СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 12, 2019

ISSN 1812–7320

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,909
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,282

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, Алоев 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.п.н., профессор, Жеребило Т.В. (Грозный); д.т.н., профессор, Завражнов А.И. (Мичуринск); д.п.н., доцент, Загревский 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, Ижуткин В.С. (Москва); д.т.н., профессор, Калмыков И.А. (Ставрополь); д.п.н., профессор, Качалова Л.П. (Шадринск); д.псх.н., доцент, Кибальченко И.А. (Таганрог); д.п.н., профессор, Клемантович И.П. (Москва); д.п.н., профессор, Козлов О.А. (Москва); д.т.н., профессор, Козлов А.М. (Липецк); д.т.н., доцент, Козловский В.Н. (Самара); д.т.н., доцент, Красновский А.Н. (Москва); д.т.н., профессор, Крупенин В.Л. (Москва); д.т.н., профессор, Кузлякина В.В. (Владивосток); д.т.н., доцент, Кузяков О.Н. (Тюмень); д.т.н., профессор, Куликовская И.Э. (Ростов-на-Дону); д.т.н., профессор, Лавров Е.А. (Суми); д.т.н., доцент, Ландэ Д.В. (Киев); д.т.н., профессор, Леонтьев Л.Б. (Владивосток); д.ф.-м.н., доцент, Ломазов В.А. (Белгород); д.т.н., профессор, Ломакина Л.С. (Нижний Новгород); д.т.н., профессор, Лубенцов В.Ф. (Краснодар); д.т.н., профессор, Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., профессор, Макаров В.Ф. (Пермь); д.п.н., профессор, Марков К.К. (Иркутск); д.п.н., профессор, 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, Скрыпник О.Н. (Иркутск); д.п.н., профессор, Собянин Ф.И. (Белгород); д.т.н., профессор, Страбыкин Д.А. (Киров); д.т.н., профессор, Сугак Е.В. (Красноярск); д.ф.-м.н., профессор, Тактаров Н.Г. (Саранск); д.п.н., доцент, 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, Хода Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., профессор, Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., профессор, Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., профессор, Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., профессор, Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., профессор, Шарафеев И.Щ. (Казань); д.т.н., профессор, Шишков В.А. (Самара); д.т.н., профессор, Щипицын А.Г. (Челябинск); д.т.н., профессор, Яблокова М.А. (Санкт-Петербург)

Журнал «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 бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,909.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,282.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

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

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции: 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 – 30.12.2019
Дата выхода номера – 30.01.2020

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

Техническая редакция и верстка
Байгузова Л.М.
Корректор
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 29,38
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2019/12
Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00)

СТАТЬИ

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ С УЧЕТОМ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ
Айгумов Т.Г., Мелехин В.Б. 9

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАТОМИЧЕСКИЙ МАКЕТ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ И ЛЕГКИХ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ МНОГОРАКУРСНОЙ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ
Алексанян Г.К., Щербаков И.Д., Кучер А.И. 14

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ПОЛОСООБРАЗНОЙ НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕЩЕНИЯ РЯДОВ СКВАЖИН ПРИ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ
Аль Джабри А.Я.А., Куан Минь Тхо, Плохотников С.П., Еникеева С.Р. 20

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
Астапов В.Н., Бояркин Н.С. 25

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СИТАХ
Ахмадиев Ф.Г., Гиззятов Р.Ф., Назипов И.Т. 30

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НА АРЕАЛЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОТ
Васильев М.Д., Васильева Н.В., Матвеева О.И., Трофимцев Ю.И. 36

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ
Волков В.Ф., Пономарев А.С. 42

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ
Гагарина Л.Г., Лупин С.С., Портнов Е.М. 47

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЯЗЫКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ О МЕСТНОСТИ В ИНТЕРЕСАХ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
Галанкин А.В., Негодин Д.В. 53

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ВЕЩЕСТВА С ЛОКАЛЬНОЙ НЕГЕРМЕТИЧНОСТЬЮ ПРИ БОЛЬШИХ ЧИСЛАХ КНУДСЕНА
Добролюбов А.Н., Лебедев А.С. 58

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРОСУППОРТА СТАНКА С БЕЗЫНЕРЦИОННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ
Кадыров И.Ш., Давлятов У.Р., Турусбеков Б.С. 63

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННЫМИ КОЛОННАМИ К-1 И К-2 В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗОПРЕНА
Кривошеев В.П., Филимонцев Е.А., Ефимов И.М. 68

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ МАРКЕРОМ ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ СУБМ-3,6
Купряшкин В.Ф., Шляпников М.Г., Безруков А.В., Князьков А.С., Купряшкин В.В., Осипов В.Ю. 73

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ДЕГРАДАЦИОННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ
Лисов А.А., Чернова Т.А., Горбунов М.С. 79

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ НА ОСНОВЕ НЕПРЕРЫВНОГО ПОДХОДА
Микшина В.С., Касаткин В.В., Назина Н.Б., Погореловский М.А. 84

ЗАДАЧА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ
Надеждин Е.Н. 89

ПРЕДПОСЫЛКИ И ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ МНОГОСВЯЗНЫХ СИСТЕМ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ
Сабитов М.А., Семенов Б.В., Кузяков О.Н. 95

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛАСТИНЕ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ СО СВАРНЫМ НАПЛАВОМ
Ткачева А.В., Абашкин Е.Е., Жилин С.Г., Комаров О.Н. 99

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ДОБАВОК НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛЬФРАМО-КОБАЛЬТОВЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ
Федоров М.В., Васильева М.И., Винокуров Г.Г. 105

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РАСПОЗНАВАНИЮ ОБРАЗОВ И АНАЛИЗУ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
Филин Н.Н. 110

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАЖЕННЫХ И МАЛОКРАТНО РАССЕЯННЫХ ФОТОНОВ ПОСРЕДСТВОМ ПОСТРОЕНИЯ МАТРИЦЫ ДИСПЕРСИЙ ОКТ ИЗОБРАЖЕНИЙ
Черешнев В.О., Абдулкарим С.Н., Проскурин С.Г. 118

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОСВЯЗЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОЛУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО ИСХОДНОГО РЕЛЬЕФА И ШЕРОХОВАТОСТИ ПОКРЫТИЙ ТВЕРДОГО ЖЕЛЕЗА В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
Яшков В.А. 123

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

СТАТЬИ

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ Е.Н. ВОДОВОЗОВОЙ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
Аммосова В.Г., Николаева Л.В. 129

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОШЕНИЯ УЧАЩИХСЯ К СЛУЧАЙНОМУ ВЫБОРУ ВОПРОСОВ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ ТЕСТИРОВАНИИ
Барыктабасов К.К., Жумабаева Ч.Н., Бримкулов У.Н. 134

СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КЛУБНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ КАК ФАКТОР САМОРЕАЛИЗАЦИИ ПОДРОСТКОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
Белецкая Е.А., Бовкунова Ю.В., Ефремова Н.В. 139

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ С ВОЕННОСЛУЖАЩИМИ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ И ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ В РЕЖИМЕ СЛУЖЕБНОГО ВРЕМЕНИ
Борисов А.В., Буриков А.В., Елькин Ю.Г. 144

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
Воронин С.М., Воронов Н.А., Зверев С.А. 149

ВЛИЯНИЕ ПЛАВАНИЯ НА РАЗВИТИЕ И ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ
Григан С.А., Нещерет Н.Н. *154*

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТУДЕНТОВ, СКЛОННЫХ К ВИКТИМНОМУ ПОВЕДЕНИЮ В ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВЕ
Дроздикова-Зарипова А.Р., Калацкая Н.Н., Валеева Р.А., Костюнина Н.Ю., Биктагирова Г.Ф. *159*

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ MOODLE ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ
Дубских А.И., Кисель О.В., Бутова А.В. *167*

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОПЫТА В МЕТАНИИ ДРОТИКОВ В ИГРЕ В ДАРТС
Зенкова Т.А. *172*

О РОЛИ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ В ВОСПИТАНИИ ПИАНИСТА
Каишаури Э.Г., Кузнецова А.В. *178*

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ ПРОГРАММ АКАДЕМИЧЕСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ
Крайсман Н.В. *185*

СПЕЦИФИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «СЛУХО-ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ» В ТВОРЧЕСКИХ ВУЗАХ
Никитина Г.А. *190*

КЕЙС-ТЕХНОЛОГИИ В ИНТЕРАКТИВНОМ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ СТУДЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ
Сарванова Ж.А., Кочетова И.В., Дорофеев С.Н., Порваткин А.В. *195*

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Семенова В.Н., Галузо Н.А., Никифорова Н.Г., Федянина Н.С., Федянин А.П. *200*

КОМПЛЕКСНЫЙ КОНТРОЛЬ В СПОРТЕ: ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ
Семёнова Г.И., Иванова В.Д. *205*

ИЗ ОПЫТА ВОЛОНТЁРСКОГО ОТРЯДА «НА СТАРТЕ» ФГБОУ ВО «ВЕЛИКОЛУКСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»
Смирнова Е.Ю., Алексеев Д.А., Ходотова В.Ю. *210*

ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ К СДАЧЕ НОРМ КОМПЛЕКСА «ГОТОВ К ТРУДУ И ОБОРОНЕ» В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ
Смирнова И.А., Ожиганова М.В., Захарова А.В., Межнина Т.О. *215*

ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОНИТОРИНГА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В РУСЛЕ ТРЕБОВАНИЙ ФГОС
Трухманов В.Б., Трухманова Е.Н. *220*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КУРАТОРОВ ПО ФОРМИРОВАНИЮ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ СТУДЕНЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА В ВУЗЕ
Чижикова Е.С. *226*

ОБЗОРЫ

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ РАБОТА СО СТРАХАМИ ДЕТЕЙ
Минаева Е.В., Иванова Н.В., Павликова О.В. *231*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00)

ARTICLES

MULTI-CRITERIA ESTIMATION OF EFFICIENCY OF INVESTMENT PROJECTS TAKING INTO ACCOUNT THE DEVELOPMENT POTENTIALS OF THE REGIONS
Aygumov T.G., Melekhin V.B. 9

FUNCTIONAL HUMAN THORAX AND LUNGS ANATOMICAL MODEL FOR MULTI-ANGLE ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY
Aleksanyan G.K., Shcherbakov I.D., Kucher A.I. 14

SOLUTION OF PROBLEM OF OPTIMIZATION OF DEVELOPMENT OF STRIP-SHAPED OIL DEPOSIT DEPENDING ON LOCATION OF WELL ROWS AT NON-THERMAL FILTRATION
Al Dzhabri A.Ya.A., Kuan Ming Tho, Plokhotnikov S.P., Enikeeva S.R. 20

IMPROVEMENT THE ACCURACY OF THE AUTOMATED MEASUREMENT SYSTEM OF LONG-DIMENSIONAL MATERIALS
Astapov V.N., Boyarckin N.S. 25

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES OF CLASSIFICATION OF GRANULAR MATERIALS ON THE SIEVE
Akhmadiev F.G., Gizzyatov R.F., Nazipov I.T. 30

MATHEMATICAL MODELING OF POPULATION DYNAMICS DURING TECHNOGENIC IMPACT ON THE HABITAT
Vasilev M.D., Vasileva N.V., Matveeva O.I., Trofimtsev Yu.I. 36

STUDY OF THE USING STOCHASTIC ALGORITHMS APPROPRIATENESS IN RESOURCE ALLOCATION TASKS
Volkov V.F., Ponomarev A.S. 42

MODELING OF SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM
Gagarina L.G., Lupin S.S., Portnov E.M. 47

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF THE LANGUAGE OF MODELING THE FUNCTIONING OF COMPLEX SYSTEMS USING DIGITAL INFORMATION ON LOCATION IN THE INTERESTS OF INCREASING THE LEVEL OF AUTOMATION
Galankin A.V., Negodin D.V. 53

THE INTERACTION OF FINE-DISPERSED SUBSTANCE WITH A LOCAL LEAKAGE AT HIGH KNUDSEN NUMBERS
Dobrolyubov A.N., Lebedev A.S. 58

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF A HYDRAULIC SUPPORT FOR A MACHINE WITH AN INSERVIOUS CONTROLLER
Kadyrov I.Sh., Davlyatov U.R., Turusbekov B.S. 63

SYNTHESIS OF A RECTIFICATION COLUMN CONTROL SYSTEM K-1 AND K-2 IN THE PRODUCTION OF ISOPRENE
Krivosheev V.P., Filimontsev E.A., Efimov I.M. 68

POWER ANALYSIS OF THE MARKER CONTROL MECHANISM GRAIN DRILLS SUBM-3,6
Kupryashkin V.F., Shlyapnikov M.G., Bezrukov A.V., Knyazkov A.S., Kupryashkin V.V., Osipov V.Yu. 73

MODELS OF TECHNICAL DEVICES DEGRADATION CHANGES ANALYSIS
Lisov A.A., Chernova T.A., Gorbunov M.S. 79

MATHEMATICAL METHODS AND MODELS OF PROCESS MANAGEMENT OIL REFINING BASED ON A CONTINUOUS APPROACH
Mikshina V.S., Kasatkin V.V., Nazina N.B., Pogorelovskiy M.A. 84

THE TASK OF DISTRIBUTING SOFTWARE RESOURCES OF AN INFORMATION-COMPUTER NETWORK
Nadezhdin E.N. 89

BACKGROUND AND DEVELOPMENT OPTIONS OF HYBRID MODELS FOR MULTI-CONNECTED SYSTEMS IN HEAT POWER ENGINEERING
Sabitov M.A., Semenov B.V., Kuzyakov O.N. 95

FORMATION OF TEMPERATURE STRESSES IN A PLATE FROM CARBON STEEL WITH WELDED FUSION
Tkacheva A.V., Abashkin E.E., Zhilin S.G., Komarov O.N. 99

THE EFFECT OF ULTRAFINE ADDITIVES ON THE STRUCTURAL STATE AND PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF TUNGSTEN-COBALT HARD ALLOYS
Fedorov M.V., Vasileva M.I., Vinokurov G.G. 105

CONCEPTUAL APPROACH TO PATTERN RECOGNITION AND SITUATION ANALYSIS BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS
Filin N.N. 110

A STUDY OF REFLECTED AND LEAST SCATTERED PHOTONS BY CONSTRUCTION OF THE VARIANCE MATRIX CORRESPONDENT TO OCT STRUCTURAL IMAGES
Chereshnev V.O., Abdulkarim S.N., Proskurin S.G. 118

THE QUESTION OF THE INTERACTIONS OF TECHNOLOGICAL FACTORS FOR OBTAINING HIGH-QUALITY INITIAL TOPOGRAPHY AND ROUGHNESS OF COATINGS OF SOLID IRON IN THE MACHINING PROCESS
Yashkov V.A. 123

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

ARTICLES

PEDAGOGICAL HERITAGE OF E.N. VODOVOZOVA IN MODERN THEORY AND PRACTICE OF PRESCHOOL EDUCATION
Ammosova V.G., Nikolaeva L.V. 129

RESEARCH OF THE STUDENTS' PERCEPTION OF RANDOM SELECTION OF QUESTIONS IN COMPUTER BASED LEARNING ASSESSMENT
Baryktabasov K.K., Zhumabaeva Ch.N., Brimkulov U.N. 134

SOCIAL AND CULTURAL ACTIVITY OF CLUB FORMATIONS AS A FACTOR OF SELF-REALIZATION OF TEENAGERS IN MODERN CONDITIONS
Beletskaya E.A., Bovkunova Yu.V., Efremova N.V. 139

PECULIARITIES OF ORGANIZATION OF PHYSICAL TRAINING LESSONS WITH MILITARY DEFENSE AND MISSILE DEFENSE IN SERVICE MODE
Borisov A.V., Burikov A.V., Elkin Yu.G. 144

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF VOCATIONAL PHYSICAL TRAINING OF STUDENTS
Voronin S.M., Voronov N.A., Zverev S.A. 149

THE IMPACT OF SWIMMING ON EARLY CHILDHOOD DEVELOPMENT AND HEALTH
Grigan S.A., Neshcheret N.N. 154

SOCIO-PSYCHOLOGICAL FEATURES OF STUDENTS INCLINED TO VICTIM BEHAVIOR IN THE INTERNET
Drozdikova-Zaripova A.R., Kalatskaya N.N., Valeeva R.A., Kostyunina N.Yu., Biktagirova G.F. 159

