходов к снижению и стабилизации психоэмоционального напряжения. Детям с ограниченными возможностями здоровья зачастую очень трудно адаптироваться к новой обстановке в образовательных центрах, медицинских учреждениях. Мы должны понимать, что это новая среда, новые дети, новый персонал. В зависимости от потребностей ребенка образовательная среда должна видоизменяться в соответствии с его психическими и физиологическими особенностями.

Перед психологами-педагогами стоит трудная задача – создать условия для ребенка с ОВЗ для полноценного оказания помощи в адаптации к новой среде для эффективного образовательного процесса и снижения психоэмоционального напряжения, которое возникает у детей. При решении эмоционально-волевых проблем важно учитывать, что ребенок находится в ситуации взаимодействия с другими детьми. Дети, которые изначально не дают до себя дотрагиваться, в результате идут на контакт и держатся за руки с остальными. У детей с познавательными проблемами на фоне положительного эмоционального подкрепления формируется моторная и зрительно-моторная координация, развиваются пространственные представления, память, серийная организация действий [4].

Для всех детей с ограниченными возможностями здоровья важно, что на занятиях танцами они учатся лучше осознавать свое тело и управлять им.

Одну из важных ролей психологической службы инклюзивного образования осуществляет психолог при развитии координации движений руки и мелкой моторики. Данное развитие не только важно при подготовке к письму, оно благоприятно воздействует на психоэмоциональную стабильность и, как следствие, на продуктивную мыслительную деятельность. Таким образом, при работе с детьми с ограниченными возможностями здоровья мы должны учитывать многогранность личности ребенка, поскольку психика ребенка с ограниченными возможностями здоровья очень уязвима, и педагог-психолог должен способствовать улучшению состояния ребенка, а также продуктивной деятельности ребенка. В связи с трудностью работы с детьми психолог задействует многочисленные подходы к решению проблемы психоэмоциональной со-

ставляющей ребенка, поскольку это одна из главных составляющих продуктивной работы детей [5].

Наше исследование было направлено на изучение влияния танцевально-двигательной терапии на психоэмоциональное состояние детей, пребывающих в психоневрологическом диспансере.

Выборки сформированы по следующему принципу.

Была сформирована контрольная группа (15 чел.) детей с ограниченными возможностями здоровья, с диагнозами по МКБ-10, только прибывших на диспансеризацию, которые не проходили танцевально-двигательную терапию и находились на медикаментозном лечении, и экспериментальная группа детей с ограниченными возможностями здоровья из 15 чел., которые проходили танцевально-двигательную терапию с применением арт-терапевтических техник на протяжении двух месяцев три раза в неделю.

На организационном этапе нам была предоставлена просторная светлая меблированная комната, где проходили занятия с детьми с ОВЗ, которых было 15 чел. Проводилось знакомство и установление контакта. Дети рассаживались за столы, им раздавались листы чистой белой бумаги и карандаши.

Эмпирический этап характеризовался методом поперечных срезов, где мы проводили диагностику контрольных и экспериментальных групп. Данный метод позволил нам охватить группу лиц разного возраста с получением более точных результатов в результате научного эксперимента. В рамках метода поперечного среза была проведена методика опроса САН с контрольной и экспериментальной группами, в результате которой мы получили данные, представленные на рис. 1, и вывели средние показатели, где, выборка X – это контрольная группа, а У – экспериментальная группа детей с ОВЗ. В обеих группах мы наблюдаем проблемы с самочувствием, что проявлялось в головных болях, нестандартных ощущениях в теле и слабости.

На первом этапе наша задача заключалась в установлении контакта с детьми, используя метод арт-терапии. Этап занимал около 10 мин, дети рисовали то, что им хотелось, и тем самым знакомились друг с другом и с психологом, объясняя и рассказывая то, что они рисуют. По завершении этапа мы с детьми обсуждали полученные рисунки: в большей степени преобладали дома и изображение людей, дети характеризовали это как большое желание вернуться домой и ощущение тоски по родным и близким, в основном по маме. После установления контакта проводилось тестирование для определения их настроения, самочувствия и активности.

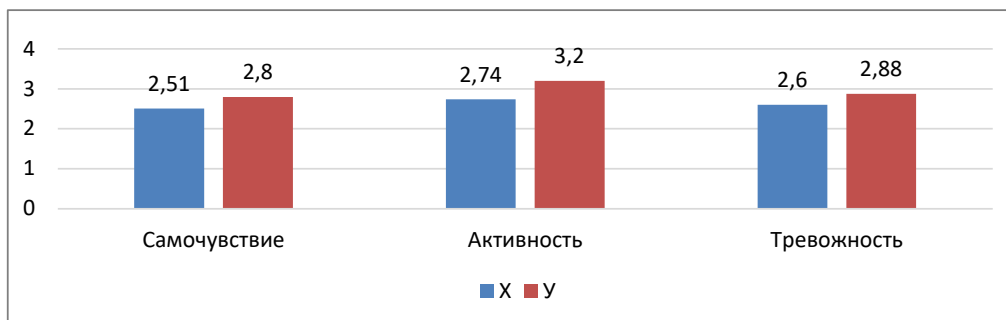


Рис. 1. Результаты входной диагностики психоэмоционального состояния детей с ограниченными возможностями здоровья

Второй этап заключался в проведении танцевально-двигательной терапии. Необходимо было тщательно подобрать музыкальное сопровождение, поскольку реакция детей на музыку была разнообразная: некоторые сначала пугались, некоторые радовались и начинали самостоятельно выполнять импровизационные движения. Занятие заключалось в разминке по технике «Зеркало». Дети отзеркаливали движения танцтерапевта и концентрировали свое внимание, чтобы повторить «правильно». Иногда психолог приносил обозначения тех частей тела, которые отзеркаливались – «правая рука», «левая нога», «шея», что повторяли дети, с образовательной целью.

Для сплочения коллектива вводилась адаптированная техника «Круг дружбы». По нашим наблюдениям, детям сложно вступать в контакт друг с другом, что характеризовалось агрессией, иногда оскорблениями по принципу «я с ним не буду дружить». Техника «Круг дружбы» показала свою эффективность следующим образом. Первоначально была задача всем взяться за руки, что уже давалось с определенными трудностями. Дети садились в круг с психологом, и сначала каждый самостоятельно поднимал руки «к солнцу», дети с интересом вовлекались в занятие. Стабилизировав положительный психологический климат среди учащихся, им давали задание взяться за руки, чтобы всем вместе «поприветствовать солнышко». По нашим наблюдениям, дети активно с радостью брались за руки и тянулись к солнцу, после чего все вместе вставали за руки в кругу и продолжали выполнять движение стоя. После сплочения коллектива проговаривалась тема «Дружба» и вырабатывался командный дух со словами «Мы команда!».

Третий этап заключался в снижении активности, в проведении арт-терапии. По нашим наблюдениям, после занятия дети рисовали в основном изображения

сердец, цветов, дети делились между собой рисунками и активно обсуждали полученные «картины». Цветовая гамма преобладала яркая.

Контрольная группа детей с ограниченными возможностями здоровья находилась на медикаментозном лечении, также некоторые дети работали с дефектологами.

Занятия проходили с периодичностью три раза в неделю на протяжении двух месяцев.

По завершению установленного периода нами был проведен второй поперечный срез с помощью методики опроса САН, результаты средних показателей которого представлены на рис. 2.

На основании полученных данных нами был проведен математический анализ данных методом корреляции Манна – Уитни. Основной задачей являлось установление в количественном выражении силы и направления связи, согласованности изменения, между выборками X и Y. Достоверность вывода проверяется с помощью H_0 – гипотезы, опровержение которой свидетельствует об осуществлении корреляционной зависимости X и Y.

Выборки мы обозначили следующим образом:

X – дети с ограниченными возможностями здоровья, которые не проходили наши психокоррекционные мероприятия;

Y – дети, которые проходили психокоррекционные мероприятия.

По результатам корреляционного анализа мы получили следующие результаты:

По шкале «Самочувствие» результат: $U_{Эмп} = 4$.

По шкале «Активность» результат: $U_{Эмп} = 3$.

По шкале «Тревожность» результат: $U_{Эмп} = 6$.

Эмпирические значения, полученные в ходе исследования, находятся все в зоне уровня значимости.

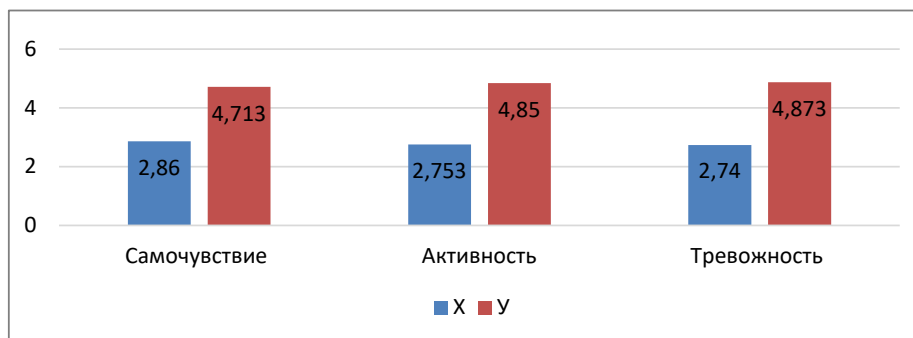


Рис. 2. Результаты повторной диагностики психоэмоционального состояния детей с ограниченными возможностями здоровья

Заключение

На основании проведенного метода поперечных срезов установлено психоэмоциональное состояние контрольной и экспериментальной групп детей с ограниченными возможностями здоровья, результаты которого показали необходимость составления психокоррекционной программы, заключающейся в комбинации двух психотерапевтических методик: арт-терапии и танцевально-двигательной терапии.