MOODLE ELECTRONIC EDUCATIONAL ENVIRONMENT OPPORTUNITIES FOR TEACHING FOREIGN LANGUAGES
Dubskikh A.I., Kisel O.V., Butova A.V. 167

INFLUENCE OF INTERACTION PULSES OF OPTIMIZED BIOMECHANICAL PARAMETERS AND EXPERIENCE IN DROTICS THROWING IN DARTS GAME
Zenkova T.A. 172

ON THE ROLE OF PROBLEM-BASED LEARNING IN PIANIST EDUCATION (ON THE EXAMPLE OF AN ARTISTIC-INTERPRETATING APPROACH)
Kaishauri E.G., Kuznetsova A.V. 178

FRENCH FOR ACADEMIC MOBILITY PROGRAMS
Kraysman N.V. 185

SPECIFICS OF TEACHING THE DISCIPLINE «AUDITORY-VISUAL PERCEPTION» IN CREATIVE UNIVERSITIES
Nikitina G.A. 190

CASE TECHNOLOGIES IN INTERACTIVE TEACHING OF MATHEMATICAL DISCIPLINES OF STUDENTS OF NATURAL-TECHNICAL PROFILES
Sarvanova Zh.A., Kochetova I.V., Dorofeev S.N., Porvatkin A.V. 195

EXPERIENCE WITH VARIOUS EDUCATIONAL TECHNOLOGIES
Semenova V.N., Galuzo N.A., Nikiforova N.G., Fedyanina N.S., Fedyanin A.P. 200

INTEGRATED CONTROL IN SPORT: TRADITIONS AND INNOVATIONS
Semenova G.I., Ivanova V.D. 205

FROM THE EXPERIENCE OF THE VOLUNTEER GROUP «AT THE START» FGBOU VO «VELIKIE LUKI STATE ACADEMY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT»
Smirnova E.Yu., Alekseev D.A., Khodotova V.Yu. 210

STUDENTS TRAINING FOR PASSING THE NORMS OF COMPLEX «READINESS TO WORK AND DEFENCE» IN THE TECHNICAL UNIVERSITY
Smirnova I.A., Ozhiganova M.V., Zakharova A.V., Mezhnina T.O. 215

POSSIBILITIES OF INFORMATION TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE MONITORING OF THE EDUCATIONAL PROCESS WITHIN THE REQUIREMENTS OF THE FEDERAL STATE EDUCATIONAL STANDARDS
Trukhmanov V.B., Trukhmanova E.N. 220

IMPROVING THE CURATORS' ACTIVITIES ON FORMING AN ORGANIZATIONAL CULTURE OF THE STUDENT COMMUNITY AT THE UNIVERSITY
Chizhikova E.S. 226

REVIEWS

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL WORK WITH FEARS CHILDREN
Minaeva E.V., Ivanova N.V., Pavlikova O.V. 231

СТАТЬИ

УДК 004:51-77:69.003

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ С УЧЕТОМ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ

[1]Айгумов Т.Г., [1,2]Мелехин В.Б.

[1]Дагестанский государственный технический университет, Махачкала, e-mail: 915533@mail.ru;
[2]Дагестанский государственный университет народного хозяйства, Махачкала

Проведен анализ аналитических подходов к оценке инвестиционной привлекательности строительных проектов и региональной строительной отрасли, по результатам которого установлено, что они не учитывают имеющиеся у регионов потенциальные возможности, не вовлеченные в экономический оборот, использование которых позволяет их дальнейшее экономическое развитие. Разработана методика многокритериальной оценки инвестиционной привлекательности как отдельных строительных проектов, так и региональной строительной отрасли в целом, с учетом потенциальных возможностей региона, исследуемого на инвестиционную привлекательность. Предложена свертка, обеспечивающая переход от многокритериальной к однокритериальной задаче, когда часть критериев максимизируется, а часть из них минимизируется при ограничениях на значения ряда показателей в виде равенств. Показано, что для решения сформулированной задачи многокритериальной оптимизации на основе полученной свертки ее сведения к однокритериальной задаче удобно использовать метод неопределенных коэффициентов Лагранжа. Разработаны инструментальные средства принятия решений, позволяющие учитывать коммерческие риски, связанные с реализацией различных инвестиционных строительных проектов и выбирать наиболее эффективные из них. Предложенный подход позволяет определять потенциальные возможности развития строительной отрасли в различных регионах страны с учетом перспектив их дальнейшего экономического развития, а также проводить оценку эффективности инвестиционных строительных проектов с учетом рисков, обеспечивающих инвестору возможность распределения имеющихся у него средств между различными проектами и минимизировать на этой основе свои потери.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, строительный проект, строительная отрасль, показатель эффективности, многокритериальная оптимизация

MULTI-CRITERIA ESTIMATION OF EFFICIENCY OF INVESTMENT PROJECTS TAKING INTO ACCOUNT THE DEVELOPMENT POTENTIALS OF THE REGIONS

[1]Aygumov T.G., [1,2]Melekhin V.B.

[1]Dagestan State Technical University, Makhachkala, e-mail: 915533@mail.ru;
[2]Dagestan State University of National Economy, Makhachkala

The analysis of analytical approaches to assessing the investment attractiveness of construction projects and the regional construction industry, the results of which found that they do not take into account the potential of the regions, not involved in economic turnover, the use of which allows their further economic development. The method of multi-criteria assessment of investment attractiveness of both individual construction projects and the regional construction industry as a whole is developed, taking into account the potential of the studied region for investment attractiveness. The convolution providing transition from multi-criteria to single-criteria problem when part of criteria is maximized, and part of them is minimized at the set functional restrictions in the form of equalities is offered. It is shown that it is convenient to use the method of indefinite Lagrange coefficients to solve the formulated problem of multicriteria optimization on the basis of the obtained convolution of its reduction to a single-criteria problem. Decision-making tools have been developed to take into account the commercial risks associated with the implementation of various investment construction projects and to choose the most effective ones. The proposed approach allows to determine the development potential of the construction industry in various regions of the country, taking into account the prospects for their further economic development, and assess the effectiveness of investment construction projects based on risk, providing the investor with the opportunity of distribution of available funds between the various projects and to minimize on this basis their losses.

Keywords: investment attractiveness, construction project, construction industry, performance indicator, multi-criteria optimization

Одной из актуальных задач эффективного социально-экономического развития регионов страны является оценка инвестиционной привлекательности различных отраслей их реального сектора экономики. В первую очередь это относится к строительной сфере, являющейся локомотивом проведения инфраструктурных преобразований и создания основных производственных фондов в различных сферах экономики, обеспечивающих устойчивое экономическое развитие регионов. Однако используемые в настоящее время методы расчета показателей инвестиционного потенциала и привлекательности различных отраслей реального сектора экономики обладают рядом недостатков, которые не позволяют получить адекватную оценку

инвестиционной привлекательности строительной сферы и показать ее роль в социально-экономическом развитии регионов. К основным таким методам расчета следует отнести [1, 2]:

– оценку инвестиционной привлекательности различных отраслей реального сектора экономики в регионе, определяемую объемами получаемой прибыли на основе вкладываемого в них капитала;

– определение инвестиционной привлекательности строительной сферы региона путем оценки объемов инвестиций, которые можно вложить в развитие пассивной части основных производственных фондов различных отраслей региональной экономики и на этой основе получить определенные объемы прибыли;

– расчет инвестиционной привлекательности строительной сферы региона как совокупность общественно-политических, природно-хозяйственных и психологических характеристик, сложившихся в данном секторе его экономики. В этом случае рассчитывается интегральная оценка инвестиционной привлекательности исследуемой отрасли региона, измеряемая по стобалльной шкале на основе ряда частных показателей, определяемых либо экспертным, либо аналитическим путем. На этой основе интегральная оценка состояния инвестиционной привлекательности строительной сферы региона определяется как средневзвешенная арифметическая величина значений принятых частных показателей, характеризующих ее текущее состояние.

Основным недостатком данных методов является то, что они не учитывают имеющиеся в регионе высокие потенциальные природные ресурсы, которые не задействованы в экономический оборот, но позволяющие при их использовании, а также снижении различного вида инвестиционных рисков получить достаточно высокие объемы прибыли. Например, в Республике Дагестан имеются природные ресурсы, не задействованные в экономический оборот, но позволяющие обеспечить высокий экономический рост региона за счет развития туристической отрасли [3] и гидроэнергетики [4], что также способствует эффективному развитию его строительной сферы.

Цель исследования: разработка методических положений проведения многокритериальной оценки эффективности инвестиционных строительных проектов (ИСП) и инвестиционной привлекательности региональной строительной сферы на основе использования различных показателей эффективности с учетом перспективных отраслей экономического развития исследуемого региона в целом, его инвестиционного климата и высоких потенциальных природных ресурсов.

Методы исследования базируются на применении системного подхода к проведению экономического анализа потенциальных возможностей исследуемого региона и принятии оптимальных инвестиционных решений на основе многокритериальной оценки эффективности ИСП с учетом перспектив развития региональной строительной сферы в целом.

Оптимальная оценка инвестиционной привлекательности строительной сферы с учетом не использованных в экономическом обороте потенциальных возможностей региона

Проведенный анализ методов определения потенциальных возможностей экономического развития и инвестиционной привлекательности регионов и их отдельных отраслей экономики показывает, что для достоверной оценки эффективности реализуемых в них ИСП и перспектив развития строительной сферы в целом, целесообразно получить интегральный показатель, позволяющий:

– оценить инвестиционную привлекательность различных сфер экономики регионов по имеющемуся в текущий момент времени инвестиционному потенциалу и перспективам развития пассивной части основных производственных фондов;

– дополнить проводимый анализ интегральной оценкой инвестиционной привлекательности различных отраслей экономики региона с учетом оценки эффективности использования не задействованных в экономический оборот их высоких потенциальных природных ресурсов.

Для получения такой оценки следует рассмотреть и оценить эффективность различных перспективных ИСП, обеспечивающих возможность устойчивого экономического роста регионов. При решении данной проблемы следует исходить из стратегических направлений, обеспечивающих устойчивое экономическое развитие исследуемого региона с учетом как используемых, так и не используемых в текущий момент времени имеющихся потенциальных возможностей.

Пусть в регионе с учетом его потенциальных возможностей можно реализовать множество $P = \{p_i\}, i = 1, 2, ..., n$ допустимых строительных проектов, а для инвестиционных вложений требуется определить наиболее эффективные из них. Учитывая,

что, как правило, в подавляющем большинстве случаев эффективность ИСП рассчитывается на основе системы оценочных показателей учитывающих «затраты», «стоимость реализации проекта», «время» [5, 6], а также «потенциал» и «инвестиционный климат в регионе», эффективность каждого проекта $p_i \in P$ будет определяться множеством различных локальных показателей эффективности, образующих вектор $Э_i = (Э_{i1}, Э_{i2}, \ldots, Э_{im})$, включающий, например, чистый дисконтированный доход, индекс рентабельности инвестиций, дисконтированный период окупаемости инвестиций, риски и другие критериальные показатели [7, 8]. Обеспечение оптимальных оценок данных показателей для наиболее значимых с точки зрения устойчивого экономического развития региона ИСП, можно интерпретировать как стратегические цели его развития и упорядочив, разбить на следующие три группы:

$Э_i(1) = (Э_{i1}, Э_{i2}, \ldots, Э_{in1})$ – минимизируемые показатели;

$Э_i(2) = (Э_{in1+1}, Э_{in1+2}, \ldots, Э_{in2})$ – максимизируемые показатели;

$Э_i(3) = (Э_{in2+1}, Э_{in2+2}, \ldots, Э_{in})$ – показатели, принимающие определенные фиксированные значения.

Следовательно, под эффективными региональными ИСП будем понимать наиболее значимые с точки зрения обеспечения устойчивого экономического развития регионов проекты, для которых имеются все потенциальные возможности для получения оптимальных значений показателей входящих в систему оценки их рентабельности.

Для выявления таких проектов следует установить параметры анализируемых ИСП, чувствительные к выполняемым организационно-экономическим и организационно-техническим мероприятиям, связанным с их реализацией. Например, вкладываемые в течение заданного отчетного периода объемы инвестиций согласно финансовому плану, производственные мощности, используемые для реализации проекта и т.д. Назовем их параметрами управления и обозначим следующим образом $q_j \in Q$, $Q = (q_1, q_2, \ldots, q_z)$. От данных параметров функционально зависят показатели эффективности ИСП, т.е. $Э_i = F_i(q_1, q_2, \ldots, q_z)$.

На параметры управления, как правило, накладываются ограничения либо в соответствии с их максимальными значениями, которые они могут принимать с учетом имеющихся у региона потенциальных возможностей и оптимального управления их использованием, либо, исходя из предположения, что дальнейшее изменение того или иного параметра управления практически не улучшает показатели эффективности. Обозначим данные ограничения следующим образом:

$$q_{j\min} \le q \le q_{j\max}, j = 1,2,\ldots,z. \quad (1)$$

Следовательно, зная предельные значения параметров управления $q_{j\min}, q_{j\max}$, можно определить допустимые граничные значения показателей эффективности для различных анализируемых ИСП:

$$Э_{i\min} \le Э_i \le Э_{i\max}.$$

Это, в свою очередь, позволяет в заданном множестве ИПС P установить варианты проектов, удовлетворяющие требованиям эффективности, или варианты проектов для которых выполняются следующие условия:

$$Э_i(1) \ge Э_{i\min}, i = 1,2,\ldots,n_1,$$

$$Э_i(2) \le Э_{i0}, i = n_1 + 1, n_1 + 2, \ldots, n_2, \quad (2)$$

$$Э_i(3) = Э_{i0}, i = n_2 + 1, n_2 + 2, \ldots, n,$$

где текущее значение оценок показателей эффективности $Э_i(1)$, $Э_i(2)$, $Э_i(3)$ рассчитывается по их заданным аналитическим выражениям путем подстановки в них допустимых согласно ограничениям (1) значений параметров управления; $Э_{i0}$ – запланированные оценки показателей эффективности, принимающих фиксированные значения.

Установленные согласно условиям (2) варианты ИСП образуют подмножество эффективных проектов $P_Э, P_Э \subseteq P$, которые рекомендуется реализовать для устойчивого экономического развития региона. Для проведения дальнейшего анализа эффективности региональных ИСП для каждого проекта $p_i \in P_Э$ необходимо определить такие значения параметров управления $q_j \in Q$, при которых показатели их эффективности принимают либо оптимальное, либо определенное фиксированное значение в соответствии с их содержанием. С этой целью для каждого варианта ИСП $p_i \in P_Э$ формулируется задача многокритериальной оптимизации, которая свертывается к однокритериальной задаче на основе следующего интегрального показателя эффективности $Э_i^*$:

$$Э_i^* = \sum_{i=1}^{n1} \rho_i \beta_i Э_i(1) - \sum_{i=n1+1}^{n2} \rho_i \beta_i Э_i(2) \Rightarrow \max, \quad (3)$$

который оптимизируется с учетом функциональных ограничений следующего вида:

$$Э_i(3) = Э_{i0}, i = n_2 + 1, n_2 + 2, \ldots, n, \quad (4)$$

где $\rho_i \beta_i$ – соответственно коэффициент значимости i показателя эффективности и ком-

мерческие риски, связанные с достижением его требуемого значения. Здесь риски β_i определяются экспертным путем как вероятности того, что в регионе могут произойти соответствующие им события негативно, влияющие на процесс реализации рассматриваемого ИСП [9], а коэффициенты значимости подбираются экспертным путем таким образом, чтобы они удовлетворяли следующим условиям [10]:

$$0 \le \rho_i \le 1;\ \sum_{i=1}^{n} \rho_i = 1.$$

Для решения сформулированной выше задачи многокритериальной оптимизации удобно использовать метод неопределенных коэффициентов Лагранжа [11, 12]. В этом случае сформированная на основе интегрального показателя (3) и ограничений (4) функция Лагранжа будет иметь следующий вид:

$$Э_i^* = \sum_{i=1}^{n_1} \rho_i \beta_i Э_i(1) - \sum_{i=n_1+1}^{n_2} \rho_i \beta_i Э_i(2) + \\ + \sum_{i=n_2+1}^{n} \lambda_i (Э_{i0} - Э_i(3)) \Rightarrow \max, \qquad (5)$$

где λ_i – неопределенные коэффициенты Лагранжа.

После решения для каждого проекта $p_i \in P_Э$ на основе функции Лагранжа (5) сформулированной выше многокритериальной оптимизационной задачи, за наиболее эффективный в регионе ИСП принимается такой проект, для которого интегральный показатель $Э_i^*$ имеет наибольшее значение. После определения интегральных оценок эффективности различных вариантов ИСП $p_i \in P_Э$ можно вычислить перспективную усредненную инвестиционную привлекательность строительной сферы региона следующим образом:

$$Э_{CP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Э_i^*. \qquad (6)$$

Используя интегральную оценку (6), инвестиционную привлекательность строительной сферы региона (обозначим ее через P) можно определить на основе следующей пары:

$$P = < K, Э_{CP} >,$$

где K – интегральная оценка состояния инвестиционного климата исследуемого региона определяемая по методике, приведенной в [13].

Тогда строительная отрасль в регионе S_1 обладает большей инвестиционной привлекательностью, чем в регионе S_2, если выполняется следующее векторное неравенство:

$$P(S_1) \ge P(S_2),$$

в котором имеет место хотя бы одно строгое неравенство. Например, когда для оценок инвестиционного климата $K(S_1)$ и $K(S_2)$ сравниваемых между собой регионов S_1 и S_2 выполняется строгое неравенство $K(S_1) > K(S_2)$.

Сравниваемые между собой строительные отрасли различных регионов имеют одинаковую инвестиционную привлекательность, если для них выполняется условие:

$$P(S_1) = P(S_2).$$

Если условия векторного неравенства не выполняются для сравниваемых между собой регионов S_1 и S_2, т.е. имеет место, например, условие $K(S_1) > K(S_2)$, а $Э_{CP}(S_1) < Э_{CP}(S_2)$, то они являются несравнимыми по инвестиционной привлекательности и инвестору для решения задачи выбора следует отдать предпочтение одному из них, либо по жребию, либо принять для сравнения дополнительные показатели эффективности ИСП.

Методика учета коммерческих рисков, связанных с реализацией различных инвестиционных строительных проектов

Следует отметить, что предложенная методика оптимальной оценки эффективности ИСП предусматривает учет коммерческих рисков β_i. Как правило, коммерческие риски, связанные с реализацией инвестиционных строительных проектов, определяются вероятностью потери прибыли в результате непредвиденных изменений в инвестиционной среде региона. В этой связи инвестору целесообразно распределить имеющиеся у него средства между различными эффективными ИСП $p_i \in P_Э$ на основе критериев минимизации коммерческих рисков и максимизации получаемой прибыли [14].

Для анализа и учета степени коммерческого риска в процессе инвестиционной деятельности предлагается использовать следующую методику. Допустим, инвестор для минимизации рисков принимает решение о целесообразности вложения средств в реализацию $j = 1, 2, ..., m$ инвестиционных строительных проектов, предусматривающих развитие в регионе $i_j = 1, 2, ..., k_j$ видов реальных секторов экономики.

Введем следующие обозначения: c_{ij} – затраты, связанные с реализацией i проекта в j отрасли экономики региона; s_{ij} – получаемая инвестором прибыль после реализации

i проекта в j отрасли экономики региона; $\beta_{ij} \in [0,1]$ – риски, связанные со снижением ожидаемого спроса на продукцию, которую планируется выпускать после реализации i проекта в j отрасли экономики региона; C – имеющиеся у инвестора средства.

Используя принятые выше обозначения, определим недополучаемую инвестором прибыль Δs_j при возникновении в j отрасли региона рисков, связанных с реализацией инвестиционных строительных проектов:

$$\Delta s_j = \sum_{i=1}^{k_j} s_{ij} \quad - \sum_{i-1}^{k_j} \beta_{ij} s_{ij} \quad ,$$

при условии, что: $\sum_{j=1}^{m} C_j \le C$, где C_j – вкладываемые инвестором средства в развитие j отрасли экономики региона, $C_j = \sum_{i-1}^{n_j} c_{ij}$; n_j – количество проектов, выбранных инвестором в j сфере экономики.

При этом инвестору необходимо найти такие проекты $p_{ji} \in P_Э$ в каждой j сфере экономики региона, при реализации которых недополучаемая прибыль и суммарные риски принимают минимальные значения, т.е.

$$\Delta s = \sum_{j-1}^{m} \Delta s_j \to \min ;$$

$$\beta = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{nj} \beta_{ij} s_{ij} \to \min ;$$

$$\sum_{j=1}^{m} C_j \le C . \qquad (7)$$

Решение оптимизационной задачи (7) позволяет инвестору получить максимально возможную прибыль и минимизировать риски в результате оптимального распределения имеющихся у него средств между различными ИСП.

Заключение

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать следующие основные выводы.

1. Разработанная в статье многокритериальная методика оценки эффективности инвестиционных строительных проектов позволяет определять потенциальные возможности развития региональной строительной отрасли с учетом как задействованных, так и не задействованных в экономический оборот имеющихся в регионах природных ресурсов.

2. Предложенная в работе методика минимизации суммарных коммерческих рисков, связанных с реализацией инвестиционных строительных проектов, позволяет инвестору распределять имеющиеся у него средства между различными ИСП и формировать на этой основе инвестиционный портфель, обеспечивающий ему получение максимально возможной прибыли за счет минимизации потерь, возникающих в результате проявления в инвестиционной строительной среде регионов форс-мажорных обстоятельств.

Список литературы

1. Петров И.В. Обзор методик оценки инвестиционной привлекательности регионов // Молодой ученый. 2017. № 23. С. 57–61.

2. Бариев И.М. Современные подходы к оценке инвестиционной привлекательности предприятий // Транспортное дело России. 2019. № 1 (140). С. 89–91.

3. Амирханов М.М. Природные рекреационные ресурсы. М.: Наука, 1977. 237 с.

4. Гамзатов Т.Г. Управление реализацией инвестиционно-строительных проектов в гидротехническом строительстве. М.: ИД «Экономическая газета», ИТКОР, 2012. 340 с.

5. Боди Э., Кейн А., Маркус А. Принципы инвестиций. 4-е изд. / Пер. с англ. М.: Вильямс, 2002. 984 с.

6. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. М.: «Поли Принт Сервис», 2015. 1300 с.

7. Киреев Р.О. Рентабельность инвестиций в строительстве // Эксперт. 2015. № 4. С. 38–43.

8. Шульгин Е.В. Определение эффективности инвестиционных проектов в строительстве // Молодой ученый. 2018. № 28 (214). С. 40–45.

9. Абдурахманов Д.Б., Дуллуева Р.М., Мелехин В.Б. Методика интегральной оценки инвестиционных рисков строительного предприятия с нечеткой логикой обработки экспертных данных // Экономика строительства. 2014. № 4. С. 34–39.

10. Коробов В.Б. Сравнительный анализ методов определения весовых коэффициентов «влияющих факторов» // Социология. 2005. № 20. С. 12–20.

11. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. В 2-х книгах, кн. 1. М.: МЦНМО, 2011. 619 с.

12. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. В 2-х книгах, кн. 2. М.: МЦНМО, 2011. 433 с.

13. Александров Г.А., Вякина И.В., Скворцова Г.Г. Инвестиционный климат региона: сущность и составляющие // Российское предпринимательство. 2012. № 16 (214). С. 98–103.

14. Мелехин В.Б., Айгумов Т.Г., Гамзатов А.Я. Выбор эффективных инвестиционных строительных проектов с учетом рисков инвестиционной строительной среды // Экономика строительства. 2019. № 2 (56). С. 40–49.

УДК 004.021:616

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАТОМИЧЕСКИЙ МАКЕТ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ И ЛЕГКИХ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ МНОГОРАКУРСНОЙ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Алексанян Г.К., Щербаков И.Д., Кучер А.И.

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

В настоящей работе показана необходимость разработки физической модели грудной клетки биологического объекта в виде функционального анатомического макета для задач многоракурсной электроимпедансной томографии. Рассмотрены разработанные ранее математические модели и макеты, показаны достоинства и недостатки их использования. На основании проведенного анализа существующих решений разработан функциональный анатомический макет, показаны особенности его проектирования и реализации, а также описаны алгоритмы работы с макетом при проведении исследований. На базе разработанного функционального анатомического макета грудной клетки проведены экспериментальные исследования по определению функциональных возможностей непрерывного мониторинга изменения проводимости в плоскости сечения (наложения) пояса электродов с применением аппаратно-программного комплекса электроимпедансной томографии в виде натурных испытаний. Получены результаты в виде графиков временной зависимости интегрального параметра изменения проводимости внутренних структур исследуемого объекта, а также графическое представление результатов реконструкции поля проводимости. Анализ визуализированных результатов реконструкции показывает возможность использования разработанного функционального макета в исследованиях воздухонаполнения легких в составе грудной клетки биологических объектов. Таким образом, работоспособность разработанной физической модели проверена в ходе экспериментальных исследований.

Ключевые слова: многоракурсная электроимпедансная томография, функциональный анатомический макет, физическая модель, фантом, эксперимент, распределение проводимости, реконструкция, визуализация

FUNCTIONAL HUMAN THORAX AND LUNGS ANATOMICAL MODEL FOR MULTI-ANGLE ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY

Aleksanyan G.K., Shcherbakov I.D., Kucher A.I.

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

In this paper we show the need of development a physical model of the chest of biological objects in the form of functional anatomical layout for multi-angle electrical impedance tomography tasks. Mathematical models and mock-ups, previously developed, are shown with their advantages and disadvantages. Based on the analysis of existing anatomical functional solutions designed layout, showing features of its design and implementation, and the algorithms described with layouts during the study. On the basis of the designed layout of the functional anatomy of the chest performed experimental studies to determine the functionality of the continuous monitoring of the change in conductivity in the plane of section (overlay) electrode belt using the hardware-software complex electrical impedance tomography in the form of full-scale tests. Results are obtained in the form of graphs the time dependence of the integral parameter conductivity changes of the internal structures of the test object and the graphical representation of the results of the reconstruction field conductivity. Analysis visualized the reconstruction results show the possibility of using the functional layout designed to study air-filled lungs into the chest of biological objects. Thus, the performance of the developed physical model tested in the pilot study.

Keywords: multi-angle electrical impedance tomography, functional anatomical model, physical model, phantom, experiment, conduction distribution, reconstruction, visualization

Электроимпедансная томография (ЭИТ) – один из методов медицинской визуализации, основанный на электрических измерениях на поверхности биологического объекта во время прохождения через объект высокочастотного электрического тока I малой амплитуды [1–2]. На основе результатов измерения, информации об алгоритме инжектирования, форме объекта, электродов El_i и их местоположения, а также априорной информации об объекте, производится реконструкция поля проводимости σ внутри объекта [3]. Одним из направлений ЭИТ является трехмерная ЭИТ, позволяющая получать информацию о параметрах поля проводимости внутренних структур ИО как в отдельном двумерном томографическом срезе, так и в их совокупности [4]. Использование нескольких электродных поясов пациента позволяет формировать трехмерную картину поля проводимости σ на основе отдельных томографических срезов, предлагая новую функциональность в виде многоракурсности – многоракурсная ЭИТ (МРЭИТ).

Одним из видов применения МРЭИТ является исследование легких – оценка регионарной вентиляционной функции легких на основе результатов реконструкции и визуализации поля проводимости σ внутри грудной полости методом МРЭИТ. Так как оценка регионарной вентиляционной

функции легких производится на основе результатов реконструкции и визуализации поля проводимости σ внутри грудной полости, верификация результатов оценки возможна путем верификации результатов реконструкции.

В связи с отсутствием референтных методов определения поля проводимости σ, встает вопрос верификации результатов работы устройства многоракурсной ЭИТ на объекте с известным полем проводимости σ. Для верификации используют физические и математические модели исследуемого объекта, содержащие некоторые упрощения по сравнению с исследуемым объектом [5]. На математической модели верифицируют алгоритмы реконструкции и визуализации внутренней структуры методом МЭИТ. Данные работы проведены в [6]. Для верификации работы аппаратно-программного комплекса необходима физическая модель – функциональный макет исследуемого объекта с известным распределением проводимости σ. В связи с этим предлагается разработка, создание и исследование функционального анатомического макета (ФАМ) грудной полости и легких для многоракурсной электроимпедансной томографии.

Материалы и методы исследования

В ЭИТ в качестве физической модели используют так называемый фантом [5] – емкость из диэлектрического материала, по периметру которой на равном удалении расположены электроды El_i. Емкость заполняется проводящей средой (например, 0,9% раствор *NaCl* в воде или образцы биологических тканей), в которую вносят различные неоднородности. Такая физическая модель содержит меньше упрощений и допущений по сравнению с математической моделью [5]. Как правило, для целей ЭИТ используются фантомы простой формы, что вызвано высокой доступностью емкостей простой цилиндрической формы, широко используемых в быту (пластиковые емкости различной формы и размеров) [5]. Пример такого фантома представлен на рис. 1. Данный фантом с электродной системой разработан авторами в рамках работ по проекту № 14.574.21.0029 (Министерство образования и науки РФ). Однако подобные фантомы не позволяют производить моделирование процесса воздухонаполнения легких: помимо очевидного недостатка в виде формы, не соответствующей форме грудной клетки моделируемого объекта, в таком фантоме не обеспечена фиксация в горизонтальной плоскости емкостей с воздухом, имитирующих легкие. Кроме того, не приняты меры по предотвращению выталкивания данных емкостей на поверхность жидкости по мере наполнения их воздухом.

Для верификации результатов реконструкции поля проводимости σ грудной полости человека во время дыхательной активности разработан фантом, форма которого повторяет форму грудной полости человека с внутренним строением, позволяющим моделировать процесс дыхания. Ввиду сложной формы для изготовления физического объекта применены аддитивные технологии, а именно пластиковая 3D печать. Для этого в свободно распространяемой параметрической САПР FreeCAD разработана трехмерная модель ФАМ грудной полости и легких. Разработанная модель представлена на рис. 2. Исходные данные для разработки ФАМ (геометрические размеры и форма структуры грудной полости) взяты из [7].

По периметру ФАМ расположены 16 электродов El_i, где i = 1..16, на равном удалении друг от друга. Для функционального моделирования процесса воздухонаполнения лёгких предусмотрены области L_L (левое легкое) и L_R (правое легкое), в которых расположены эластичные емкости для воздуха. В контуре областей L_L и L_R предусмотрены отверстия для доступа проводящей среды. Области L_L и L_R ограниченны сверху распорками и прозрачным диэлектрическим материалом, которые используются для защиты от выталкивания из проводящей среды эластичных емкостей для воздуха силой Архимеда. Процесс дыхания (наполнение легких воздухом) моделируется путем нагнетания воздуха в области L_L и L_R *с* помощью механического насоса. Предусмотрен клапан сброса воздуха. В каждом легком предусмотрена возможность управления каналом подачи воздуха для моделирования патологий. Внешний вид разработанного ФАМ, подключенного к макету аппаратно-программного комплекса электроимпедансной томографии показан на рис. 3, а. Внешний вид разработанного ФАМ с установленными электродами показан на рис. 3, б.