Посредством проведенного опроса «Самочувствие, Активность, Настроение» выявлен уровень психоэмоционального состояния детей с ограниченными возможностями здоровья. Анализ полученных данных показал необходимость разработки психокоррекционной программы, соответствующей требованиям состояния организма детей с ограниченными возможностями здоровья.

При правильном внедрении новой психокоррекционной программы, по истечению двух месяцев работы, был проведен повторный метод поперечного среза, с помощью которого установлена положительная динамика влияния психокоррекционной программы на психоэмоциональное состояние детей с ограниченными возможностями здоровья.

По результатам полученных диагностических данных социально-психологического эксперимента был проведен математический анализ U-критерий Манна – Уитни, результаты которого подтверждают эффективность комбинации двух психотерапевтических методик в виде арт-терапии и танцевально-двигательной терапии. Показатели по трем шкалам опроса «Самочувствие. Активность.

Настроение» приближены к нулю на оси значимости математического анализа.

Результаты проведенной психолого-педагогической диагностики показали уровень эффективности разработанной нами психокоррекционной программы, направленной на комбинацию двух психотерапевтических методик: арт-терапии и танцевально-двигательной терапии. На основании полученных диагностических данных подобраны движения и музыка для проведения танцевально-двигательной терапии.

С помощью корреляционного анализа коэффициента Манна – Уитни установлена эффективность влияния психокоррекционной программы на психоэмоциональное состояние детей, результаты которой приближены к нулю и находятся в зоне значимости.

Таким образом, установлена эффективность влияния разработанной нами психокоррекционной программы, заключающейся в комбинации двух психотерапевтических методик для детей с ограниченными возможностями здоровья: арт-терапии и танцевально-двигательной терапии.

Список литературы

1. Чайклин Ш., Венгровер Х., Фишман Д. Искусство и наука танцевально-двигательной терапии. Жизнь как танец. М.: Когито-Центр, 2017. 420 с.
2. Психология эмоций. Тексты / Под ред. В.К. Вилонаса, Ю.Б. Гиппенрейтер. М.: Издательство Московского университета, 1984. 288 с.
3. Лайшева О.А., Житловский В.Е., Корочкин А.В., Лобачева М.В. Ранний детский аутизм. Пути реабилитации: учебно-методическое пособие для студентов. М.: Спорт, 2017. С. 130.
4. Александров А.А. Аналитико-катартическая терапия эмоциональных нарушений. СПб.: Спецлит, 2017. 237 с.
5. Вудроф Д. Точка за точкой. Арт-терапия. Минск: Попурри, 2018. 208 с.

УДК 371.134

**АДМИНИСТРАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ
НЕПРЕРЫВНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РОСТА ПЕДАГОГОВ****Стерхов А.А.***МБОУ гимназия «Лаборатория Салахова», Сургут, e-mail: sterkhov1979@mail.ru*

Статья посвящена исследованию проблемы административно-методического сопровождения непрерывного профессионального роста педагогов общеобразовательной организации. Дается краткий обзор генезиса изучаемой проблемы в историческом аспекте. Рассматривается вопрос о создании авторской системы административно-методического сопровождения, способствующей непрерывному развитию и саморазвитию педагога как профессионала высокого уровня. Вводятся критерии характеристики каждого из новых уровней, достигаемых работником сферы образования: педагог, педагог-методист и педагог-наставник. Предлагаются авторские определения терминов «непрерывный профессиональный рост педагога», «административно-методическое сопровождение непрерывного профессионального роста педагога общеобразовательной организации» и «профессиональная компетентность педагога». Выделяются три этапа административно-методического сопровождения непрерывного профессионального роста педагога: активационный, связанный с постановкой целей, мотивацией педагогических работников, направлений их будущего профессионального развития; активный, в процессе которого идёт формирование личностно-эмоционального фона педагога, готовности к профессиональному росту, развитие различных видов социально значимой деятельности; постактивный, посвященный диагностике, оценке и рефлексии, а также коррекции и прогнозированию будущих видоизменений системы административно-методического сопровождения непрерывного профессионального роста педагогов. Делается вывод о предложенной автором системе административно-методического сопровождения непрерывного профессионального роста педагогов как важнейшей части современного эффективного менеджмента в общеобразовательной организации, оказывающей прямое влияние на результативность образовательного процесса, отличающейся специфическими свойствами централизованности, интегративности и непрерывности.

Ключевые слова: сопровождение, административно-методическое сопровождение, профессиональный рост, педагог, педагог-методист, педагог-наставник

**ADMINISTRATIVE AND METHODOLOGICAL SUPPORT
OF CONTINUOUS PROFESSIONAL GROWTH OF TEACHERS****Sterkhov A.A.***Municipal budgetary educational institution gymnasium "Salakhov Laboratory", Surgut, e-mail: sterkhov1979@mail.ru*

The article is devoted to the study of the problem of administrative and methodological support for the continuous professional growth of teachers of a general education organization. A brief overview of the genesis of the problem under study in the historical aspect is given. The issue of creating the author's system of administrative and methodological support, which contributes to the continuous development and self-development of the teacher as a high-level professional, is considered. Criteria are introduced to characterize each of the new levels achieved by an educator: teacher, teacher-methodologist and teacher-mentor. The author's definitions of the terms "continuous professional growth of a teacher", "administrative and methodological support for the continuous professional growth of a teacher of a general education organization" and "professional competence of a teacher" are proposed. There are three stages of administrative and methodological support for the continuous professional growth of a teacher: activation, associated with setting goals, motivating teachers, directions for their future professional development; active, during which the formation of the personal-emotional background of the teacher, readiness for professional growth, the development of various types of socially significant activities takes place; post-active, dedicated to diagnostics, assessment and reflection, as well as correction and forecasting of future modifications of the system of administrative and methodological support for the continuous professional growth of teachers. The conclusion is made about the system of administrative and methodological support proposed by the author for the continuous professional growth of teachers as the most important part of modern effective management in a general educational organization, which has a direct impact on the effectiveness of the educational process, which is distinguished by the specific properties of centralization, integrativity and continuity.

Keywords: support, administrative and methodological support, professional growth, teacher, teacher-methodologist, teacher-mentor

Актуальность проблемы создания и реализации системы административно-методического сопровождения непрерывного профессионального роста педагогов общеобразовательной организации обусловлена необходимостью повышения уровня профессиональной компетентности современного педагога, совершенствованию требований к личности педагога-профессионала

в быстро меняющихся условиях постиндустриального общества, важностью овладения педагогом теми компетенциями, которые помогут ему самосовершенствоваться в целях качественной подготовки выпускников.

Следует отметить, что административно-методическое сопровождение как феномен педагогики общего образования про-

шло длительный эволюционный путь, поскольку вопросы эффективного менеджмента изначально, с момента зарождения данного понятия, касались исключительно сферы промышленного производства, а затем экономики в целом. Проследив генезис изучаемой проблемы, приходим к выводу, что он охватывает четыре периода: 1885–1920-е гг., связанные с возникновением школы научного управления в западных странах; 1920–1950-е гг., связанные с классической административной школой менеджмента; 1960–1980-е гг., связанные с переходом концепции управления в социально-гуманитарное знание; 1990-е гг. – по настоящее время, годы, связанные с совершенствованием теории менеджмента и распространением ее на все сферы жизни общества, в том числе и на общее образование.

Исходная точка в генезисе рассматриваемой проблемы и начало первого исторического этапа эволюции проблемы – зарождение и развитие так называемой «школы научного управления», основоположником которой, как и отцом современного классического менеджмента, является Фредерик Тейлор. Здесь можно констатировать зарождение идеи административного сопровождения, но не в представленной нами формулировке и не применительно к системе образования. Тем не менее идея научного управления заложила фундамент для будущих концепций по экстраполяции моделей эффективного сопровождения со стороны руководства учителей общеобразовательной школы. Начало второго этапа связано с именем А. Файоля, создавшего так называемую «теорию администрации». Главной целью административной школы стало создание универсальных принципов управления, при реализации которых любая организация будет неизбежно достигать успеха. Для настоящего исследования особенно важно словосочетание «любая организация», которое несло в себе гипотетическую возможность применить искусство менеджмента на базе школы. Начало третьего этапа характеризуется расширением понятия менеджмента и проникновением его из экономической сферы в другие области общественной жизни, пополняя социально-гуманитарные науки, такие как политология, социология, философия. Усиливается связь экономики с психологией в понимании взаимоотношений руководства и наёмных работников в коллективе организации. А значит, был проложен путь от экономики через ряд гуманитарных наук к будущему восприятию данных идей современной педагогикой. Четвёртый этап отмечен тем, что впервые в истории нашей страны по-

нятие теории и практики управления проникает в педагогическую сферу. В педагогической науке начинают формироваться различные взгляды на управление, причём акцент делается уже не просто на управление как общее понятие, а именно на руководство образовательной организацией (в том числе и учреждением общего образования).

Материалы и методы исследования

Исследование указанной научной проблемы требует использования таких методов, как анализ федеральных нормативных документов в сфере педагогики и педагогического менеджмента; анализ психолого-педагогической и философской литературы; понятийный и сравнительный анализ; обобщение и систематизация изученных научных фактов; ретроспективный анализ собственного опыта административно-методической деятельности; наблюдение; диагностические методы (опрос и анкетирование педагогов), моделирование и конструирование.