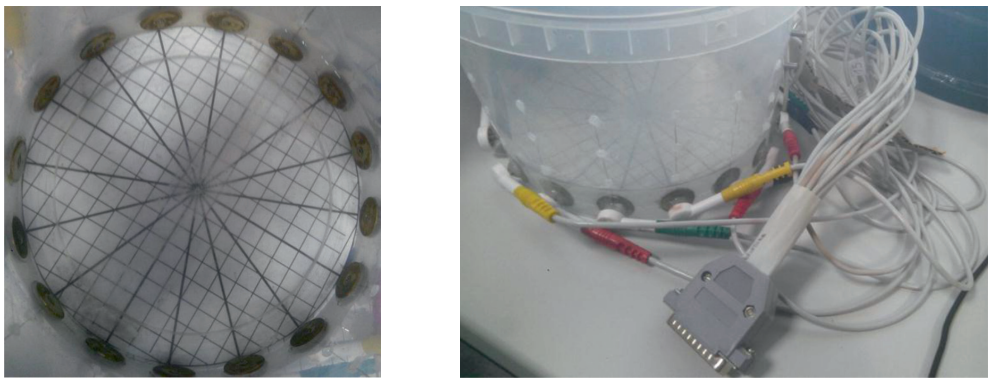
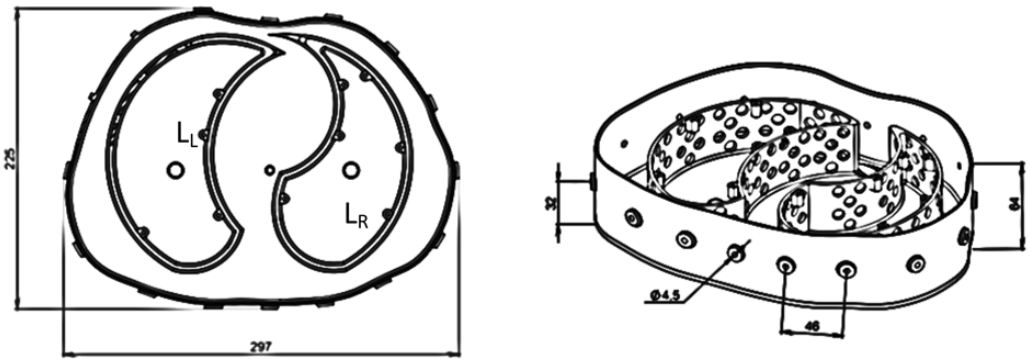


Рис. 1. Образец фантома простой формы



а) *б)*

Рис. 2. Трехмерная модель разработанного фантома. Вид сверху (а) и аксонометрическая проекция (б)

Рис. 3. Физическая модель грудной полости и легких

Получение измерительной информации произведено с использованием макета аппаратно-программного комплекса электроимпедансной томографии биологических объектов [8–9]. Реконструкция и визуализация распределения проводимости σ грудной полости в плоскости сечения (наложения) электродов El_i проведены с применением Octave и EIDORS [10]. Экспериментальные исследования разработанного ФАМ выполнены при параметрах, сведенных в таблицу.

Параметры эксперимента

Параметр	Значение
Тип мониторинга	Непрерывный
Частота f_I инжектируемого тока I, кГц	20
Амлитуда I_M инжектируемого тока I, мА	5
Режим измерений	Дифференциальный
Алгоритм измерения	«ближний сосед» [11]
Измерения на инжектирующих электродах	Отсутствуют

Результаты измерения разности потенциалов $\Delta\varphi_j$, j = 1..208 (данное число измерений обусловлено используемым алгоритмом измерения и числом электродов) между измерительными электродами El_i при различных конфигурациях инжектирующих электродов непрерывного мониторинга были обработаны аналогично [12] – произведена оценка интегрального параметра Θ (среднего значения падения напряжения $\Delta\varphi_j$ для каждого набора измерительных данных). Результаты оценки интегрального параметра Θ для областей L_L и L_R, а также для (L_L + L_R) представлен на рис. 4.

На основе результатов реконструкции поля проводимости σ в плоскости сечения (наложения) электродов El_i произведена оценка интегрального изменения проводимости ΔΩ по формуле (*). Оценка проводилось для областей L_L и L_R, а также для (L_L + L_R). Результат оценки приведен на рис. 6:

$$\Delta\Omega = \sum_{i=1}^{K} \frac{\Delta\sigma_i}{K}, \qquad (*)$$

где ΔΩ – интегральное изменение проводимости исследуемого объекта, $\Delta\sigma_i$ – значение изменения проводимости i-го элемента конечноэлементной модели

исследуемого объекта; K – номера конечных элементов, по которым проводится интегрирования. При оценке интегрального изменения проводимости $\Delta\Omega$ для всего ФАМ оценка проводится по всем конечным элементам, для правой и левой частей – только для конечных элементов правой и левой частей соответственно.

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 4 представлены графики зависимости интегрального параметра Θ от порядкового номера реконструированного изображения внутренней структуры для областей L_L, L_R и $(L_L + L_R)$. Данный график позволяет оценить изменение проводимости σ всего ФАМ, а также его правой и левой частей по отдельности. На графике выделены этапы A, B, C, D. Этап A – начало эксперимента; этап B – наполнение воздухом области L_R; этап C – наполнение воздухом области L_L при перекрытом клапане подачи воздуха в область L_R; этап D – моделирование медленного выдоха.

Пример визуализации результатов реконструкции поля проводимости σ представлены на рис. 5. На рис. 5, а представлен результат визуализаций результатов реконструкции поля проводимости σ для измерения с порядковым номером № 200 (граница этапов B и C на рис. 4). На рис. 5, б, представлен результат визуализаций результатов реконструкции поля проводимости σ для измерения с порядковым номером № 320 (область пересечения графиков изменения интегрального параметра Θ для области L_L и для L_R на рис. 4). На рис. 5, в, представлен результат визуализаций результатов реконструкции поля проводимости σ для измерения с порядковым номером № 500 (граница этапов C и D на рис. 4). На рис. 5, г, представлен результат визуализаций результатов реконструкции поля проводимости σ для измерения с порядковым номером № 2000 (последнее измерение непрерывного мониторинга).

На рис. 6 представлены графики зависимости интегрального изменения проводимости Δσ от номера изображения внутренней структуры для областей L_L, L_R и $(L_L + L_R)$.

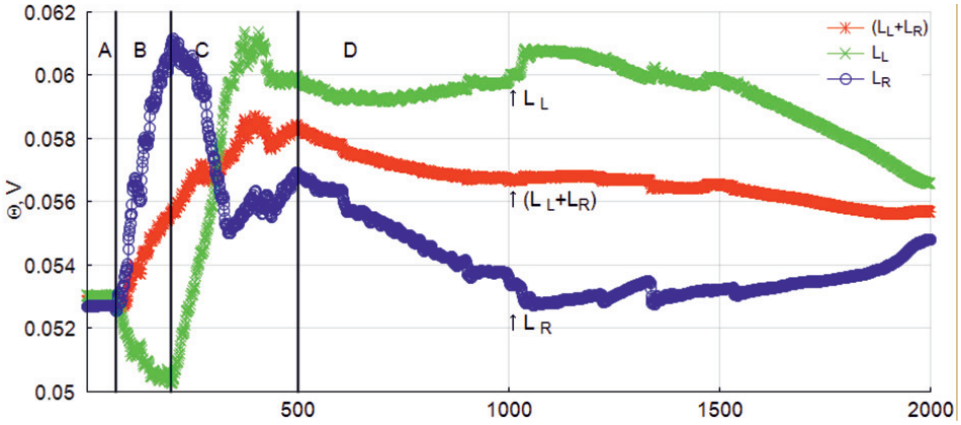
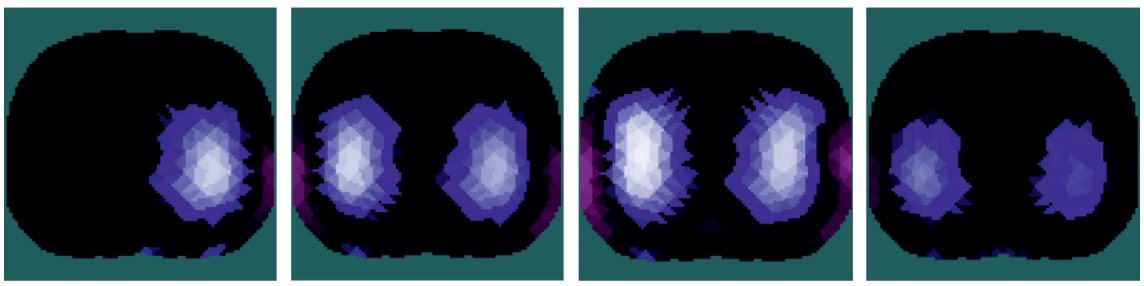


Рис. 4. Зависимость интегрального параметра Θ для областей L_L, L_R и $(L_L + L_R)$



а) *б)* *в)* *г)*

Рис. 5. Примеры визуализаций результатов реконструкции поля проводимости

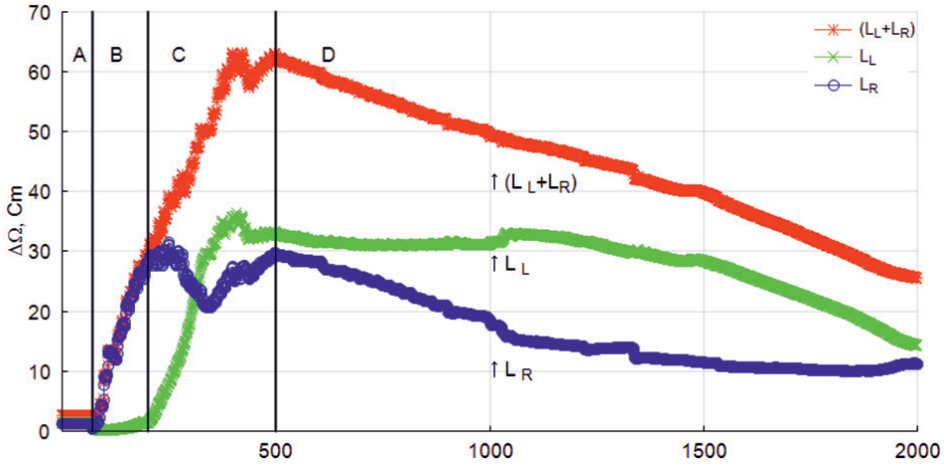


Рис. 6. Зависимость интегрального изменения проводимости ΔΩ для областей L_L, L_R и (L_L + L_R)

Как видно из рис. 4 и 6, на первом этапе эксперимента (A) изменения в проводимости σ внутри физической модели отсутствуют ввиду отсутствия процесса воздухонаполнения областей L_L и L_R. На втором этапе эксперимента (B) производится наполнение воздухом области L_R. Далее подача воздуха в область L_R останавливается и начинается третий этап (C) – наполнение воздухом области L_L. Четвертый этап (D) моделирует плавный выдох путем открытия клапана сброса воздуха. Выводы по результатам анализа измерительной информации и результатов реконструкции поля проводимости в плоскости сечения (наложения) пояса электродов совпадают с экспериментальным воздухонаполнением ФАМ. Таким образом, разработанный ФАМ позволяет получить измерительную информацию для МРЭИТ легких с известным распределением проводимости, а также заданными патологиями воздухонаполнения легких.

Заключение

В ходе проведенных работ решена актуальная задача – исследование и разработка физических моделей грудной полости и легких биологического объекта с возможностью имитации процесса дыхания и патологий легких для исследований разрабатываемых методов и алгоритмов многоракурсной электроимпедансной томографии. Для этого разработана и создана физическая анатомическая модель грудной полости человека, позволяющая моделировать процесс воздухонаполнения легких. На базе разработанного функционального анатомического макета проведен непрерывный мониторинг изменения проводимости в плоскости сечения (наложения) пояса электродов с применением макета аппаратно-программного комплекса электроимпедансной томографии. Получены результаты в виде графиков временной зависимости интегрального параметра изменения проводимости исследуемого объекта, а также графическое представление результатов реконструкции поля проводимости. Анализ визуализированных результатов реконструкции показывает возможность использования разработанного функционального макета в исследованиях воздухонаполнения легких биологических объектов. Таким образом, работоспособность разработанной модели проверена в ходе экспериментальных исследований.

Работы выполняются в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-196.2017.8 «Разработка теоретических основ и алгоритмов многоракурсной электроимпедансной томографии для систем неинвазивной трехмерной медицинской визуализации».

Список литературы

1. Borcea L. Electrical impedance tomography. Inverse Problems. 2002. Vol. 18. № 6. P. 99–136.

2. Коломиец В.Я. Электроимпедансная томография – новый метод респираторного мониторинга // Поликлиника. 2013. С. 34–35.

3. Yang C.L. Electrical impedance tomography: algorithms and applications: Thesis (Doctor of Philosophy (PhD)). University of Bath. 2014. P. 142.

4. Smyl D., Hallaji M., Seppänen A. et al. Three-Dimensional Electrical Impedance Tomography to Monitor Unsaturated Moisture Ingress in Cement-Based Materials. Transp Porous Med. 2016. Vol. 115. P. 101–124.

5. Ahn S., Oh T.I., Jun S.C., Lee J., Seo J.K., Woo E.J. Weighted frequency-difference EIT measurement of hemisphere phantom. Journal of Physics: Conference Series. 2010. Vol. 224. P. 1–4.

6. Алексанян Г.К., Денисов П.А., Кучер А.И. Исследование применимости натурально-модельного подхода для задач реконструкции поля проводимости при многочастотной электроимпедансной томографии // Фундаментальные исследования. 2016. № 11–5. С. 895–899.

7. Марысаев В.Б. Атлас анатомии человека. 2-е изд., доп. и перераб. М.:РИПОЛ классик, 2009. С. 576.

8. Алексанян Г.К., Горбатенко Н.И., Кучер А.И., Тарасов А.Д. Устройство сбора и передачи данных для электроимпедансной томографии биологических объектов // Пат. РФ № 164812. Патентообладатель Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. 2016. Бюл. № 26.

9. Aleksanyan G.K., Kucher A.I., Tarasov A.D., Cuong N.M., Phong C.N. Design of Software and Experimental Setup for Reconstruction and Visualization of Internal structures of Conductive Bodies. International Journal of Soft Computing. 2015. Vol. 10. № 6. P. 462–467.

10. Adler A., Lionheart W.R.B. Uses and abuses of EIDORS: An extensible software base for EIT. Physiological Measurement. 2006. Vol. 27. № 5. P. 25–42.

11. Bera, Tushar Kanti, Nagaraju J. Electrical Impedance Tomography (EIT): A Harmless Medical Imaging Modality. Medical Imaging: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. IGI Global, 2017. P. 71–114.

12. Aleksanyan G., Shcherbakov I., Kucher A., Priyma M. Research of the conductivity of organic and inorganic media in multi-angle multi-frequency electrical impedance tomography. Dynamic of Technical Systems: XIII International Scientific-Technical Conference (DTS-2017). (Rostov-on-Don, 13–15 September 2017). Rostov-on-Don, 2017. V. 132. 04008. 4 p. DOI: 10.1051/matecconf/201713204008..

УДК 622.2:532.546

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ ПОЛОСООБРАЗНОЙ НЕФТЯНОЙ ЗАЛЕЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕЩЕНИЯ РЯДОВ СКВАЖИН ПРИ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Аль Джабри А.Я.А., Куан Минь Тхо, Плохотников С.П., Еникеева С.Р.

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, e-mail: enikeeva.svetlana@mail.ru

Рассмотрены две известные осредненные модели неизотермической двухфазной фильтрации в слоистых по абсолютной проницаемости нефтяных пластах. Проведен сравнительный анализ численных решений осредненных двумерных моделей с модифицированными относительными фазовыми проницаемостями и лабораторными фазовыми проницаемостями, а также трехмерных моделей при неизотермической двухфазной фильтрации нефти в слоистых пластах. Слоистый полосообразный нефтяной пласт разрабатывается семью рядами скважин при заданных на них давлениях. Центральный ряд закачивает в пласт горячую воду. Расположенные от него симметрично по три слева и справа добывающие ряды выкачивают нефть и воду. Двухфазная фильтрация задана в рамках математической модели Баклея – Леверетта с учетом неизотермичности потока, и от температуры зависят только вязкости воды и нефти. Изменение абсолютной проницаемости по слоям задано с помощью конкретного вероятностного закона распределения при известных его параметрах. При расчетах использовали известный численный алгоритм (реализована полностью неявная разностная схема) и сертифицированный гидросимулятор TEMPEST. На основе вычислительного эксперимента проводится верификация этих двумерных моделей относительно исходного трехмерного численного решения задачи. Получен положительный результат, подтверждающий возможности применения этих моделей при решении задачи неизотермической фильтрации в многослойных пластах.

Ключевые слова: двухфазная фильтрация, фазовые проницаемости, модель Баклея – Леверетта, неизотермичный поток, неявная разностная схема

SOLUTION OF PROBLEM OF OPTIMIZATION OF DEVELOPMENT OF STRIP-SHAPED OIL DEPOSIT DEPENDING ON LOCATION OF WELL ROWS AT NON-THERMAL FILTRATION

Al Dzhabri A.Ya.A., Kuan Ming Tho, Plokhotnikov S.P., Enikeeva S.R.

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

Abstract. Two known averaged models of non-thermic two-phase filtration in oil beds laminated in absolute permeability are considered. Comparative analysis of numerical solutions of averaged two-dimensional models with modified relative phase permeability and laboratory phase permeability, as well as three-dimensional models at non-thermal two-phase oil filtration in layered formations was carried out. The layered strip-like oil formation is developed in 7 rows of wells at preset pressures. The central row pumps hot water into the formation. Oil and water are pumped out by production rows arranged symmetrically from it on the left and on the right. Two-phase filtration is defined within the framework of the Baklei-Leverett mathematical model taking into account the non-thermal nature of the flow, and only the viscosity of water and oil depend on the temperature. The change in absolute permeability across layers is given by a particular probabilistic law of distribution under its known parameters. The calculations used a known numerical algorithm (fully implicit difference scheme implemented) and a certified TEMPEST hydrosimulator. On the basis of the computational experiment, verification of these two-dimensional models is carried out relative to the initial three-dimensional numerical solution of the problem. A positive result confirming the possibilities of using these models in solving the problem of non-thermal filtration in multilayer formations was obtained.

Keywords: two-phase filtration, phase permeability, Buckley-Levert model, non-thermal flow, implicit difference scheme

При разработке нефтяных и газовых месторождений важное значение приобретает выработка наиболее рациональной системы, при которой месторождение разбуривается минимальным числом скважин, обеспечивающим при этом заданный темп добычи сырья, высокую конечную нефте – и газоотдачу [1–3]. При этом актуальным среди всего прочего становится: определение системы размещения установленного числа скважин по площади месторождения; порядок и темп ввода их в эксплуатацию; поддержание намеченного режима их работы; регулирование баланса пластовой энергии [4–6]. В связи с этим возникает необходимость математического моделирования указанных процессов с последующей оптимизацией размещения рядов скважин относительно друг друга.

В работе проведен сравнительный анализ численных решений осредненных двумерных моделей с модифицированными относительными фазовыми проницаемостями и лабораторными фазовыми проницаемостями, а также трехмерных моделей при неизотермической двухфазной фильтрации нефти в слоистых пластах.

Материалы и методы исследования

На основе вычислительного эксперимента проводится верификация известных осредненных моделей неизотермической двухфазной фильтрации в слоистых по абсолютной проницаемости нефтяных пластах относительно исходного трехмерного численного решения задачи. Получен положительный результат, подтверждающий возможности применения этих моделей при решении задачи неизотермической фильтрации.

Слоистый полосообразный нефтяной пласт разрабатывается семью рядами скважин при заданных на них давлениях. Центральный ряд закачивает в пласт горячую воду. Расположенные от него симметрично по три слева и справа добывающие ряды выкачивают нефть и воду. Двухфазная фильтрация задана в рамках математической модели Баклея – Леверетта с учетом неизотермичности потока, и от температуры зависят только вязкости воды и нефти. Рассмотрены две известные осредненные модели неизотермической двухфазной фильтрации в слоистых по абсолютной проницаемости нефтяных пластах. Где изменение абсолютной проницаемости по слоям задано с помощью конкретного вероятностного закона распределения при известных его параметрах. Рассматриваемые осредненные модели В и С подробно описаны в работах [7, 8].

В данной работе сначала решаем задачу верификации для каждой из этих двух осредненных моделей неизотермической фильтрации. Саму же задачу оптимизации на основе двумерных и трехмерных математических моделей конкретно будем решать ниже. Расчеты были проведены для случая работы трех рядов эксплуатационных скважин слева и справа от центрального ряда нагнетательных горячую воду скважин при неизотермической фильтрации при закачке в пласт горячей воды 100 град., начальная температура пласта 22 град. При расчетах использовали известный численный алгоритм и сертифицированный гидросимулятор TEMPEST [9]. (Расчеты проводили в ТатНИПИ, нефть г. Бугульма), где реализована полностью неявная разностная схема. Рассматриваемый слоистый пласт разбивали схематично на расчетные блоки для каждой из трехмерных моделей A_i. Где имеется центральная нагнетательная воду скважина и по три слева и справа от нее эксплуатационные скважины. Для этого вырезали из пласта симметричный элемент рассматриваемого полосообразного пласта, в котором находится по одной скважине из каждого ряда, – всего семь скважин.

Результаты исследования и их обсуждение

Численные расчеты для этого симметричного элемента проводили на основе четырех указанных ниже математических моделей:

Двумерные модели (осредненные)

1. *С* – модель, – задачу решали при линейных, квадратичных и кубических лабораторных относительных фазовых проницаемостях (ОФП) $K_B(S)$, $K_H(S)$ (1), средней проницаемостью $k^* = 0{,}5$ дарси в двумерной постановке. Задавали один слой, высотой $H = 10$ м. В качестве лабораторных ОФП применяли лабораторные функции $K_B(S)$ и $K_H(S)$ вида

$$K_{\text{В}}(S) = K_{\text{В}_0} \cdot \left[S_{\text{П}}(s)\right]^{\alpha},$$

$$K_{\text{Н}}(S) = K_{\text{Н}_0} \cdot \left[1 - S_{\text{П}}(s))\right]^{\beta},$$

где

$$S_{\text{П}}(S) = \frac{S - S_*}{S^* - S_*},\ \alpha = \beta = 1,2,3. \qquad (1)$$

Индексы «Н» и «В» соответствуют нефти и воде, индекс «П» – подвижная водонасыщенность, «0» – максимальное значение ОФП, S^* и S_* – максимальная и минимальная водонасыщенность. При $\alpha = \beta = 1$ эти ОФП – линейные, при $\alpha = \beta = 2$, они – квадратичные.

2. В – модель, – задачу решали в двумерной постановке при модифицированных ОФП вида (2) для экспоненциального закона и вида (3) для равномерного закона при средней абсолютной проницаемости пласта $k^* = 0{,}5$ дарси. Где функция абсолютной проницаемости $k(z)$ исходного пласта задана вероятностным законом. Задавали один слой, высотой $H = 10$ м. Для первого закона модифицированные ОФП при линейных ОФП заданы формулой (2) работ [7, 8]. Она определяет, что модифицированные ОФП получаем из лабораторных умножением последних на определенные поправочные коэффициенты – правые скобки в формулах. Аналогично получают модифицированные ОФП и для нелинейных случаев.

$$K_{\text{н}}^{\text{м}}(S) = K_{\text{Н}_0} \cdot \left[1 - S_{\text{П}}(S)\right] \cdot \left[1 + \frac{S_{\text{П}}(S) \cdot \ln S_{\text{П}}(S)}{(1 - S_{\text{П}}(S))}\right],$$

$$K_{\text{в}}^{\text{м}}(S) = K_{\text{В}_0} \cdot S_{\text{П}}(S) \cdot (1 - \ln S_{\text{П}}(S)). \qquad (2)$$

На рис. 1 слева даны графики лабораторных и модифицированных ОФП для линейного случая. Аналогичные по своему взаимному расположению графики были получены для квадратичного (рис. 1, справа) и кубического случаев.

В табл. 2 даны значения абсолютной проницаемости по пропласткам для экспоненциального закона. А в табл. 3 – значения для равномерного закона. Для этого модифицированные ОФП имеют вид (1), (3).

$$K_{\text{в}}^{\text{м}}(S) = K_{\text{в}}(S) \cdot \left[1 + V\sqrt{3} \cdot (1 - S_{\text{П}}(S))\right],$$

$$K_{\text{н}}^{\text{м}}(S) = K_{\text{Н}}(S) \cdot \left[1 - V \cdot \sqrt{3} \cdot S_{\text{П}}(S)\right]. \qquad (3)$$

Вязкости фаз взяты в известном виде [10]

$$\mu_{\text{н}}(T) = 151/(T - 20),\ \mu_{\text{в}}(T) = 35/(T + 15{,}7). \qquad (4)$$

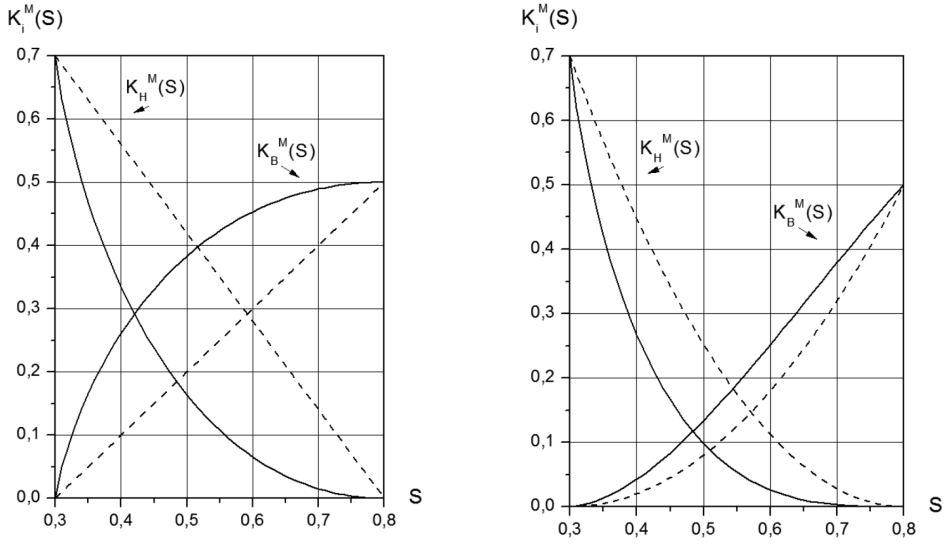


Рис. 1. Экспоненциальный закон, графики линейных ОФП (прерывистые линии) и их модифицированные аналоги (сплошные линии) (слева). Справа: графики квадратичных ОФП (прерывистые линии) и их модифицированные аналоги (сплошные линии)

Табл. 1 иллюстрирует эти функции.

Таблица 1

T(°C)	$\mu_н$(мПа с)	$\mu_в$(мПа с)	$\mu_н/\mu_в$
21	151	0,96	157,3
22	75,5	0,93	81,2
25	30,2	0,86	35,1
30	15,1	0,77	19,6
60	3,8	0,46	8,3
100	1,9	0,30	6,3
150	1,2	0,21	5,7

На рис. 2 приведены графики полученных модифицированных ОФП для равномерного закона распределения при максимальном значении коэффициента вариации $V = 0{,}55$. Для экспоненциального закона имеем $V = 0{,}89$.

В моделях были заданы следующие физические параметры:

128 – начальное пластовое давление, атм;

22 – температура пласта, С;

100 – температура закачиваемой воды, С;

55 – забойное давление на третьей добывающей скважине, атм;

170 – забойное давление на нагнетательной скважине, атм;

$k_{ro}^0 = 0{,}5$ – максимальная относительная фазовая проницаемость воды;

$k_{rw}^0 = 0{,}7$ – максимальная относительная фазовая проницаемость нефти;

$S_{or} = 0{,}2$ – остаточная нефтенасыщенность;

$S_{wc} = 0{,}3$ – насыщенность связанной воды;

S_w, S_o – водо- и нефтенасыщенности, $S_{wc} \le S_w \le 1 - S_{or}$, $S_o = 1 - S_w$.

Трехмерные модели (эталонные)

3. Модель A_8, – численное трёхмерное решение для десятислойного пласта с изолированными слоями (отсутствуют вертикальные перетоки). Его дискретная абсолютная проницаемость подчиняется экспоненциальному закону [10,1]. Пласт образован 10 слоями, высотой $H_1 = H_2 = H_3 = H_4 \ldots H_{10} = 1$ м. Они изолированы друг от друга непроницаемыми перемычками;

4. Модель A_7, – та же, что и предыдущая, но с неизолированными слоями.

В работе были изучены 8 эталонов. Они отличаются только взаимным расположением 10 слоёв по толщине слоистого пласта, эти эталоны подчиняются экспоненциальному закону. На рис. 3, 4 даны графики только двух предельных граничных значений, – модели A_7, A_8.

Таблица 2

Проницаемость $k(z)$ по слоям для модели A_7 с неизолированными слоями, экспоненциальный закон, (размерность в мдарси)

K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}
300	400	216	527	144	697	82	958	26	1651

Таблица 3

Проницаемость $k(z)$ по слоям для модели A_7 с неизолированными слоями, равномерный закон, (размерность в мдарси)

K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}
450	550	350	650	250	750	150	850	50	950

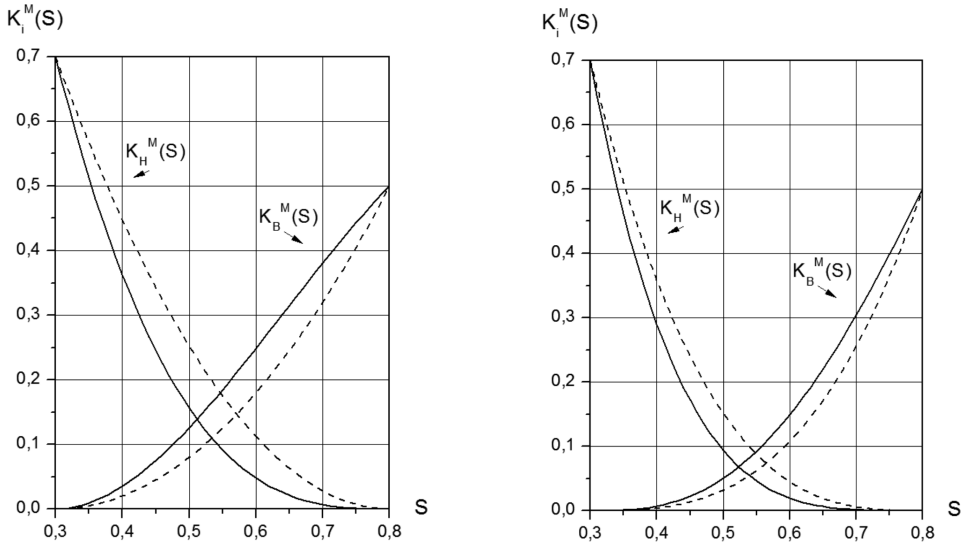


Рис. 2. Графики модифицированных ОФП для равномерного закона при квадратичных и кубических (справа) лабораторных ОФП

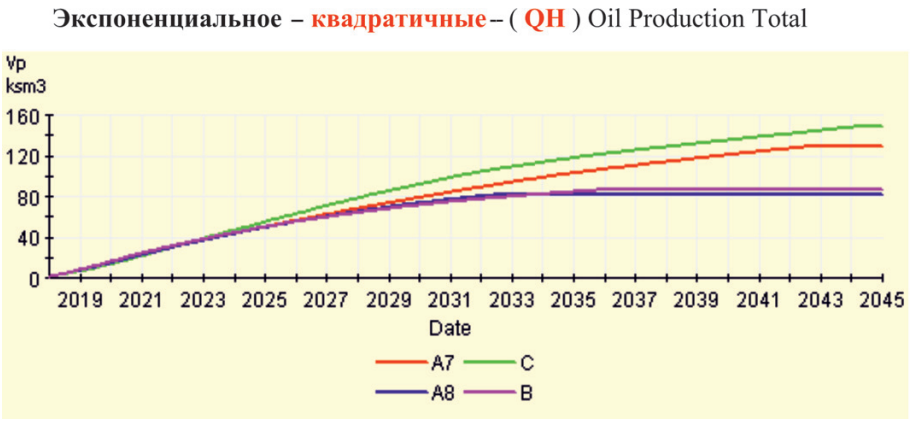


Рис. 3. Графики добычи количества нефти по годам, модели C, A7, A8, B – сверху вниз

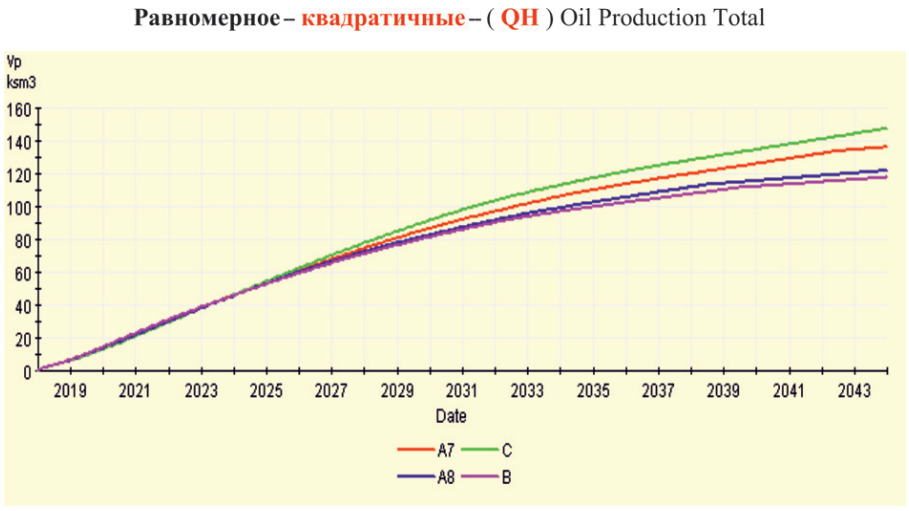


Рис. 4. Графики добычи количества нефти по годам, модели C, A7, A8, B – сверху вниз

Выводы по верификации осредненных моделей

На рис. 3, 4 показаны расчетные графики суммарной добытой нефти для всех четырех указанных выше моделей: при квадратичных функциях ОФП, для экспоненциального и равномерного законов. Графики моделей C и B являются верхней и нижней границами для всех эталонов. Графики эталонов находятся между графиками моделей A_7 и A_8.