Результаты исследования и их обсуждение

Административно-методическое сопровождение педагога ставит своей целью стимулировать непрерывный профессиональный рост педагога как перманентный творческий процесс развития личностных и профессиональных качеств, основанный на осознанной мотивации и стремлении к постоянному самосовершенствованию в процессе педагогической деятельности. Именно такой вид сопровождения педагогов общеобразовательной организации необходим на современном этапе развития отечественной школы, поскольку в условиях одновременного подключения учителей к столь разнородным видам деятельности, как участие в профессиональных конкурсах, обеспечение результативного участия обучающихся в олимпиадах и конкурсах их федерального перечня Министерства просвещения РФ, процедура аттестации на квалификационные категории, экспертная деятельность, выстраивание отношений с социальными партнерами организации, и многое другое – в данных условиях жизненно важно высококвалифицированное сопровождение методической службы в сочетании с административным ресурсом руководства школы. Таким образом, прямые административные решения руководства, регламентирующие работу педагога и направляющие его на тот или иной фронт работ, неэффективны без грамотного методического сопровождения; но в то же время работа методиста с педагогом не будет

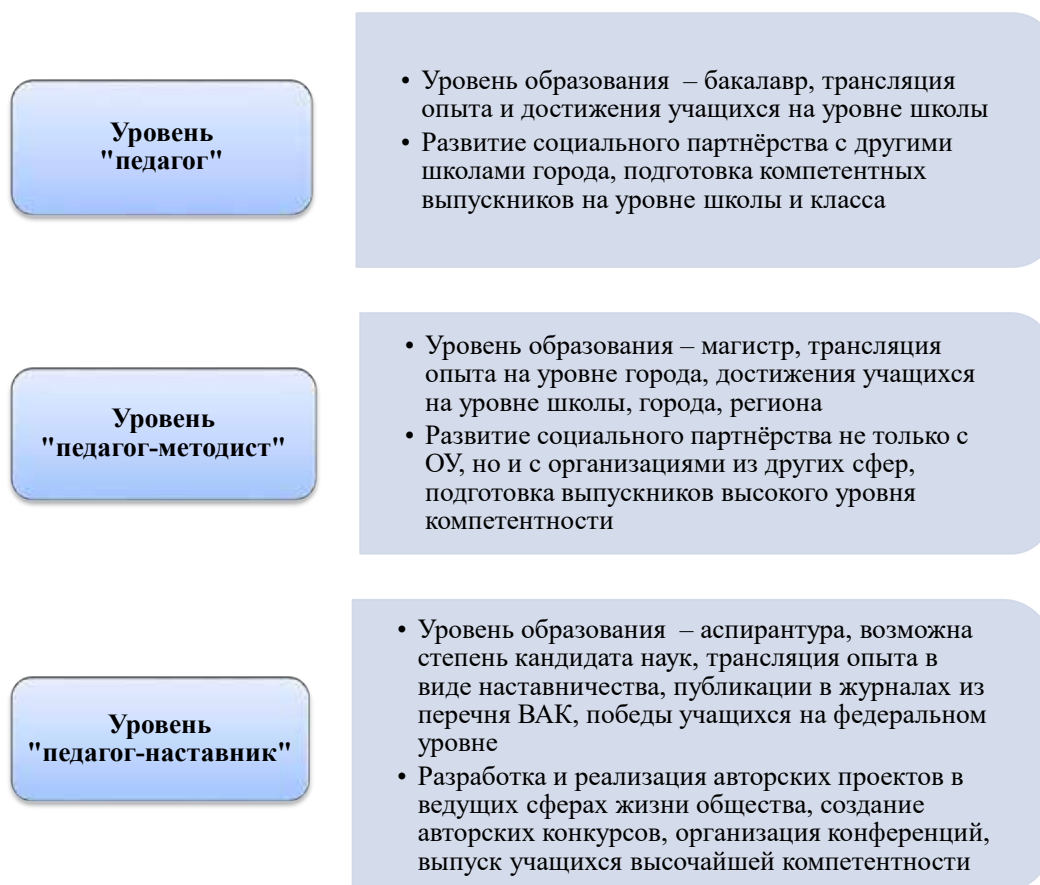
полностью результативной без поддержки со стороны администрации школы, которая может обеспечить в том числе такой немаловажный фактор, как финансирование инициатив школьного учителя.

В целях обеспечения результативного административно-методического сопровождения непрерывного профессионального роста педагогов в общеобразовательном учреждении необходимо разграничить три уровня профессиональной компетентности учителя по этапам его профессионального развития, следующих один за другим в градационной последовательности: «педагог», «педагог-методист» и «педагог-наставник».

Хронологические рамки существования учителя на каждом из указанных этапов нельзя характеризовать исключительно с точки зрения фактического пребывания педагога в общеобразовательной организации как в физическом пространстве, они напрямую зависят от индивидуальных личностных и профессиональных способностей и интересов каждого конкретного педагога. При этом следует подчеркнуть, что в процессе работы над исследуемой проблемой

автору неоднократно приходилось вести развивающую работу с начинающими педагогами, молодыми специалистами, переходящими в общеобразовательную организацию либо сразу после университета, либо из иных муниципальных общеобразовательных учреждений после непродолжительного времени работы там по тем или иным обстоятельствам, в том числе и связанным с переездом в другой город внутри Российской Федерации и из стран ближнего зарубежья. В данном случае отправной точкой административно-методического сопровождения становится фактическая дата перехода в новое учебное заведение. Содержание каждого из этапов профессионального роста личности педагога отражено в представленном ниже рисунке.

Соглашаясь с мнением Е.И. Казаковой и А.П. Тряпицыной [1], трактуя процесс сопровождения в педагогике как взаимодействие сопровождающего и сопровождаемого, направленное на решение жизненных проблем сопровождаемого, перейдем к более подробному рассмотрению понятия «административно-методическое сопровождение».



Этапы профессионального роста педагогов общеобразовательной организации

Изучив работы, касающиеся данного понятия, находим труды, посвящённые данному сопровождению лишь в узком смысле, касающемся отдельных аспектов деятельности педагогов, например диссертации о сопровождении профессионального самоопределения педагогов дошкольного образовательного учреждения, о сопровождении реализации ФГОС, развития универсальных учебных действий. Но нет ни одного труда, посвящённого комплексному решению проблемы административно-методического сопровождения педагогов общеобразовательной организации, что позволяет нам сформулировать основополагающий термин для нашего научного исследования.

Итак, административно-методическое сопровождение непрерывного профессионального роста педагогов – запрограммированное системное воздействие на профессиональный рост педагога, выражающееся в совершенствовании его личностных и профессиональных качеств. Этим оно отличается от педагогического сопровождения, целью которого является помощь обучающимся со стороны учителя, а также от психолого-педагогического сопровождения, которое также направлено на обучающихся и ставит целью создание школьным психологом оптимальных условий для личностного развития ученика, для поддержки его в трудных жизненных ситуациях. Главным отличием от методического сопровождения следует назвать обеспечение возможности системного воздействия на профессиональный рост педагога, именно системность и контролируемость данного процесса методист не сможет обеспечить без участия администрации образовательного учреждения.

Административно-методическое сопровождение педагогов проходит в три этапа. На первом этапе, обозначаемом как активационный, необходимо провести исходную диагностику профессиональных потребностей педагогов общеобразовательной организации, чтобы выявить их профессиональные затруднения. При этом параллельно следует провести диагностику потребностей рынка образовательных услуг в педагогах-профессионалах. Далее приступить к постановке целей, мотивации сотрудников, обозначении векторов их будущего профессионального развития. И наконец, определить базовые элементы формируемой системы. На втором этапе, активном, идёт формирование личностно-эмоционального фона педагога, готовности к профессиональному росту, развитие различных видов социально значимой деятельности. Наконец, третий этап, постактивный, посвящён диагностике, оценке и рефлексии, а также

коррекции и прогнозированию будущих видоизменений системы административно-методического сопровождения непрерывного профессионального роста педагогов.

В рамках действия системы четко распределяются функциональные обязанности ответственных за профессиональный рост педагога руководящих работников школы. Так, директор общеобразовательной организации осуществляет общую координацию управленческих действий в рамках формирования, внедрения и реализации модели авторской системы сопровождения, общий контроль над эффективным функционированием системы, коррекцию с учетом индивидуальных потребностей педагогов. Заместитель директора по научно-методической работе с опорой на методистов разрабатывает и курирует основные направления непрерывного профессионального роста педагогов: привлечение социальных партнёров среди высших учебных заведений и научных организаций, повышение квалификации педагогов, организация участия в семинарах, круглых столах, дискуссионных площадках, публикационная активность педагогов и т.д. На заместителя директора по учебно-воспитательной работе возлагается разработка инструментария диагностических и мониторинговых процедур, проведение диагностик в педагогическом коллективе, внесение корректировок в диагностические карты и мониторинговые процедуры, исходя из специфики профессиональных потребностей коллектива, привлечение педагогов к работе в рамках государственной итоговой аттестации. Заместитель директора по воспитательной работе осуществляет курирование создания информационной базы мониторинга и обратной связи с потребителями образовательных услуг, разработку (подборку) диагностического инструментария и проведение диагностики, направленной на выявление требований к профессиональным качествам педагога со стороны обучающихся и их родителей. Главный бухгалтер отвечает за материальное обеспечение различных направлений профессионального роста педагогов: повышения уровня профессионального образования, прохождения курсов повышения квалификации, поездок на научно-практические конференции, олимпиады и конкурсы учащихся.

В результате успешного административно-методического сопровождения непрерывного профессионального роста педагога общеобразовательной организации планируется сформировать устойчивую и динамично развивающуюся профессиональную компетентность педагога. По вопросу формирования данного показателя

в педагогике также не сложилось единого мнения. Так, С.В. Тимофеева считает повышение профессиональной компетентности совместной задачей высшей и общеобразовательной школы [2]. И.Н. Овсиевская напрямую привязывает профессиональную компетентность педагога к соответствующему профессиональному стандарту и его базовым требованиям [3]. Д.А. Шарина акцентирует основное внимание на аттестации педагогов как главном факторе развития профессиональной компетентности [4]. Нам близка позиция К.А. Дугиной, которая призывает начать формирование профессиональной компетентности учителей с руководящего состава образовательных организаций, то есть директор школы, прежде всего, должен начать с развития собственной компетентности, а затем транслировать полученный опыт на вверенный ему коллектив [5]. По мнению Л.В. Абдалиной, профессионализм педагога представляет собой системное образование, проявляющееся в уровне владения профессиональной деятельностью, который отражает степень сформированности профессиональной компетентности как интегративного личностного ресурса педагога и составляющих ее компетенций; субъектности как меры активности в профессиональной деятельности; ценностных ориентаций в виде иерархии профессиональных предпочтений; инновационности в виде владения стратегиями обновления деятельности; самореализованности как исчерпания личностного потенциала в профессии [6].

Проанализировав мнения учёных, дадим определение понятию профессиональной компетентности педагогического работника.

Профессиональная компетентность педагога – это результат непрерывного профессионального роста педагога, выражающийся в сформированности и динамичном самосовершенствовании личностных и профессиональных качеств. Отсюда следует, что понятия «профессиональный рост» и «профессиональная компетентность» применительно к личности педагога соотносятся как причина и следствие, то есть в результате системного, непрерывного профессионального роста как процесса формируется устойчивая и в то же время постоянно совершенствующаяся профессиональная компетентность, являющаяся базовым показателем того уровня, которого достиг педагог в своем развитии на протяжении пребывания в данной профессии.

Таким образом, подчеркнём ещё раз, что проблема административно-методического сопровождения непрерывного профессионального роста педагогов общеобра-

зовательной организации и формирование компетентной личности педагога является крайне актуальной на сегодняшний день и не решённой в полной мере. В связи с этим необходимо системное изучение теоретических положений и практического опыта реализации вариантов решений данной проблемы.

Заключение

Административно-методическое сопровождение непрерывного профессионального роста педагогов общеобразовательной организации как педагогическая система – это сложный по структуре и динамичный по развитию объект, который состоит из ряда подсистем и вспомогательных элементов, обладает свойствами централизованности, интегративности и непрерывности, базируется на принципах социального партнёрства, индивидуально-личностного развития, информационной поддержки педагогов, реализует базовую цель, связанную с социальным заказом современного общества, состоит из ряда взаимосвязанных и взаимообусловленных компонентов, без каждого из которых не может функционировать как целостная система. Содержание свойств данной системы следующее:

– централизованность – сосредоточенность управления работой системы в одних руках, создание строго иерархичной структуры управления изучаемым процессом, при этом каждый элемент может стать центром формирования новой системы;

– интегративность – сочетаемость и одновременно взаимосвязанность теории и практики педагогической науки в административно-методическом сопровождении профессионального роста педагогов с учетом специфики конкретной общеобразовательной организации, а также построение системы партнерских связей между системой общего и высшего образования, системой управления образованием, руководителем и педагогом, педагогом и социальным партнером;

– непрерывность – система обеспечивает рост профессиональной компетентности педагога на протяжении всей его трудовой деятельности, наличие устойчивой мотивации педагога к саморазвитию.

Административно-методическое сопровождение непрерывного профессионального роста педагогов общеобразовательной организации является по своей структуре и свойствам сложным процессом, а значит, разрабатываемая нами система выступает в качестве инструмента достижения конкретной педагогической цели. Цель системы как проекция её конечного результата выра-

жается в построении такой модели сопровождения непрерывного профессионального роста педагогов общеобразовательной организации, которая привела бы к высокой результативности при её реализации. В свою очередь, результатом функционирования данной системы становится сформированная и способная к эффективному непрерывному профессиональному саморазвитию личность педагога общеобразовательной организации. Сформированная и непрерывно саморазвивающаяся личность педагога-профессионала с высоким уровнем компетентности функционирует на основе сочетания и взаимосвязи трех компонентов: 1) формирование личностно-эмоционального фона (мотивация на успешность, психологический комфорт от успешности, позитивное восприятие процесса самореализации); 2) готовность к профессиональному росту (результативность педагогической деятельности в отношении себя, обучающихся и их родителей); 3) развитие социально значимой деятельности (социальная ответственность, участие в социально значимых акциях, самостоятельный выход на социальных партнёров). Построение авторской модели указанной системы проходит в пять этапов:

1) проведение качественного анализа ситуации, связанной с профессиональным ростом педагогов, целью которого является определение педагогических условий, обеспечивающих эффективное функционирование системы;

2) планирование разработки и поэтапно-внедрения системы с учётом выявленных профессиональных потребностей и индивидуальных возможностей педагогов общеобразовательной организации;

3) собственно конструирование системы и отражение её в виде модели, разделенной на компонентные подсистемы, элементы внутри этих подсистем, с указанием взаимосвязи и взаимовлияния каждого элемента;

4) апробация системы путём внедрения в управленческую практику в режиме реального времени, выявление недостатков системы, своевременная их корректировка;

5) прогнозирование дальнейших возможностей системы на основе рефлексии педагогического коллектива.

На основе проведенного исследования по изученной нами научной проблеме сделаем выводы, выделив специфические свойства рассмотренного педагогического явления:

– во-первых, административно-методическое сопровождение непрерывного профессионального роста педагогов является важнейшей частью современного эффективного менеджмента в общеобразовательной организации, оказывающей прямое влияние на результативность образовательного процесса;

– во-вторых, как педагогическая система отличается специфическими свойствами централизованности, интегративности и непрерывности;

– в-третьих, являясь подсистемой процесса управления школой в целом, строится не только на вертикальных, но и на горизонтальных связях представителей педагогического коллектива и включает в себя три базовых компонента, направленных на постановку целей, организацию деятельности и оценку результатов сопровождения;

– и, наконец, в-четвертых, разрабатывается с учётом управляемости и достижимости положительного результата, объективности проводимых диагностик и возможности быстрой корректировки отдельных сбоев в работе системы.

Список литературы

1. Казакова Е.И., Тряпицына А.П. Диалог на лестнице успеха: школа на пороге нового века. СПб.: Петербург XXI век, 1997. 160 с.
2. Тимофеева С.В. Повышение уровня профессиональной компетентности современного педагога – стратегическая задача общего и профессионального образования // Совет ректоров. 2015. № 6. С. 45–49.
3. Овсиевская И.Н. Развитие профессиональной компетентности педагогов с учётом требований профессионального стандарта «Педагог» // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2016. № 4 (24). С. 158–163.
4. Шарина Д.А. Аттестация педагогических работников как фактор развития профессиональной компетентности педагога в условиях реализации требований профессионального стандарта педагога // Вестник Бурятского государственного университета. Образование. Личность. Общество. 2015. № 1. С. 39–42.
5. Дугина К.А. Профессиональные стандарты педагога: профессиональная компетентность руководителя // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2016. № 8. С. 108–111.
6. Абдалиева Л.В. Профессионализм педагога: структура и механизм развития // Вестник Тамбовского университета. Серия: общественные науки. 2015. № 4. С. 18–21.

УДК 378.1

ЦЕЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ**Тома Ж.В., Пашин А.А.***ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза, e-mail: mir_876@rambler.ru*

Статья посвящена проблеме определения цели профессионального воспитания студентов, которое рассматривается и анализируется с различных сторон. Это позволило в представленном материале выделить важные направления воспитательной работы со студентами для определения целевых ориентиров. Конкретизированные целевые ориентиры воспитания студентов в условиях получения профессионального образования определили области изучения, которые связаны с формированием профессиональных личностных качеств, самоопределения, отношения к делу, потребности в самосовершенствовании, самосознании, воспитанности. В контексте разработки цели в статье представлен анализ определений воспитания, которые позволили сформулировать частные цели профессионального воспитания студентов. Профессиональное воспитание представлено как система, процесс, явление, средство, социализация, условие, что конкретизирует механизмы достижения цели профессионального воспитания, но еще нуждающиеся в разработке и изучении. Представлены причины недостаточной эффективности воспитания, которые косвенно влияют на определение цели воспитания студентов. В статье представлен анализ неоднозначной природы профессионального воспитания студентов. Указывается, что сложность перекликается с естественной сущностью данного явления или процесса. На основе представленного анализа и обобщений конкретизирована цель воспитания студентов, по мнению авторов, являющаяся важной в обеспечении профессиональной воспитанности в будущем: принятие личностью студента потребности в своем самосовершенствовании, осознание своего роста как части образа жизни человека.

Ключевые слова: высшая школа, студенты, цель профессионального воспитания, профессиональное самосознание, понятие профессионального воспитания

THE PURPOSE OF PROFESSIONAL EDUCATION OF STUDENTS**Toma Zh.V., Pashin A.A.***Penza State University, Penza, e-mail: mir_876@rambler.ru*

The article is devoted to the problem of determining the goal of professional education of students, which is considered and analyzed from various angles. This made it possible to single out important areas of educational work with students in the presented material of the article in order to determine the targets. Specified target-oriented education of students in the conditions of obtaining professional education, identified areas of study that are associated with the formation of professional personal qualities, self-determination, attitude to work, the need for self-improvement, self-awareness, good breeding. In the context of developing a goal, the article presents an analysis of the definitions of education, which made it possible to formulate private goals for the professional education of students. Professional education is presented as a system, process, phenomenon, means, socialization, a condition that specifies the mechanisms for achieving the goal of professional education, but still in need of development and study. The reasons for the insufficient effectiveness of education, which indirectly affect the determination of the goal of educating students, are presented. The article presents an analysis of the ambiguous nature of the professional education of students. It is indicated that the complexity resonates with the natural essence of a given phenomenon or process. On the basis of the presented analysis and generalizations, the goal of educating students is concretized, which, according to the authors, is important in ensuring professional education in the future: acceptance by the student's personality of the need for self-improvement, awareness of one's growth as part of a person's lifestyle.