Поэтому в каждый момент времени нам известны границы изменения для всех восьми трехмерных эталонов. И всегда можно найти их среднее значение по известному среднему значению двух осредненных моделей. Эти величины совпадают с точностью до нескольких процентов. Аналогичные положительные результаты были получены для всех основных технических показателей разработки многослойного пласта, – коэффициента нефтеотдачи, количества суммарной жидкости, воды, доли обводненности продукции в потоке на выходе, и т.д. Аналогичные положительные результаты были получены для линейных и кубических зависимостей ОП. Результаты верификации обеих моделей для этих законов получились положительными. Поэтому можно рекомендовать для расчетов неизотермической фильтрации обе осредненные модели в совокупности. Особенно их удобно применять для оценки границ, в которых находятся трехмерные эталоны. А также – при решении многовариантных задач рациональной разработки нефтяных месторождений в полосообразных многослойных пластах.

Список литературы

1. Поташев К.А., Абдрашитова Л.Р. Учет неоднородности заводнения области дренирования скважины при крупноблочном моделировании разработки нефтяного пласта // Ученые записки Казанского университета. Серия физ.-мат. науки. 2017. Т. 159 (1). С. 116–129.

2. Слабнов В.Д. Численное исследование задачи регулирования извлечения нефти по экономическому критерию качества решения // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2013. № 155 (4). С. 77–89.

3. Spirina E.A., Potashev K.A., Mazo A.B. Evaluation of the reliability of the averaging over the reservoir thickness for the model with a fixed streamtube. Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1158. Is. 4. Art. № 042024.

4. Мазо А.Б., Поташев К.А. Апскейлинг относительных фазовых проницаемостей для суперэлементного моделирования разработки нефтяных пластов // Математическое моделирование. 2017. Т. 29. № 3. С. 81–94.

5. Слабнов В.Д., Султанов Р.А. Численное моделирование вытеснения высоковязкой нефти водой при нелинейном законе фильтрации // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2016. № 158 (2). С. 276–286.

6. Слабнов В.Д. Численное исследование задачи регулирования процесса извлечения нефти при двухфазной трехкомпонентной фильтрации // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2014. № 156 (4). С. 87–102.

7. Bogomolov V.A., Plokhotnikov S.P., Bulgakova S.P., Plokhotnikov D.S. Mathematical simulation of three-phase filtration in stratified beds with account for the scheme of jets. Journal of Engineering Physics and Thermophysics. Springer. 2011. Vol. 84. no. 5. P. 975–979.

8. Плохотников С.П., Елисеенков В.В. Гидродинамические расчеты в слоистых пластах на основе модифицированных относительных проницаемостей // Прикладная механика и техническая физика. 2001. Т. 42. № 5. С. 115–121.

9. Tempest-MORE. Руководство пользователя, версия 6.3. Roxar, 2006. 373 с.

10. Методические указания по созданию постоянно действующих геолого-технологических моделей нефтяных и газонефтяных месторождений (Часть 2. Фильтрационные модели) / Под рук. Н.Н. Лисовского. М.: ВНИИОЭНГ, 2003. 224 с.

УДК 621.7-52

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Астапов В.Н., Бояркин Н.С.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, e-mail: asta-2009@mail.ru

Объектом исследования является автоматизированная система измерения длины (АСИД). Данная система служит для измерения рулонных и длинномерных материалов. Для таких измерений высокая точность не требуется. В статье предлагается модернизированная схема системы измерения рулонных и длинномерных материалов. Приводится описание схемы и принципа работы автоматизированной системы измерения длины. Высокая точность обеспечивается за счет внедрения оптоэлектронного импульсного датчика, выполненного в виде диска, и включения в схему электронного нониуса. На выходе электронного нониуса формируется параметрический двоичный код, который через шины данных считывается микропроцессором и в таблице, хранящейся в постоянной памяти, в соответствии с прочитанным кодом выбирается соответствующее значение точного отсчета в единицах измерения (в данном случае в мм), т.е. это будет результат по нониусу точного отсчета. Также для ликвидации повторного счета при возврате и движении материала назад используется логический фильтр, который разделяет прямой и обратный счет импульсов, которые поступают на соответствующие счетчики прямого и обратного счета. Таким образом, разрешающая способность датчика повышается до 1 мм и предложенное устройство измерения движущегося материала повышает точность и достоверность результатов измерения, а также позволяет сохранять результаты в энергонезависимой памяти данных при аварийном отключении питания.

Ключевые слова: автоматизация, система измерения, нониус, точность, длинномерный материал, модернизация

IMPROVEMENT THE ACCURACY OF THE AUTOMATED MEASUREMENT SYSTEM OF LONG-DIMENSIONAL MATERIALS

Astapov V.N., Boyarckin N.S.

Samara State Technical University, Samara, e-mail: asta-2009@mail.ru

The object of the study is the automated length measurement system (ASID). This system is used to measure rolled and lengthy materials. For such measurements, high accuracy is not required. The article proposes a modernized scheme of a system for measuring rolled and lengthy materials. The description of the scheme and the principle of operation of an automated system for measuring length is given. High accuracy is ensured by the introduction of an optronic impulse sender made in the form of a disk and the inclusion of electronic nonius in the circuit. At the output of the electronic nonius, a parametric binary code is generated, which is read out by the microprocessor through the data buses and in the table stored in read-only memory, the corresponding exact value in units of measurement (in this case, in mm) is selected in accordance with the code read, i.e. this will be the result of the nonius of the exact reference. Also, to eliminate the re-counting when returning and moving the material back, a logical filter is used that separates the forward and backward counts of impulses that are sent to the corresponding counters of the direct and reverse counting. Thus, the resolution of the sensor increases to 1 mm and the proposed device for measuring moving material, increases the accuracy and reliability of the measurement results, and also allows you to save the results in non-volatile data memory during emergency power off.

Keywords: automation, measurement system, nonius, accuracy, lengthy material, modernization

В современном мире остро стоит проблема сокращения отходов во время работы технологических машин. Размерная точность обрабатываемых деталей является характеристикой качества выполняемого процесса и позволяет судить о его технологичности. Главным аспектом в достижении высокой точности является выбор средств и способов измерения рабочего материала.

Цель исследования: анализ существующих методов высокоточных измерений и разработка современного технологического решения измерения длинномерных материалов.

Материалы и методы исследования

Объектом проведенных исследований являются устройства и методы измерения различных материалов, выполненные контактным и бесконтактным способами.

Во время исследований применялись инженерные подходы к разработке технического оборудования, программно-технические решения в разработке вычислительной техники, а также известные методы измерения длинномерных материалов.

Результаты исследования и их обсуждение

Спецификой целого ряда производств является то, что их технологические объекты представляют собой, так называемые длинномерные материалы. Среди примеров данных материалов можно выделить синтетические и натуральные волокна, ткани, листы металлов. Во время производства

данной продукции имеет место непрерывный процесс обработки материала, что позволяет судить о динамической сложности режима движения длинномерных материалов. В процессе останова движения длинномерного материала, в случае транспортерной, бумажной или тканевой ленты под действием собственного веса происходит небольшой откат, иногда достигающий двух метров или более метров, в связи с этим происходит вторичный подсчет уже измеренной длины. В случае прогона металлической ленты возникает эффект пружины и лента также движется в обратном направлении. Для решения этой проблемы предложен оптоэлектронный датчик с выходом сигналов смещенных относительно друг друга на 90 °, что позволило построить схему счетчиков длины, которая лишена этих недостатков.

В работах [1–3] приводится описание похожего типа производства, однако здесь не удается добиться заданной точности измеряемого объекта. Применение бесконтактного измерения параметров движения позволяет проводить процесс на расстоянии, но отсутствие контакта с рабочим материалом только повышает погрешность, за счет снижения чувствительности элемента. Идентификационным признаком в бесконтактных устройствах являются электростатические метки, наносимые на поверхность материала. Они имеют чрезвычайно краткое время существования и могут исчезнуть, не доходя до считывающей головки. Данные недостатки нарушают целостность картины измерения. Предполагается проведение модернизации системы, как и в работе [4], за счет повышения точности измерения.

В работе [5] представлена автоматизированная система измерения длины (АСИД), которая лишена приведенных недостатков. Однако данная система служит для измерения рулонных и длинномерных материалов с точностью до 1 см. Авторами предлагается данную систему применять и для раскроя металла на листы заданных размеров. Однако в этом случае для сокращения отходов требуется более высокая точность измерения.

Для решения поставленной задачи необходимо провести модернизацию системы АСИД, которая заключается в добавлении в схему измерения электронного нониуса. Разработка схем нониуса и внесение его в схему АСИД не требуют больших затрат, а точность измерения повысится до 1,0 мм. Рабочим измерительным органом АСИД является мерное колесо со встроенными оптопарами (светодиод-фотодиод).

Рассмотрим процесс работы оптоэлектронного датчика. При вращении колеса, при контакте с движущимся материалом, датчик вырабатывает две серии синусоидальных импульсов, сдвинутых относительно друг друга на 90 °. Импульсы принимают нулевые значения при каждом повороте на одно деление колеса [5].

Цена каждого импульса равна 16 мм. Импульсы проходят через усилители тока 19, 20 (рис. 1) и поступают на компараторы 21, 22 и на входы нониуса 23.

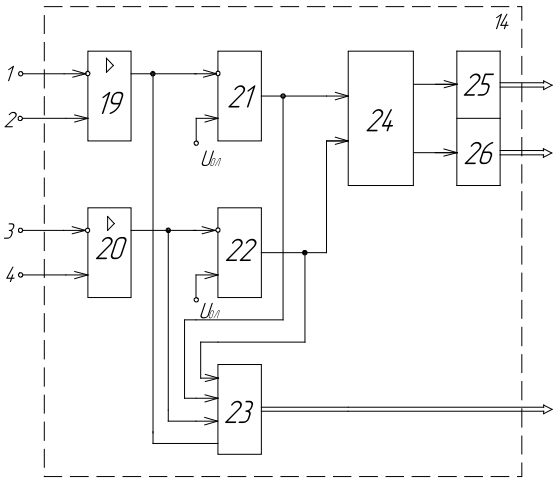


Рис. 1. Схема блока преобразователя импульсов в цифровой код

Сформированные на выходах компараторов сигналы прямоугольной формы, сдвинутые относительно друг друга на 90 °, поступают на логический фильтр 24 (рис. 2).

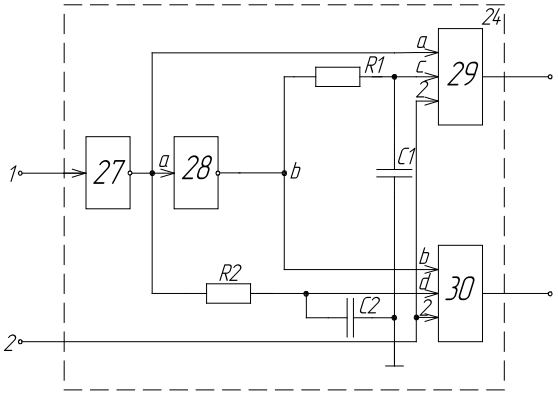


Рис. 2. Схема логического фильтра

На выходе фильтра создаются импульсы прямого или обратного счета. Соответствующие импульсы поступают на входы счетчиков 25, 26 прямого и обратного счета. Цена данных импульсов равна 16 мм.

Так как счетчики таймера работают в обратном направлении, то для определения фактической величины импульсов, произведем вычисления:

$$N_{факт} = N_1 – N_2, \quad (1)$$

где $N_{факт}$ – фактическое значение импульсов;
N_1 – начальное значение счетчика;
N_2 – конечное значение счетчика.

Для определения истинного значения перемещения материала необходимо из значения счетчика 25 прямого счета вычесть значения счетчика 26 обратного счета и разность умножить на 16 мм.

$$L = [N_{пр.сч} – N_{обр.сч}] * 16, \quad (2)$$

где L – истинное значение перемещение материала в мм. Это будет результат по грубой шкале отсчета.

Для повышения точности предлагается включить в схему измерения электронный нониус, который представляет собой блок логики преобразователей 23 (рис. 3).

На выходе электронного нониуса формируется параметрический двоичный код, который через шины данных считывается микропроцессором и в таблице, хранящейся в постоянной памяти, в соответствии с прочитанным кодом выбирается соответствующее значение точного отсчета в единицах измерения (в данном случае в мм), т.е. это будет результат по нониусу точного отсчета. Общий результат перемещения материала будет равен

$$L^I = [(N_{пр.сч} – N_{обр.сч.}) * 16 + l, \quad (3)$$

где l – показания нониуса в ед. измерения (мм).

Таким образом, при разрешающей способности оптоэлектронного датчика в 16 мм, измерение пройдет с точностью до 1 мм.