Keywords: higher school, students, the purpose of professional education, professional self-awareness, the concept of professional education

Базируясь на ключевых ценностях профессионализма, профессиональное воспитание как процесс ориентировано на принятие личностью студента потребности в своём росте, видения своего самосовершенствования в профессии как части образа жизни человека. Однако в практике воспитания и в рамках научных исследований данного вопроса цель отражается и частично достигается в процессе решения частных и прикладных задач профессионального воспитания студентов. Большое значение данного явления в ходе построения целостного образовательного процесса раскрывается в приобретении молодыми людьми личной цели в профессиональном самосовершенствовании.

Цель исследования – провести аналитическое исследование профессионального воспитания студентов как сложного многофакторного явления и процесса, конкретизировав цель и обобщая методологические положения воспитательного процесса.

Материалы и методы исследования

В качестве методов выступили анализ, обобщение и систематизация научной литературы к вопросу о формулировке цели профессионального воспитания студентов.

Результаты исследования и их обсуждение

Определяя цель профессионального воспитания как принятие личностью необ-

ходимости самосовершенствования и потребности в профессиональном росте, уровень осознания характеризуется высокой степенью принятия себя в профессии, пониманием своих возможностей, путей достижения высоких целей (не только карьерных) и ответственности за свой уровень профессионализма в будущем. Проблема осознания важности профессионального самосовершенствования рассматривается учеными как личностно-профессиональное развитие [1], личностно-профессиональная самоактуализация [2], личностно-развивающее образование [3], профессиональная социализация, профессионально-ориентирующее воспитание [4], профессиональное самосознание [5]. Осознание студентом требований, предъявляемых обществом, связано с естественным процессом социализации, управляемым процессом профессионального воспитания в вузе и в дальнейшем самостоятельной работы над собой. Таким образом, осознанность студентом необходимости и потребности в своём профессиональном росте и совершенствовании стимулирует процесс воспитания личности студента и самовоспитания с позиций подготовки будущих профессионалов. По мнению И.Н. Емельяновой, в процессе обучения и воспитания в вузе необходимо самой системе образования научиться помогать студентам преодолевать противоречия между личными желаниями (представлениями) и профилем профессиональной подготовки. Помощь и поддержка студентов в преодолении таких противоречий – большая проблема, с которой сталкиваются вузы. Отсюда низкая мотивация обучения, низкая учебная и социальная активность, низкое качество знаний, сложности взаимодействия с преподавателями (требования одних не соответствуют желаниям других), отсутствие учебных контактов в группе и всё большая ориентация на получение диплома. Чаще всего преодоление этого противоречия ложится на плечи студентов. В условиях общей профессиональной дезориентации необходимо помочь в формировании и укреплении точки зрения на личную значимость не только приобретаемой профессии, но и тех знаний и навыков, которые должны быть освоены за годы обучения. И.Н. Емельянова указывает, что преодоление собственной незаинтересованности, повышение мотивации за счет волевых усилий для выполнения рутинной работы способствует приобретению тех качеств, которые незаменимы в дальнейшей работе [6].

Проблема формулирования ключевой цели профессионального воспитания студентов в вузе заключается в недостаточном

понимании самого процесса, его изученности. Профессиональное воспитание является естественным продолжением воспитания детей, подростков, юношей и девушек в школе. Поступление в вуз включает их в процесс профессиональной социализации, которая, по мнению В.З. Юсупова, является общественно значимым явлением [7]. В этом контексте воспитание не начинается с момента поступления в вуз и не завершается после его окончания. В вузе этот этап предполагает оформление системы ценностей и норм профессиональной деятельности студентов. Цель профессионального воспитания должна реально отражать достижение значимых личностных новообразований студентов по итогам получения образования и не повторять то, что должно быть достигнуто ранее, и не делать попытки развивать то, что развивается в других условиях и среде (например, в процессе выполнения профессиональных обязанностей). С этих позиций в качестве итога воспитательной работы в вузе определяются сформированные нравственно-профессиональные ценности, реализующиеся студентами «самости».

Цель профессионального воспитания проста, но подходы к ее пониманию и определению сталкиваются с необходимостью решения разнообразных по значимости задач, включенных прямо или косвенно в круг решаемых воспитанием вопросов. В большинстве работ цель профессионального воспитания представлена размыто, и предмет исследования в различных работах условно привязывается к формулировкой «имеет большое значение для профессионального воспитания студентов» или «является результатом профессионального воспитания» [3, 5, 6]. В этом отношении важно понять, что же является целью профессионального воспитания студентов в вузе, а что является промежуточными задачами.

В рамках определения цели профессионального воспитания рассматривают формирование личностных качеств студентов, отвечающих требованиям развития и самосовершенствования [8]. Формирующееся осознание необходимости быть профессиональным в своей работе ведет к выработке системы личностных качеств у студентов, которые в дальнейшем будут поддерживать стремление к самосовершенствованию человека в любой деятельности. Эта система личностных качеств отражает особенности каждой профессиональной деятельности, несёт отличия той работы, к которой готовится студент. Но есть базовые качества, без которых невозможно начальное профессиональное самосовершенствование:

ответственность, дисциплинированность, организованность, упорство и т.д. Именно они определяют личную готовность и ответственность человека за свою деятельность в любой сфере. Личностный подход, реализуемый в процессе профессионального воспитания и достижения его цели, раскрывает необходимость разработки большого количества промежуточных задач, таких как индивидуальное развитие студента, формирование сотрудничества, коммуникативности, самоанализа и т.д. Таким образом, достижение обозначенной в начале цели профессионального воспитания студентов сопровождается поэтапным решением задач, одной из которых является развитие личностных качеств. Логичное решение, возможно, позволит достичь результатов или выявить препятствующие факторы для их достижения.

Цель профессионального воспитания должна в полной мере согласовываться с мировоззрениями и взглядами современной молодежи [9], но выдвигать их в качестве цели профессионального воспитания неправильно. Профессиональное мировоззрение – это в большей степени взгляд на важные стороны деятельности, основанный на понимании значения и роли образования, самосовершенствования и саморазвития. Формирование мировоззрения в процессе профессионального воспитания предполагает понимание своего места в профессиональной среде и, соответственно, места профессионального сообщества в обществе, экономике, государстве, мире. Формирование профессионального мировоззрения как цели воспитания предполагает усвоение ценностного отношения к профессии и направленности на различные способы понимания и освоения окружающего мира. На данном этапе профессиональное мировоззрение формируется и изучается. Цель профессионального воспитания понимается глубже и шире при ее восприятии с позиций формируемого профессионального мировоззрения у студентов. Можно констатировать, что цель профессионального воспитания, заключающаяся в формировании потребности в дальнейшем самосовершенствовании, дополняется необходимостью формирования мировоззрения у студентов, которое содержит в себе понимание среды, культуры, ценностей, устойчивых взглядов на то, каким должен быть профессионал.

У многих ученых просматривается направленность профессионального воспитания студентов на принятие ими необходимости своего профессионального роста как важной составляющей полноценной жизни человека. Задачей профессионального воспитания студентов является формиро-

вание нравственных ценностей в деятельности и это, прежде всего, раскрывается в понимании своего призвания, служения людям и стране, ценностного отношения к своему образованию. Как цель, профессиональный рост относится в большей степени к постдипломному периоду образования молодых специалистов.

Целью профессионального воспитания часто определяют формирование личности студента, схожей с моделью личности профессионала (Я-концепция). Отождествление себя с профессией и представление себя в профессии начинается задолго до поступления в вуз. Конкретное, более реалистичное представление о себе самом уже складывается в ходе обучения в вузе. Однако условия воспитывающей среды вуза не позволяют в полной мере сформировать личность профессионала. Для этого нужна именно особая среда, в которой происходит окончательное приобретение личностью уже молодого специалиста ключевых личностно-профессиональных черт. Потребность в признании, успехе, достижениях, сопричастность к чему-то значимому в деятельности приводит к активному самовоспитанию, работе над собой. Поэтому в рамках воспитания в вузе необходимо формирование потребности в профессиональном росте и самосовершенствовании, основанном на осознанном отношении к своему будущему в выбранной сфере деятельности. В ходе профессионального воспитания необходимо преодолеть негативное влияние социально принятых критериев успешности, которые часто не имеют никакого отношения к профессионализму. Профессиональное отношение к делу ценится в каждом человеке, в любом роде занятий.

В ряде работ целью профессионального воспитания студентов выдвигается воспитание профессионального отношения к делу, которое предполагает формирование представлений о таких качествах, как организованность, ответственность за любую работу, дисциплинированность в выполнении текущих и рутинных заданий. Как правило, такая сторона деятельности мало привлекает студентов и часто конфликтует с интересами личного характера. В процессе профессионального воспитания важно помочь преодолеть эти противоречия, представив их как естественный путь для профессионального становления, результатом которого являются определенные атрибуты успешности, имеющие личное значение для каждого. Подводя итог, отметим, что профессиональное воспитание студентов направлено на достижение одной из самых ключевых целей, как в экономическом,

так и социальном плане – формирование основы для дальнейшего роста студентов в качестве специалистов.

Понимание цели профессионального воспитания раскрывается в его определении. Понятие профессионального воспитания содержит большое количество определений, каждое из которых раскрывает его главные позиции с точки зрения исследуемого предмета. Их анализ свидетельствует, что профессиональное воспитание – это сложное явление, и чем естественней оно является для процесса подготовки студентов, тем более сложную процессуальную структуру оно имеет. Профессиональное воспитание, рассматриваемое как явление, система, социализация, процесс, среда, условие, демонстрирует систему сложных элементов личностного, социального, педагогического и психологического характера. Отсюда и целевое разнообразие, представленное в работах различных ученых. Предполагается, что результаты многочисленных исследований позволят в будущем свести в общую картину процесс профессионального воспитания студентов, который в современной России играет важную стратегическую роль. Реализация целенаправленного профессионального воспитания даст возможность студентам приобрести целевые ориентиры в жизни и выработать свою стратегию, совпадающую со стратегией страны и собственной линией жизни. Как результат, направленность профессионального воспитания в вузе заключается в формировании широких социальных, познавательных, исследовательских мотивов; физическом совершенствовании; профессиональной воспитанности [10]; профессиональном самосознании. Глубина кризисных явлений кроется не только в слабом или одностороннем понимании цели профессионального воспитания студентов, но и в попытках внедрить разрозненные формы и методы профессионального воспитания, не имеющие иногда между собой связывающей их событийности.