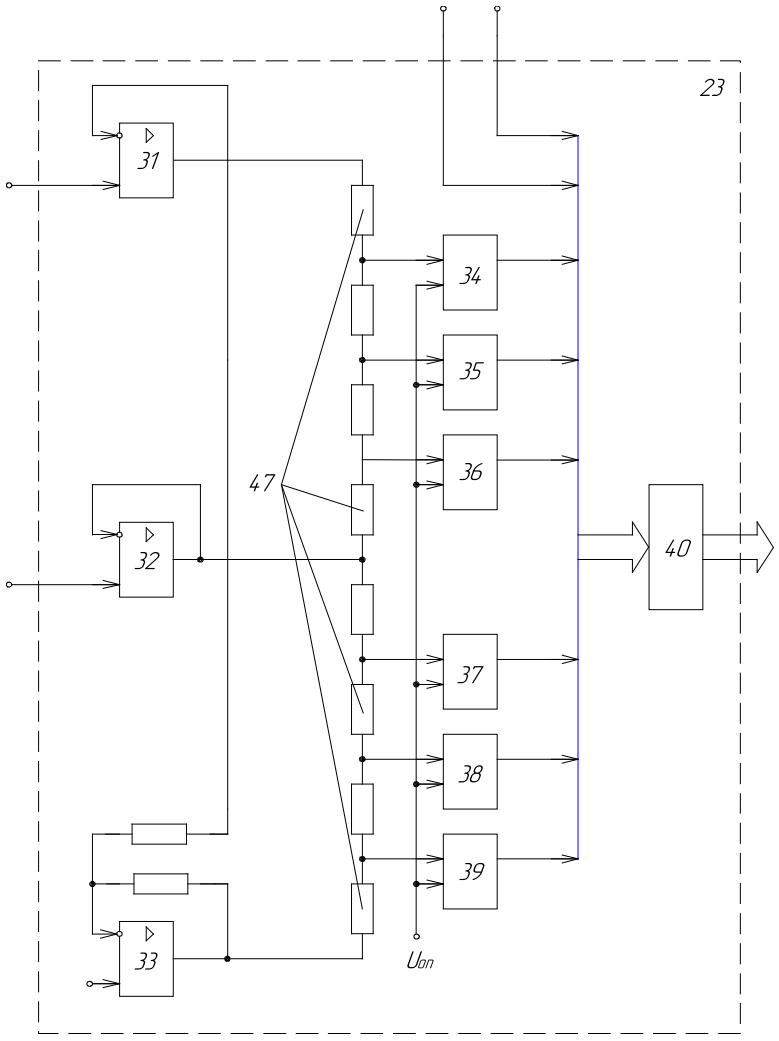


Рис. 3. Схема электронного нониуса

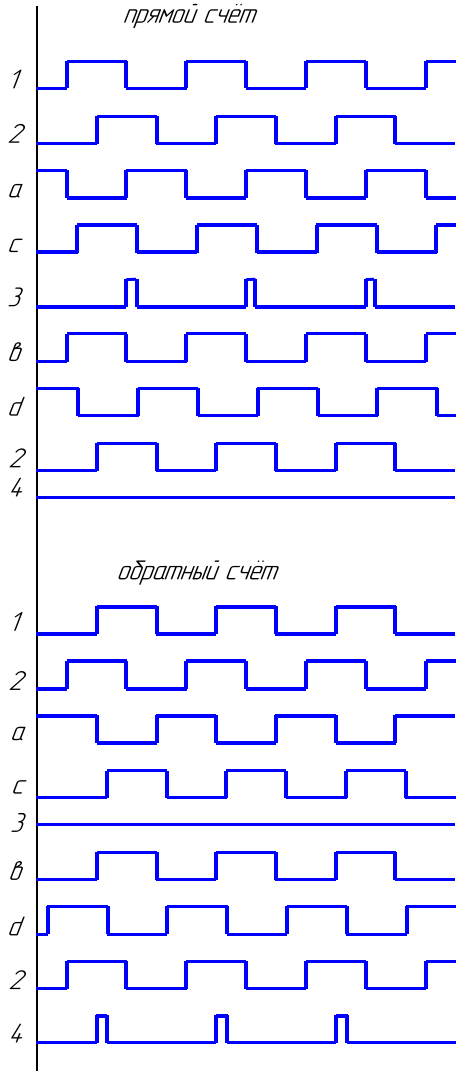


Рис. 4. Диаграмма сигналов логического фильтра

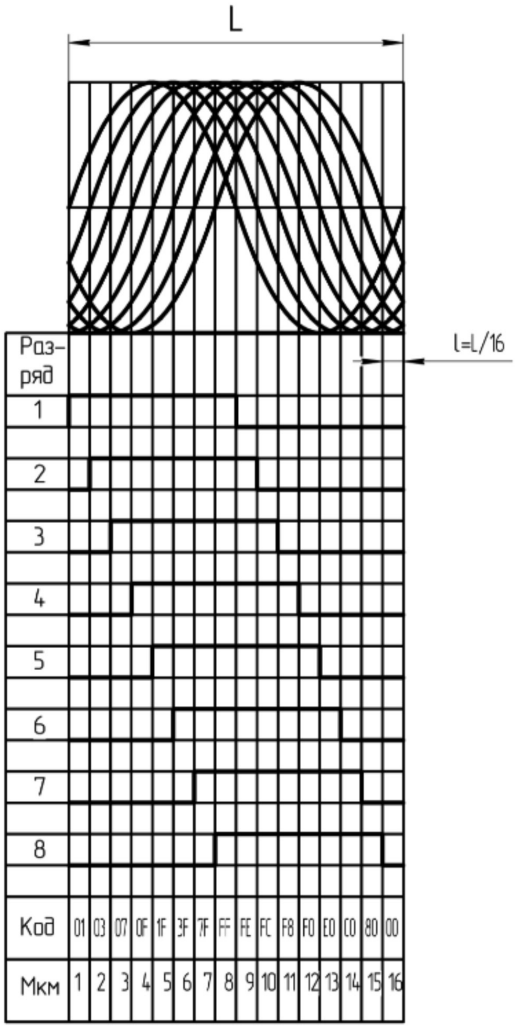


Рис. 5. Диаграмма входных и выходных сигналов компаратора

Соответствие кода метрической величине

код	01	03	07	0F	1F	3F	7F	FF	FE	FC	F8	F0	E0	C0	80	00
МКМ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Логический фильтр работает согласно диаграмме на рис. 4.

Электронный нониус работает следующим образом. Потенциометрические резисторы устанавливают пороговый уровень срабатывания компараторов 34–39 таким образом, чтобы сигналы на их выходах имели сдвиг на 1/16 шага оптического сигнала.

Временные диаграммы входных и выходных сигналов с компаратора и таблица соответствия приведены на рис. 5.

Соответствие параметрических кодов метрической шкале приведено в таблице.

Конечным итогом является повышение разрешающей способности датчика до 1 мм. Предложенное устройство измерения движущегося материала повышает точность и достоверность результатов измерения, а также позволяет сохранять результаты в энергонезависимой памяти данных при аварийном отключении питания.

Заключение

В результате проведенной модернизации устройства измерения длинномерных материалов была решена задача сокращения числа отходов при раскрое металла для штамповки. Устройство сочетает в себе достоинства современных методов измерения, а также является экономически выгодным решением для производства.

Список литературы

1. Шероматова И.А., Железняков А.С. Разработка методов и технических средств для измерения длины материалов при производстве швейных изделий // Фундаментальные исследования. 2013. № 11–5. С. 924–928.

2. Брякин И.В., Бочкарев И.В. Бесконтактное измерение параметров движения длинномерных материалов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». 2017. Т. 17. № 1. С. 47–55. DOI: 10.14529/power170107.

3. Белов А.И., Лузев Е.В. Тимошенко С.А. Тюкин В.Л. Полезная модель № 89452 Устройство для поперечной отрезки заготовок заданной длины от непрерывно движущегося полотна материала. Публ. 10.12.2009.

4. Цветков Г.А. Автоматизированная измерительная система контроля пространственных угловых отклонений // Приборы и методы измерений. 2012. № 2 (5). С. 57–62.

5. Астапов В.Н. Патент РФ № 2091709. Устройство для измерения длины движущегося длинномерного материала. Бюл. № 27. Публ. 27.09.1997.

УДК 004.9:532.529:66.02.2.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СИТАХ

Ахмадиев Ф.Г., Гиззятов Р.Ф., Назипов И.Т.

ФГАОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань, e-mail: akhmadiev@kgasu.ru

Рассмотрен процесс выделения целевых продуктов из зернистого материала на ситах с учетом стохастической природы подобных процессов, в качестве случайного процесса выбрана концентрация числа частиц выделяемых продуктов на поверхности сит (1/м). Для изучения распределения случайного процесса вдоль сит классификатора построена система стохастических дифференциальных уравнений. Коэффициенты дифференциальных уравнений найдены в зависимости от скорости вибрационного движения сыпучей среды по поверхности сит классификатора и вероятности просеивания частиц в отверстия ячеек, которые определяют количество прохода рассматриваемых частиц через ячейку за единицу времени, тем самым характеризуют скорость изменения случайного процесса. Получено решение системы стохастических дифференциальных уравнений и определены числовые характеристики случайного процесса. В общем случае уравнение Колмогорова – Фоккера – Планка относительно плотности вероятности случайного процесса для первого сита с помощью специально подобранной замены приведено к простейшему уравнению диффузии и решение уравнения записано в виде интегральной свертки. При аппроксимации случайного процесса белым шумом по найденным его числовым характеристикам записано приближенное решение для плотности распределения и вероятностей перехода, которые являются фундаментальными решениями задачи Коши при дельтаобразных начальных условиях. Приведены результаты расчетов распределения среднего значения случайного процесса для выбранных фракций вдоль первого и второго сита многоярусного классификатора.

Ключевые слова: математическая модель, разделение, зернистый материал, вероятность просеивания, случайный процесс

MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES OF CLASSIFICATION OF GRANULAR MATERIALS ON THE SIEVE

Akhmadiev F.G., Gizzyatov R.F., Nazipov I.T.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, e-mail: akhmadiev@kgasu.ru

The process of isolating target products from granular material on sieves is considered taking into account the stochastic nature of such processes. The concentration of the number of particles of the released products on the sieve surface (1 / m) was chosen as a random process. The system of stochastic differential equations is constructed to study the distribution of a random process along the screens of the classifier. The coefficients of the differential equations are found depending on the speed of the vibratory movement of the granular medium over the surface of the sieve of the classifier and the probability of sifting particles into the openings of the cells, which determine the amount of passage of the particles under consideration through the cell per second, thereby characterizing the rate of change of the random process. The solution of the system of stochastic differential equations is obtained and the numerical characteristics of the random process are determined. In the general case, the Kolmogorov-Fokker-Planck equation for the probability density of a random process for the first sieve is reduced to a simple diffusion equation using a specially selected replacement and the solution of the equation is written as an integral convolution. When approximating a random process with white noise from its numerical characteristics, an approximate solution is written for the distribution density and transition probabilities, which are fundamental solutions to the Cauchy problem under delta-shaped initial conditions. The results of calculations of the distribution of the average value of the random process for the selected fractions along the first and second sieves of the multilevel classifier are presented.

Keywords: the mathematical model, the division of granular material, the probability of sifting, random process

Для выделения целевых продуктов из зернистого материала используют различные конструкции аппаратов, однако наиболее эффективным из них является ситовое оборудование. Математическое моделирование происходящих при этом процессов является основой для технологического расчета ситовых классификаторов и оптимального управления процессами. В работе [1] и в ряде других работ этих авторов изучено движение частиц в колеблющейся среде, рассмотрены различные модели вибрационного движения и получены зависимости для средней скорости, скорости сегрегации. Следует также отметить, что работы этих авторов были одними из первых в области вибрационного разделения сыпучих сред. В работе [2] процесс разделения дисперсных сред на ситовых классификаторах рассмотрен как диффузионный процесс и изменение концентрации числа проходовых частиц по толщине слоя зернистого материала в зависимости от времени в направлении к вибрирующей поверхности изучено с позиций марковских процессов и описано уравнением Колмогорова – Фоккера – Планка (К. – Ф. – П.). В работах [3, 4] процесс выделения целевых продуктов на многока-

скадных классификаторах также изучен с использованием теории случайных процессов, в частности в работе [4] для описания процесса перемещения частиц по поверхностям сит вследствие просеивания применяется теория Пуассоновских процессов. Изучению сегрегации частиц в виброожиженном слое на основе марковских цепей посвящена работа [5]. В работе [6] приведены основные принципы организации технологических процессов с управляемыми сегрегированными потоками, которые возникают при переработке зернистых материалов. Таким образом, для изучения процесса выделения целевых продуктов из зернистого материала можно использовать разные подходы, однако с учетом случайного характера процесса в целом наиболее предпочтительным является стохастический подход.

Целью работы является изучение процесса выделения целевых продуктов из зернистых материалов на ситовых классификаторах и построение его математической модели с использованием теории случайных процессов.

Математическое моделирование

Изучим процесс выделения целевых продуктов из зернистого материала на ситовых классификаторах с учетом стохастической природы подобных процессов. Диаметр частиц разделяемого зернистого материала рассматривается как одномерная случайная величина и для описания дисперсности зернистого материала задается плотность распределения частиц по размерам $G(\mathrm{d})$. Тогда долю частиц выделяемого продукта в исходном материале можно найти по формуле

$$n_{\mathbf{d}_j} = \int_{\mathbf{d}_j}^{\mathbf{d}_{j+1}} G(\mathbf{d})\, d\mathbf{d}\,.$$

В качестве случайного процесса $N_i = N_i(x,t;d_j)$ рассмотрим концентрацию числа частиц целевого продукта (1/м) размерами d_j на поверхности i-го сита в точке x от начала координат в момент времени t. Тогда кинетические уравнения для определенного выше случайного процесса в общем виде можно записать [3, 7]:

$$dN_i / dt = F_i(N_i, x, \bar{z}, t) + \beta_i \eta_i(t),\ i = \overline{1,n}.$$

Здесь кинетические функции F_i характеризуют скорость просеивания на i-м ярусе, вектор $\bar{z}$ задает свойства материала, n – количество сит классификатора, $\eta_i(t)$ – дельта-коррелированные во времени случайные функции, которые в каждый момент времени характеризуют отклонение концентрации числа частиц от ее среднего значения на i-м ярусе (белый шум), с характеристиками: $M[\eta_i] = <\eta_i(t)> = 0$ и $K[\eta_i] = <\eta_i(t)\cdot\eta_i(t+\tau)> = \Delta_i \cdot \delta(\tau)/2$.

Здесь β_i – интенсивность, $\Delta_i / 2$ – спектральная плотность белого шума. Особенностью этих уравнений, которая позволяет назвать их стохастическими, является наличие воздействия в виде белого шума.

Число частиц выбранной фракции на поверхности i-го сита в любой момент времени $t > t_c = L_i / V_{i\,cp}$ определяется по выражению

$$\bar{N}_i(t) = \int_0^{L_i} N_i(x,t;d_j)\,dx\,,$$

где L_i – длина сита, $V_{i\,cp}$ – средняя скорость вибрационного движения. Отклонение числа частиц $\bar{N}_i(t)$ от среднего значения в любой момент времени связано с вероятностью просеивания частиц в ячейки сита, которая рассматривается как случайное событие. Эта вероятность зависит от размеров и формы самих частиц, гранулометрического состава разделяемого материала, условий стесненности и других факторов, а также от относительной скорости вибрационного движения материала. В области отверстия ячейки относительная скорость частицы может принимать любые значения от нуля до максимального. Поэтому зависимость вероятности просеивания от относительной скорости рассматривается как случайное событие с нормальным распределением [3]. В каждый фиксированный момент времени $t_1 > t_c$ из-за различной вероятности просеивания в ячейки сит частиц выбранной фракции их число на поверхности сита $\bar{N}_i(t_1)$ является случайной величиной, т.е. число частиц $\bar{N}_i(t)$ рассматривается как случайный процесс. Аппроксимация случайного процесса N_i белым шумом возможна, так как время корреляции случайного процесса много меньше среднего времени пребывания выбранных частиц на поверхности сита. С учетом свойств белого шума [8] процесс N_i является марковским процессом. Для его изучения можно использовать математический аппарат теории марковских процессов и плотность распределения $W_i(N_1,\ldots,N_i,x,t)$ найти из решения системы уравнений Колмогорова – Фоккера – Планка (К. – Ф. – П.) [8]:

$$\frac{\partial W_i}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(V_{i\,cp} W_i) - \sum_{k=1}^{i} \frac{\partial}{\partial N_k}(F_i W_i) + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{i+1}\sum_{j=1}^{i+1} \frac{\partial^2}{\partial x_k \partial x_j}(B_{kj} W_i),\ i = \overline{1,n}\,.$$

Здесь приняты обозначения: $x_k \equiv N_k, k = \overline{1,i}; x_{i+1} \equiv x, B_{kj}$ – коэффициенты диффузии. Решение уравнений (К. – Ф. – П.) при больших значениях n представляет собой сложную задачу. Поэтому для изучения случайного процесса N_i построим систему стохастических дифференциальных уравнений, которые описывают его изменение вдоль сит классификатора в зависимости от времени.