Рассмотрение профессионального воспитания студентов с позиции процесса, среды, условия, профессиональной социализации, части воспитания, явления позволяет трактовать цель этого процесса или явления с позиций его определения, где ключевые характеристики, данные автором, направляют профессиональное воспитание. Тогда целевая направленность его меняет ориентиры, и процесс профессионального воспитания становится целесообразным. Получается, что на современном этапе цель профессионального воспитания чаще всего носит частный характер. Достигая такой цели, решается одна из задач одного из эта-

пов, факторов, причин для эффективного профессионального воспитания студентов как вклад в общую концепцию воспитания профессионала. Формулировка ключевой цели профессионального воспитания сводится к воспитанию ценностей профессиональной деятельности и отношению к себе как к профессионалу, основанных на базовых ценностях нравственности, гуманизма, человечности, преданности, патриотизма. Таким образом, ориентация на базовые ценности создает преемственность школьного воспитания, воспитания в рамках профориентации и воспитания в вузе. Формировать профессиональные ценности, основанные на базовых ориентациях, не просто легко, но и важно, поскольку именно они обеспечивают тот уровень профессионализма, который приносит пользу не личного характера, а общественного, государственного. Вот здесь возникает сложность масштабного характера, которая устраняется постепенно путем частного изучения профессионального воспитания с разных сторон и при различных условиях. Однако общая цель профессионального воспитания студентов любой специальности должна быть сформирована и достигаться решением частных задач.

Профессиональное воспитание рассматривается как необходимое условие подготовки студентов. Оно выступает условием получения не только качественного, но и полноценного образования. В этих условиях профессиональное воспитание определяется как условие, наделенное определенным организационным, управленческим, методическим, педагогическим содержанием, которое следует общей цели высшего образования студентов. Ключевая роль, которая отводится воспитательным воздействиям на личность будущих специалистов и профессионалов, обосновывается пусковым механизмом, который делает процесс обучения для самого студента не только интересным, но и эффективным [11]. Профессиональное воспитание не может опираться на формальные методы работы со студентами. Формальность лишает такую работу воспитательного, формирующего смысла, и сложившийся со школы формальный подход к воспитательной работе, и сформированные представления о ней транслируются студентами на вуз, где дополнительно подкрепляются. Соответственно, встречи, беседы, конференции в том формате, что имеют место быть, являются проходными, незапоминающимися мероприятиями для студентов. Без понимания направленности воздействия воспитательных средств и методов невозможно оценить их эффективность в достижении цели

воспитания. Профессиональное воспитание не должно существовать отдельно от процесса обучения. Преподаватель один из первых представителей, который погружает студента в мир той деятельности, что студент избрал для себя. Важно предусмотреть в цели профессионального воспитания системный подход, который охватывал бы все стороны образовательной деятельности в вузе и реализовывался своими методами и средствами, обеспечивая целостность и единство воспитательных воздействий.

Заключение

Профессиональное воспитание в вузе не является законченным процессом, а выступает этапом на пути дальнейшего самосознания студентами себя в будущем. Его значение заключается в обеспечении условий для дальнейшего самосовершенствования и самопознания, для достижения профессиональной воспитанности. Профессиональное воспитание – это сложное явление, свойственное социальной среде, и, соответственно, процесс профессионального воспитания требует опоры на социальные, психологические и педагогические аспекты формирования личности будущего специалиста. Целью профессионального воспитания студентов должно стать сформированное мировоззрение, потребности молодых людей в своём росте, освоение культуры. Профессиональное воспитание не должно быть процессом, наполненным разнообразными мероприятиями, а должно представлять собой событийное взаимодействие студентов и преподавателей, где через включенность в совместную деятельность происходит профессиональное самосознание.

Список литературы

1. Сулима В.Н. Личностно-профессиональное развитие студентов в период обучения в высшем учебном заведении // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2017. № 5. С. 74–78.
2. Готовцева Н.Г. Формирование ценностных ориентаций студентов посредством личностно-профессиональной самоактуализации в вузе // Сибирский педагогический журнал. 2011. № 4. С. 179–181.
3. Зеер Э.Ф. Основные смыслообразующие положения личностно-развивающего образования // Образование и наука. 2006. № 5. С. 3–12.
4. Осипова Л.Б., Энвери Л.А. Профессиональная социализация студентов системы среднего профессионального образования // Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2021. № 2 (71). С. 126–133.
5. Гусева В.В. Развитие профессионального самосознания студентов среднего специального учебного заведения // Молодой ученый. 2016. № 1 (105). С. 628–630.
6. Емельянова И.Н. Проблемы воспитания личности в вузе как социальном институте: возрастной контекст // Воспитание личности студента в процессе профессиональной социально-педагогической подготовки студентов: коллективная монография / Под. ред. М.П. Гурьяновой. М.: ФГБНУ «ИИДСВ РАО». 2019. С. 16–29.
7. Юсупов В.З. Профессиональное воспитание студентов вуза: понятие, структура, генезис развития // Знание. Понимание. Умение. 2019. № 2. С. 216–231.
8. Ермолаева М.В., Исаев Е.И., Лубовский Д.В. Развитие личностных качеств студентов в ходе обучения в магистратуре // Психологическая наука и образование. 2020. Т. 25. № 2. С. 33–43.
9. Нюдюрмагомедов А.Н., Савзиханова М.А., Абдуррагимов Л.А. Интенция в развитии профессионального мировоззрения студентов // The Scientific Heritage. 2021. № 72–4. С. 39–42.
10. Дианова О.В. Профессиональное воспитание студентов // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. 2009. № 8. С. 180–184.
11. Воспитание личности студента в процессе профессиональной социально-педагогической подготовки студентов: коллективная монография / Под. ред. М.П. Гурьяновой. М.: ФГБНУ «ИИДСВ РАО», 2019. 232 с.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 378.147

**РАЗВИТИЕ КРЕАТИВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВОЕННО-МОРСКИХ КАДРОВ****Кречетников К.Г.***ФГКВОВ ВО «Тихоокеанское высшее военно-морское училище им С.О. Макарова
Минобороны России», Владивосток, e-mail: msk_spb@mail.ru*

На примере наиболее значительных сражений российского Военно-морского флота показывается важность развитых творческих способностей командного состава для достижения военного превосходства над противником. Показано, что принятие неординарных решений в ходе военно-морского сражения зачастую обеспечивает победу в бою даже с более сильным противником. Анализируется понятие креативности личности и основные его компоненты. Показано, что креативность различными авторами трактуется с разных точек зрения: как способность, умение, качество личности, потенциал, процесс творчества и результат деятельности. В данной работе креативность понимается как интегральная устойчивая характеристика личности, определяющая её способности к творчеству, принятию нового, нестандартному созидательному мышлению, генерированию большого числа оригинальных и полезных идей. Указаны составляющие креативности, а также качества, которые могут быть причислены к креативным. Предложены рекомендации по развитию креативности обучающихся при подготовке военно-морских кадров, которые необходимо использовать в рамках единой креативной образовательной среды военно-морского учебного заведения. Наиболее значимыми рекомендациями являются: использование специальных творческих задач, отказ от жёсткой регламентации деятельности, предоставление права выбора образовательной траектории и уровня образования, поощрение самостоятельности и творчества, подкрепление положительных эмоций, опора на критическое мышление.

Ключевые слова: военно-морской флот, креативность, мыслительная деятельность, образовательная среда, способность, творчество, эмоциональные переживания

**DEVELOPING THE CREATIVITY OF CADETS
IN THE TRAINING OF NAVAL PERSONNEL****Krechetnikov K.G.***Pacific Higher Naval School named after S.O. Makarov of the Ministry of Defense of Russia,
Vladivostok, e-mail: msk_spb@mail.ru*

Using the example of the most significant battles of the Russian Navy, the importance of the developed creative abilities of the command staff to achieve military superiority over the enemy is shown. It is shown that making extraordinary decisions during a naval battle often ensures victory in battle even with a stronger opponent. The concept of personal creativity and its main components are analyzed. It is shown that creativity is interpreted by different authors from different points of view: as an ability, skill, personality quality, potential, creative process and result of activity. In this paper, creativity is understood as an integral stable characteristic of a personality that determines its ability to create, adopt new, non-standard creative thinking, generate a large number of original and useful ideas. The components of creativity are indicated, as well as qualities that can be classified as creative. Recommendations on the development of students' creativity in the preparation of naval personnel are proposed, which should be used within the framework of a single creative educational environment of a naval educational institution. The most significant recommendations are: the use of special creative tasks, rejection of strict regulation of activities, granting the right to choose an educational trajectory and level of education, encouraging independence and creativity, reinforcement of positive emotions, reliance on critical thinking.

Keywords: navy, creativity, mental activity, educational environment, ability, oeuvre, emotional experiences

Одним из наиболее актуальных качеств современного специалиста является его креативность. Данное обстоятельство во многом объясняется тем, что окружающий мир становится всё более стохастическим, многогранно детерминированным, и действовать в подобных условиях по заранее заданным правилам, по установленному алгоритму значит заранее ставить себя и других в сложные, проигрышные условия, не учитывающие всё многообразие поступающей информации. Необходимо научиться быстро принимать решения, основанные не только на развитой интуиции,

но и на знаниях, умении обрабатывать большие объёмы информации и генерировать (на её базе и на основе знаний) большое количество разнообразных и полезных идей. А эти свойства личности как раз и являются компонентами её креативности.

Принято считать, что креативность в вооружённых силах, а в частности в военно-морском флоте, не нужна. Важным является умение подчиняться, быстро и добросовестно выполнять приказы, действовать строго по уставу и руководящим документам. Однако это не так. Современный бой характеризуется скоротечностью, быстро ме-

няющейся обстановкой, целым потоком вводных; готовых рецептов на то, как действовать в том или ином случае, не существует и быть не может. Боевые корабли постоянно взаимодействуют с подводными лодками, авиацией, береговыми войсками, получают информацию из космоса. Оценить ситуацию в короткое время и принять зачастую единственно верное решение может только креативный офицер-специалист. Более того, высокая креативность офицера способствует его стрессоустойчивости, что очень важно в условиях повседневной военной службы и в особенности современного боя.

Креативность личности во многом определяется задатками, а также потребностью в ней, которая способствует развитию данного качества или, наоборот, его «затуханию». Развитие креативности возможно в такой среде, где стимулируется творчество, постоянно возникает необходимость проявлять свои индивидуальные способности. К 7 годам креативность ребёнка падает почти в 2 раза, школа уменьшает данный показатель еще на 15–20%. Обучение в военном учебном заведении, если в нём сознательно не стимулировать творческие способности, не создавать специальную развивающую среду, приводит к падению показателей креативности на 25–30% [1]. Поэтому развитию креативности обучающихся в военном вузе необходимо уделять особое внимание, без которого креативность неизбежно падает.

Цель исследования – на исторических примерах показать необходимость креативных решений для военно-морских кадров, уточнить смысл понятия «креативность» и его характеристики, спроектировать условия, актуализирующие потребность в творчестве, изменении, созидании, стимулирующие развитие креативности в военных вузах.

Материалы и методы исследования

Исследование базируется на анализе исторических материалов и архивов Военно-морского флота (ВМФ), статей, посвящённых истории ВМФ, библиографии по исследованиям креативности, а также на теоретических и эмпирических материалах, полученных непосредственно автором. Методы исследования – теоретический анализ исторической, архивной и педагогической литературы; дедукция и индукция; восхождение от абстрактного к конкретному; абстрагирование и конкретизация педагогических явлений, статистическая обработка результатов тестов креативности, метод экспертных оценок.

1. Ретроспективный анализ побед российского флота в аспекте проявления творческих способностей командного состава

История показывает, что успех военных действий на суше и на море во многом определяется теми решениями, которые принимают военачальники. Ещё великий русский полководец Александр Васильевич Суворов в 1795 г. в трактате «Наука побеждать» писал, что «...воюют умением, а не числом; от умения происходит согласие» [2].

Самые блистательные победы российского Военно-морского флота были одержаны в сражениях против Турции и Швеции, оппонентов России на Чёрном, Эгейском и Балтийском морях.

Так 27 июля (или, по старому стилю, 7 августа) 1714 г. во время Северной войны (1700–1721 гг.) состоялось Гангутское сражение между русскими и шведскими эскадрами на Балтике. В сражении участвовал Пётр I, и он предложил оригинальное решение для преодоления сопротивления значительно превосходящего по вооружению и численности шведского флота. Русские галеры перетаскивали через перешеек, они появились неожиданно для шведов и, воспользовавшись неповоротливостью и слабой управляемостью кораблей противника, усугубляемой отсутствием ветра, взяли на абордаж всю шведскую эскадру. Шведы потеряли в 3 раза больше личного состава, чем русские [3].

Ровно через 6 лет, также 27 июля (7 августа), но уже 1720 г., произошло Гренгамское сражение, где русская гребная эскадра, которой руководил генерал-аншеф князь М.М. Голицын, была вынуждена биться с гораздо лучше вооружённой шведской эскадрой. Русские галеры в ходе отступления заманили шведский флот на мелководье, где неожиданно контратаковали их, взяв на абордаж 4 фрегата (103 человека были убиты, 407 взяты в плен) [4].

Чесменская битва состоялась между русскими и турецкими эскадрами 24–26 июня (5–7 июля) 1770 г. в Эгейском море. Турки превосходили русский флот как по числу кораблей, так и по вооружению и численности личного состава более чем в 2 раза. Граф А.Г. Орлов, командовавший русской эскадрой, заманил турецкий флот в Чесменскую бухту, где смог сжечь его артиллерийским огнём и брандерами. Потери турецкого флота – 15 линкоров, 6 фрегатов, множество мелких судов, 11 000 человек были убиты, 6 кораблей, в том числе 1 линкор, были захвачены в плен [3].

2 (13) мая 1790 г. на Балтике во время русско-шведской войны состоялось Ревельское сражение. Адмирал В.Я. Чичагов выстроил свои корабли таким образом, что шведский флот, превосходящий вдвое по масштабам русскую эскадру, был вынужден перемещаться вдоль боевой линии русского флота. Корабли шведов по очереди попадали под длительный сосредоточенный артиллерийский огонь русской эскадры, как бы «прогонялись сквозь строй», получая при этом тяжёлый урон [4].

В том же 1790 г., чуть позже – 22 июня (3 июля) на Балтийском море состоялось Выборгское сражение, также во время русско-шведской войны. Шведы пытались захватить Санкт-Петербург, но неудачно и попали в западню, были блокированы русским флотом под командованием адмирала В.Я. Чичагова в Выборгском заливе. При попытке прорыва шведы потеряли 10 больших кораблей и более 60 малых, а также около 7000 личного состава. Русские, благодаря умелым действиям командования, потеряли менее 300 человек убитыми и ранеными [3].

Почти в это же время, 8 (19) июля 1790 года, во время русско-турецкой войны состоялось сражение у Керченского пролива. Турецкий флот, обладая огневой мощью в 1,5 раза больше российского, был нацелен на завоевание Крыма. Однако контр-адмирал Ф.Ф. Ушаков, командовавший русской эскадрой, принял решение сконцентрировать артиллерийский огонь на головном флагманском турецком корабле, потерявшем боеспособность, загоревшемся и затонувшем. Турки были деморализованы и вынуждены повернуть назад, при этом понеся урон ещё и в составе своего десанта [5]. 28–29 августа (8–9 сентября) 1790 г. у мыса Тендра в Чёрном море русская эскадра под командованием Ф.Ф. Ушакова, уступая по численности и вооружению в 1,6–1,8 раза туркам, внезапно напала на стоящий на якоре турецкий флот, опрокинув его строй. Турки потеряли 6 кораблей, ещё несколько затонули по пути в базу; более 2000 человек было убито. Потери русского флота – около 50 человек убитыми и ранеными.

Оригинальными решениями, приведшими к победам русского флота в военно-морских сражениях, отметились в истории такие выдающиеся флотоводцы, как [3–4]:

– вице-адмирал Д.Н. Сенявин – Дарданелльское сражение в Эгейском море, 10–11 (22–23) мая 1807 г.; Афонское сражение, 19 июня (1 июля) 1807 г.;

– контр-адмирал Л.П. Гейден – Наваринское сражение в Эгейском море, 8 (20) октября 1827 г.;

– вице-адмирал П.С. Нахимов – Синопское сражение на Чёрном море, 18 (30) ноября 1853 г.

Анализ вышеописанных побед позволяет сделать вывод о том, что все нюансы военно-морского сражения не могут быть описаны в тактических руководствах и наставлениях. Сама тактика военно-морского флота не является чем-то «закостенелым» – это развивающаяся наука, которая постоянно дополняется удачными решениями, принимаемыми флотоводцами в ходе сражений и предопределяющими их успех. Поэтому важным является умение офицеров ВМФ быстро находить выход в сложной ситуации, принимать оригинальные, неожиданные для противника решения, позволяющие максимально использовать свои сильные стороны и реализовать те возможности, которые возникают при разумном использовании недостатков оппонента. Отсюда логичный вывод о необходимости уделять особое внимание развитию перечисленных качеств будущих военно-морских кадров, которые в совокупности во многом определяются уровнем креативности обучающихся.

Рассмотрим подробнее понятие креативности личности и его составляющие.

2. Понятие креативности личности и основные его компоненты

Категория креативности имеет множество интерпретаций, причём многие из них не лишены смысла, дополняют друг друга и описывают различные стороны данного понятия. Это может быть и способность, и умение, и качество личности, и потенциал, и процесс творчества, и результат деятельности. Рассмотрим некоторые определения креативности. Различные учёные понимают данный термин, как:

– способность создавать уникальный продукт в результате решения проблемы, вызванной отклонением от идеального образа, «феноменом неполноты выделения исследуемой системы» [6];

– способность к творчеству, нестандартность – отклонение от традиционных схем мышления, оригинальность и гибкость – порождение необычных идей и идей из разных областей знаний, а также беглость – быстрое решение возникающих задач и проблем [7];

– показатель способности индивида или группы к продуцированию оригинальных идей и путей решения задачи (проблемы) и доведению их до уровня практического воплощения в новом результате [8];

– общая творческая способность, умение генерировать большое число оригинальных идей, уходить от общепринятых схем мыш-

ления, быстро находить решение поставленных задач и проблемных ситуаций [9];

– способность индивидов принимать принципиально новые, нестандартные решения, не прописанные в руководящих документах, инструкциях, наставлениях, боевых уставах [10];

– способность принимать правильные решения в неординарных условиях [11];

– потребностно-мотивационная база для творческой деятельности, важный компонент структуры личности, неотъемлемый элемент субъективной детерминации творческого процесса, проявляющийся в создании качественно нового продукта [1];

– умение находить применимые на практике нестандартные, новые решения; рассматривается с позиции социально-культурной обусловленности, когнитивных процессов, совокупности необходимых знаний и навыков [12];

– индивидуальный потенциал, определяющий возможность субъекта не только решать сложные проблемы и реагировать на новые неоднозначные ситуации, но и активно воздействовать на свою жизнь, окружающую среду, проектируя свое будущее [13];

– результат мыслительной деятельности, способствующей решению задач, для которых не срабатывают традиционные способы [6];

– не просто качество, свойство каждой личности, но и культурный феномен, возникающий в процессе обмена идеями, ценностями, знаниями [13];

– интегральное образование, детерминирующее творческую деятельность личности, обнаруживающееся и непосредственно развивающееся в ходе этой деятельности и охватывающее несколько необходимых составляющих: развитое воображение, перспективное мышление, рефлексивность [14];

– многоуровневое, многокомпонентное образование, тесно взаимосвязанное с другими психическими качествами личности – характером мотивации, уровнем интеллекта, эмоциональными чертами, ценностными ориентирами; компонент базовых психологических характеристик личности, показывающий степень её готовности к творчеству [15].

В данном исследовании креативность понимается как интегральная устойчивая характеристика личности, определяющая её способность к творчеству, принятию нового, нестандартному созидательному мышлению, генерированию большого числа оригинальных и полезных идей [1].

Главная задача креативной образовательной среды – «разбудить», актуализировать в обучающемся творческие качества,

создать условия для свободного развития креативных задатков каждого.

Креативность характеризуется различными индикаторами: быстрота и оригинальность, образность мышления, нестандартность и неожиданность решений сложных задач (проблем), развитое чувство юмора, смекалка, богатое воображение, умение разрабатывать новые идеи и оригинальные продукты. Креативный результат всегда адекватен по отношению к решаемой задаче и в то же время является новым, недоступным для решения известными ранее способами [15].

Креативность характеризуется следующими составляющими [1]:

1) *гибкость* – умение быстро переключаться с одной идеи на другую, находить противоречия, предлагать разнообразные, интересные, всесторонние идеи;

2) *созидательность* – способность последовательно, шаг за шагом «шлифовать идею», совершенствовать её, добавляя отдельные детали;

3) *оригинальность* – образность мышления, способность генерировать редкие идеи, использовать отдалённые ассоциации, нестандартно отвечать на различные ситуации;

4) *метафоричность* – склонность к объёмным ассоциациям, метафорам, мифическому сравнению, умение задействовать графические и символические образы для представления сути вещей, идей, предложений;

5) *беглость* – способность к генерированию большого количества способов использования предмета, вариантов решения задачи, идей;

6) *проблемность* – умение формулировать проблему и выявлять наличие проблем;

7) *теоретичность* – способность использования методов анализа и синтеза, восхождения от абстрактного к конкретному, системного подхода при решении проблем;

8) *инициативность* – умение взять на себя решение проблемы, проявить волю и характер, лидерские качества;

9) *ассертивность* – способность проявить самостоятельность, независимость, умение саморегулировать своё поведение, свои поступки, вопреки внешним воздействиям;

10) *прогностичность* – умение предвидеть последствия той или иной ситуации, а также различных способов воздействия на них.

Кроме перечисленного, к креативным качествам могут быть причислены [1, 6, 8] изобретательность, вдохновлённость, нестандартность, развитая интуиция, самобытность, раскованность мыслей и чувств, смекалка.

3. Рекомендации

по развитию креативности обучающихся при подготовке военно-морских кадров

Опыт показывает, что креативность обучающихся не развивается стихийно. Необходима специально организованная креативная образовательная среда, позволяющая нивелировать те «зажимы», которые не дают проявиться и развиваться этому важному для военно-морских кадров качеству.

Рекомендуются следующие мероприятия, позволяющие придать образовательной среде элементы креативности, обеспечить развитие её составляющих:

- такая разработка заданий, чтобы у обучающихся был определённый уровень свободы и самостоятельности при решении задач;

- избегание тех правил, которые излишне закрепощают мышление обучающихся и их действия; максимальное поле свободы, самоопределения, самостоятельности для обучающихся;

- показ в учебном процессе наиболее ярких образцов творческой деятельности, путей их достижения и возможности их улучшения;

- создание базы знаний, подкрепляющей процесс творчества, использование экспертных систем и помощников с элементами искусственного интеллекта;

- проектирование условий для проявления в ходе активной творческой деятельности потенциала, заложенного в каждом обучающемся; мотивация процесса творчества;

- по возможности избегание контроля времени в процессе творческой деятельности, расширение временных горизонтов творчества в диапазоне других учебных дисциплин и самостоятельного обучения (творчества);

- уважение к каждому участнику учебной деятельности, поощрение его стремления к поиску новых путей решения задач, дискутированию, запрет на критику, распределение ролей в творческой команде при соблюдении безусловного равноправия;

- предоставление каждому обучающемуся возможности выбора индивидуальной образовательной траектории в заданных рамках, путей достижения образовательного результата и его уровня;

- подкрепление положительных эмоциональных переживаний в ходе учебного процесса, показ важности той или иной деятельности, обязательное достижение желаемого результата, сопровождаемого радостью, переживанием успеха;

- поощрение у обучающихся самостоятельности, инициативы, стремления к самореализации, к самосовершенствованию;

- опора на критическое мышление; недопущение соглашательства, конформизма, ориентации на общепринятые подходы, на большинство;

- поощрение стремления обучающихся к оригинальности в выполнении заданий, к оправданному риску; опора на интуицию, подтверждаемую логическими умозаключениями;

- развитие таких способностей обучающихся, как целеполагание, самоопределение, рефлексия, самоорганизация, целеустремлённость, воображение;

- использование внутренних противоречий в учебном материале, вызывающих у обучающихся потребность глубже в нём разобраться и понять суть проблемы;

- проектирование ситуаций, требующих от каждого принятия творческих самостоятельных решений, подталкивающих обучающихся к приобретению нового опыта, особенно в экстремальных условиях, когда они сталкиваются с ограниченным набором средств и дефицитом времени;

- демонстрация хода развития научного знания по конкретной проблеме;

- применение «открытых» задач, в которых нет однозначного правильного решения; поощрение стремления найти максимальное количество возможных решений задачи, даже нереальных, фантастических;

- целенаправленное изучение методологии творчества и научного исследования;

- применение методов активного и интерактивного обучения, направляющих участников учебной деятельности на самостоятельное открытие нового знания;

- развитие у обучающихся способности переносить освоенные способы деятельности и мышления на близкие по смыслу ситуации и проблемы;

- использование наглядных образов, метафор, рисунков, анимации, структурных схем, обеспечивающих лучшее понимание учебного материала и наталкивающих обучающихся на ряд ассоциаций, позволяющих находить неожиданные решения задач.

Заключение

Креативность – интегральная устойчивая характеристика личности, определяющая её способности к творчеству, принятию нового, нестандартному созидательному мышлению, генерированию большого числа оригинальных и полезных идей. Креативность специалиста военно-морского флота – важное качество, которое напрямую влияет на качество принимаемых им решений, на эффективность его деятельности в повседневных условиях службы. А в бою креативность позволяет добиться

оперативного и тактического преимущества над врагом, даже превосходящим значительно по численности и вооружению, что многократно доказала история военно-морского искусства. Именно поэтому развитие креативности в военно-морском вузе должно осуществляться целенаправленно, в рамках креативной образовательной среды, включающей целый комплекс мероприятий, рекомендуемых в данной статье.

Список литературы

1. Кречетников К.Г. Креативность личности и её роль в управлении персоналом // В мире научных открытий. 2015. № 3.5 (63). С. 2322–2338.
2. Суворов А.В. Наука побеждать. М.: Азбука, 2016. 256 с.
3. Коряковцев А.А., Ташлыков С.Л. «Крутые повороты» в развитии отечественной морской стратегии // Военно-исторический журнал. 2020. № 7. С. 4–10.
4. Зубенко А.В., Марков В.Ф. Основные подходы к совершенствованию организации обучения слушателей в высших военных учебных заведениях Министерства обороны Российской Федерации // Военная мысль. 2020. № 1. С. 139–149.
5. Рассохо-Анохина В.Н. Миротворческая миссия адмирала Ф.Ф. Ушакова // Наука. Общество. Оборона. 2019. № 2 (19). С. 10.
6. Боровинская Д.Н., Суровцев В.А. Рефлексия и природа креативности // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2019. № 49. С. 17–25.
7. Грицай Т.И., Чернецов П.И. Исследование креативности старшеклассников // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. 2015. Т. 7. № 4. С. 46–51.
8. Краснощек П.Л. Коллективный интеллект как основа современной креативности // Гуманитарный вестник. 2017. № 9 (59). С. 1–11.
9. Клеймёнова Т.Н., Волкова Е.А., Джаксбаева О.В. Состояние высшего образования в современной России // Проблемы современного педагогического образования. 2021. № 71–2. С. 188–191.
10. Пырский А.М., Вертаев А.В. Оценка уровня сформированности профессионально-управленческих качеств курсантов вузов Федеральной службы войск Национальной гвардии Российской Федерации // Общество: социология, психология, педагогика. 2017. № 6. С. 46–51.
11. Кашапов М.М., Субботин А.В. Профессионально важные качества как основа формирования профессиональной компетентности будущих офицеров // Вестник Удмуртского университета. Серия «Философия. Психология. Педагогика». 2014. № 2. С. 26–31.
12. Ширинкина Е.В. Модели креативности в организации // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021. № 1. С. 21–28.
13. Кирьякова А.В., Мороз В.В. Креативность сквозь призму аксиологии // Педагогический журнал Башкортостана. 2021. № 2 (92). С. 10–20.
14. Юдина С.Д., Войтик И.М., Чухрова М.Г., Чухров А.С. Специфика взаимосвязи креативности и рефлексии // Мир науки, культуры, образования. 2019. № 2 (75). С. 286–288.
15. Фасоля А.А., Лаптева Е.В. Основные психолого-педагогические методы повышения эффективности развития коммуникативной креативности у преподавателей военных вузов // Военная мысль. 2019. № 12. С. 133–143.