Рассматривается случай, когда разделяемый материал в начале верхнего сита имеет небольшую толщину (несколько слоев). Тогда кинетические функции F_i могут быть представлены в виде

$$\frac{dN_i}{dt} = \frac{\partial N_i}{\partial t} + V_{i\,cp}\frac{\partial N_i}{\partial x} = F_i(N_i, x, \overline{z}, t) + F_i^{'}(\overline{z}, t) = \alpha_{i-1}\cdot N_{i-1} - \alpha_i \cdot N_i + \beta_i \eta_i(t),\ \alpha_0 \equiv 0, i = \overline{1,n}. \quad (1)$$

Коэффициенты кинетических уравнений вычисляются по зависимости [2]:

$$\alpha_i = V_{i\,cp}\cdot P / 2a_i. \quad (2)$$

Коэффициенты α_i определяют количество прохода рассматриваемых частиц через ячейку за секунду, тем самым характеризуют скорость изменения случайного процесса. Здесь приняты обозначения: P – вероятность просеивания частиц в ячейку сита, $2a_i$ – шаг i-го сита. Вероятность просеивания в ячейку рассматривается как сложное событие, состоящее из геометрической вероятности и вероятности, которая зависит от относительной скорости вибрационного движения. Вычисление вероятности просеивания в ячейку рассмотрено в работе [3]. Вибрационное движение сыпучих сред достаточно подробно изучено в работе [1]. Вычисление средней скорости вибрационного движения и амплитуды относительной скорости, которая используется при вычислении вероятности просеивания в ячейку, приведены в работе [3]. Рассмотрим решение дифференциальных уравнений (1) при следующих начальных и граничных условиях:

$$N_i(0,x) = 0 \text{ при } i = \overline{1,m} \text{ и } N_1(t,0) = \overline{N}_{10}(t), N_i(t,0) = 0 \text{ при } i = \overline{2,m}. \quad (3)$$

Условия (3) определяют подачу разделяемого материала только на начало верхнего яруса многоярусного классификатора, $\overline{N}_{10}$ – число выбранных частиц (1/м), которые поступают на начало первого сверху сита. Используя замену $\tau_i = t - x/V_i,\ z = x,$ уравнения (1) с учетом условий (3) могут быть решены сведением к обыкновенным дифференциальным уравнениям [7]. Например, общее решение дифференциального уравнения для верхнего яруса можно записать в виде

$$N_1^j(\tau_1, z) = \overline{N}_1^j(\tau_1, z) + \frac{\beta_1}{V_1}\int_0^z \eta_1\left(\tau_1 + \frac{\xi}{V_1}\right)\exp\left(\frac{\alpha_1^j}{V_1}(\xi - z)\right)d\xi,$$

где $\overline{N}_1^j$ определяет среднее значение случайного процесса N_1^j.

На основании решений системы (1) для каждого яруса можно определить среднее значение, корреляционную функцию и дисперсию процесса N_i. Среднее значение случайного процесса N_1^j для верхнего яруса с учетом условий (3) имеет вид

$$\overline{N}_1^j(\tau_1, z) = \overline{N}_{10}^j(\tau_1)\exp(-\alpha_1^j z / V_1).$$

Также с учетом свойств белого шума [8] можно найти дисперсию процесса:

$$\sigma^2_{N_1^j}(\tau_1, z) = \frac{\Delta_1}{4\alpha_1^j}\beta_1^2(1 - \exp(-2\alpha_1^j z / V_{1\,cp})).$$

Решение дифференциального уравнения относительно среднего для второго сита из системы (1), с учетом решения для первого и условий (3), имеет вид

$$\overline{N}_2^j(\tau_2, z) = \overline{N}_{10}^j(\tau_2)\frac{\alpha_1^j}{V_2}\cdot\frac{\exp(-\alpha_1^j z / V_1) - \exp(-\alpha_2^j z / V_2)}{\alpha_2^j / V_2 - \alpha_1^j / V_1} =$$

$$= \overline{N}_{10}^j(\tau_2)\frac{\alpha_1^j}{V_2}\cdot\left[\frac{\exp(-\alpha_1^j z / V_1)}{\alpha_2^j / V_2 - \alpha_1^j / V_1} + \frac{\exp(-\alpha_2^j z / V_2)}{\alpha_1^j / V_1 - \alpha_2^j / V_2}\right].$$

В итоге данное решение можно записать в виде

$$\bar{N}_2^j(\tau_2, z) = \bar{N}_{10}^j(\tau_2)\frac{\alpha_1^j}{V_2}\cdot\left[\Psi_{1,2}\cdot\exp(-\alpha_1^j z/V_1) + \Psi_{2,2}\cdot\exp(-\alpha_2^j z/V_2)\right],$$

где $1/\Psi_{1,2} = (\alpha_2^j/V_2 - \alpha_1^j/V_1)$ и $1/\Psi_{2,2} = (\alpha_1^j/V_1 - \alpha_2^j/V_2)$.

Решение дифференциального уравнения относительно среднего значения случайного процесса для третьего сита из системы (1), с учетом решений для первого и второго, а также начальных и граничных условий (3), имеет вид

$$\bar{N}_3^j(\tau_3, z) = \bar{N}_{10}^j(\tau_3)\frac{\alpha_1^j\cdot\alpha_2^j}{V_2\cdot V_3}\cdot\left[\frac{\exp(-\alpha_1^j z/V_1) - \exp(-\alpha_3^j z/V_3)}{\left(\alpha_2^j/V_2 - \alpha_1^j/V_1\right)\left(\alpha_3^j/V_3 - \alpha_1^j/V_1\right)} - \frac{\exp(-\alpha_2^j z/V_2) - \exp(-\alpha_3^j/V_3)}{\left(\alpha_2^j/V_2 - \alpha_1^j/V_1\right)\left(\alpha_3^j/V_3 - \alpha_2^j/V_2\right)}\right].$$

Полученное решение для третьего сита можно представить в виде

$$\bar{N}_3^j(\tau_3, z) = \bar{N}_{10}^j(\tau_3)\frac{\alpha_1^j\cdot\alpha_2^j}{V_2\cdot V_3}\cdot\left[\frac{\exp(-\alpha_1^j z/V_1)}{\left(\alpha_2^j/V_2 - \alpha_1^j/V_1\right)\left(\alpha_3^j/V_3 - \alpha_1^j/V_1\right)} + \right.$$

$$\left. + \frac{\exp(-\alpha_2^j z/V_2)}{\left(\alpha_1^j/V_1 - \alpha_2^j/V_2\right)\left(\alpha_3^j/V_3 - \alpha_2^j/V_2\right)} + \frac{\exp(-\alpha_3^j z/V_3)}{\left(\alpha_1^j/V_1 - \alpha_3^j/V_3\right)\left(\alpha_2^j/V_2 - \alpha_3^j/V_3\right)}\right] =$$

$$= \bar{N}_{10}^j(\tau_3)\frac{\alpha_1^j\alpha_2^j}{V_2V_3}[\Psi_{1,3}\exp(-\alpha_1^j z/V_1) + \Psi_{2,3}\exp(-\alpha_2^j/V_2) + \Psi_{3,3}\exp(-\alpha_3^j z/V_3),$$

где

$$1/\Psi_{1,3} = (\alpha_2^j/V_2 - \alpha_1^j/V_1)\cdot(\alpha_3^j/V_3 - \alpha_1^j/V_1),$$

$$1/\Psi_{2,3} = (\alpha_1^j/V_1 - \alpha_2^j/V_2)\cdot(\alpha_3^j/V_3 - \alpha_2^j/V_2),$$

$$1/\Psi_{3,3} = (\alpha_1^j/V_1 - \alpha_3^j/V_3)\cdot(\alpha_2^j/V_2 - \alpha_3^j/V_3).$$

Используя метод индукции, можно показать, что решение дифференциального уравнения относительно среднего значения случайного процесса для *i*-го сита имеет вид

$$\bar{N}_i^j(\tau_i, z) = \bar{N}_{10}^j(\tau_i)\frac{\alpha_1^j\ldots\alpha_{i-1}^j}{V_2\ldots V_i}[\Psi_{1,i}\exp(-\alpha_1^j z/V_1) + \Psi_{2,i}\exp(-\alpha_2^j z/V_2) + \ldots + \Psi_{i,i}\exp(-\alpha_i^j z/V_i)], \quad (4)$$

где $1/\Psi_{k,i} = (\alpha_1^j/V_1 - \alpha_k^j/V_k)\cdots(\alpha_{k-1}^j/V_{k-1} - \alpha_k^j/V_k)\cdot(\alpha_{k+1}^j/V_{k+1} - \alpha_k^j/V_k)\cdots(\alpha_i^j/V_i - \alpha_k^j/V_k)$.

В общем случае для определения плотности распределения случайного процесса решение системы уравнений (К. – Ф. – П.) проводят численными методами. При аппроксимации белым шумом случайный процесс N_i является нормальным [8]. Поэтому, зная числовые характеристики случайного процесса, можно записать приближенное решение для плотности распределения и вероятностей перехода, которые являются фундаментальными решениями задачи Коши при дельтаобразных начальных условиях:

$$W_1^j\left(N_1^j, \tau_1\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2_{N_1^j}(\tau_1, z)}}\exp\left(-\frac{(N_1^j(\tau_1, z) - \bar{N}_1^j(\tau_1, z))^2}{2\sigma^2_{N_1^j}(\tau_1, z)}\right),$$

$$W_{i/i-1}^j\left(N_i^j, \tau_i \middle| N_{i-1}^j, \tau_{i-1}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2_{N_i^j}(\tau_i, z)}}\exp\left(-\frac{(N_i^j(\tau_i, z) - \bar{N}_i^j(\tau_i, z))^2}{2\sigma^2_{N_i^j}(\tau_i, z)}\right).$$

В общем случае N_1 в начальном сечении является случайной величиной с плотностью вероятности $\overline{W}_{10}(N_1, \tau_1)$. Тогда уравнение (К. – Ф. – П.) для первого сита, с помощью замены

$$\varphi = N_1 \exp\left(-\frac{\alpha_1}{V_1}x\right), \quad \xi = \frac{\beta_1^2 \Delta_1}{2\alpha_1}\left(1 - \exp\left(-\frac{2\alpha_1}{V_1}x\right)\right) \tag{5}$$

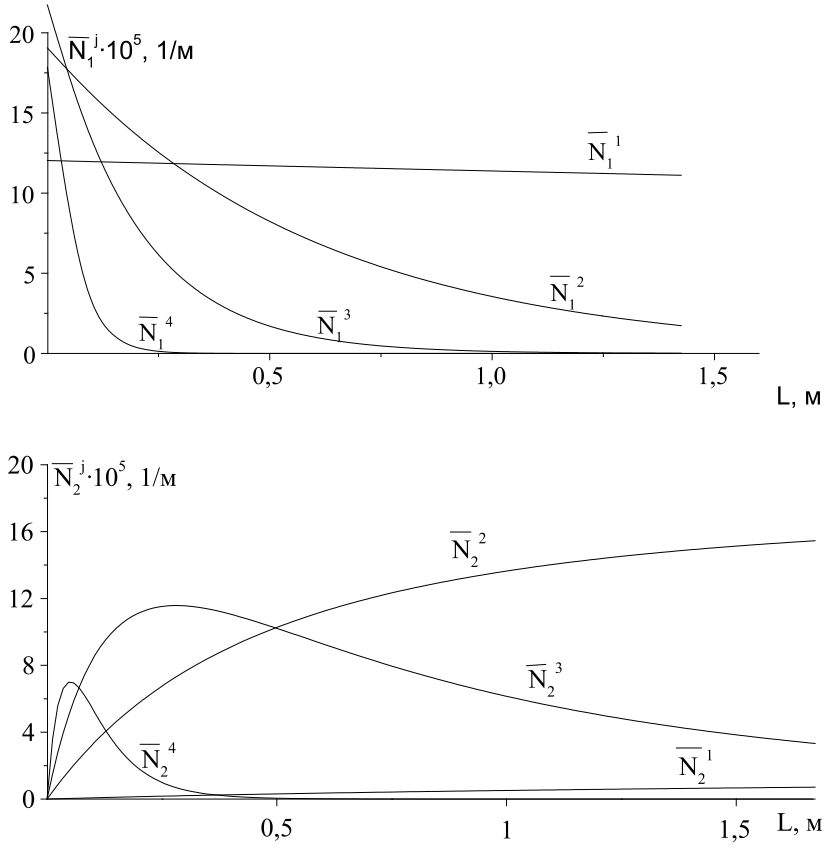
приводится к простейшему уравнению диффузии $\frac{\partial \tilde{W}_1}{\partial \xi} = \frac{1}{2}\frac{\partial^2 \tilde{W}_1}{\partial \phi^2}$ и решение полученного уравнения записывается в виде интегральной свертки:

$$\tilde{W}_1(\varphi, \xi, \tau_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\xi}} \int_0^\infty \overline{W}_{10}(\theta, \tau_1)\left(\exp\left(-\frac{(\varphi-\theta)^2}{2\xi}\right) - \exp\left(-\frac{(\varphi+\theta)^2}{2\xi}\right)\right) d\theta. \tag{6}$$

Тогда общее решение уравнения (К. – Ф. – П.) для первого сита имеет вид

$$W_1(N_1, x, \tau_1) = \tilde{W}_1(\varphi, \xi, \tau_1) \exp(-\alpha_1 x / V_1). \tag{7}$$

На рисунке приведены результаты расчетов изменения среднего значения случайного процесса (концентрации частиц, 1/м) целевых продуктов вдоль первого и второго сита многоярусного классификатора. На основании полученных решений вычисляются коэффициенты извлечения целевых продуктов. Также по непросеянным остаткам с сит оценивается их качество. Для этого определяется доля нецелевых продуктов (мелких), которые оказались в целевом продукте.



Изменение среднего значения случайного процесса (концентрации частиц, 1/м) целевых продуктов вдоль первого и второго сита многоярусного классификатора: α^1_1 = 5,78E-3; α^2_1 = 8,42E-2; α^3_1 = 2,57E-1; α^4_1 = 9,08E-1; α^1_2 = 3,66E-4; α^2_2 = 2,77E-3; α^3_2 = 7,18E-1; α^4_2 = 6,93E-1 (сек$^{-1}$); $V_{ср}$ = 0,05 м/сек; размеры фракций: 1 – (0,8÷0,9)·10^{-3}; 2 – (0,7÷0,8)·10^{-3}; 3 – (0,6÷0,7)·10^{-3}; 4 – (0,5÷0,6)·10^{-3} (м)

Заключение

Теория случайных процессов с использованием результатов эксперимента для определения параметров модели позволяет строить математические модели выделения целевых продуктов из зернистых материалов на многоярусных ситовых классификаторах, которые являются основой для проведения оптимизации и управления процессом.

Список литературы

1. Вайсберг Л.А., Иванов К.С., Мельников А.Е. Совершенствование подходов к математическому моделированию процессов вибрационного грохочения // Обогащение руд. 2013. № 2. С. 21–27.

2. Непомнящий Е.А. Кинетика некоторых процессов переработки дисперсных материалов // Теоретические основы химической технологии. 1973. Т. 7. № 5. С. 754–763.

3. Ахмадиев Ф.Г., Гиззятов Р.Ф., Назипов И.Т. Гидрогазодинамика и кинетика разделения дисперсных сред на ситовых классификаторах // Инженерно-физический журнал. 2017. Т. 90. № 5. С. 1135–1145.

4. Ахмадиев Ф.Г., Гиззятов Р.Ф. Моделирование разделения зернистых материалов на многокаскадных классификаторах на основе теории случайных процессов // Теоретические основы химической технологии. 2018. Т. 52. № 3. С. 306–317.

5. Огурцов В.А., Горохова Е.Р., Огурцов А.В. Моделирование движения частиц при виброгрохочении на основе теории цепей Маркова // Строительство и реконструкция. 2011. № 5(37). С. 85–88.

6. Долгунин В.Н., Иванов О.О., Уколов А.А. Кинетика сегрегации частиц различной шероховатости и упругости при быстром гравитационном течении зернистой среды // Теоретические основы химической технологии. 2009. Т. 43. № 2. С. 199–207.

7. Ахмадиев Ф.Г., Гиззятов Р.Ф., Киямов Х.Г. Математическое моделирование процесса тонкослойного разделения зернистых материалов по размерам на ситовых классификаторах // Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47. № 3. С. 309–317.

8. Казаков В.А. Введение в теорию марковских процессов и некоторые радиотехнические задачи. М.: Сов. радио, 1973. 232 с.

УДК 622:519.63

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НА АРЕАЛЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОТ

Васильев М.Д., Васильева Н.В., Матвеева О.И., Трофимцев Ю.И.

Институт математики и информатики, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, e-mail: 1767700@mail.ru

В работе рассматривается влияние на охраняемые популяции отвода земель ресурсных резерватов под разработку месторождений полезных ископаемых. Основным методом оценки этого влияния является метод математического моделирования. Результаты исследования получены с помощью модели, основанной на двух параболических дифференциальных уравнениях в частных производных (уравнения диффузии). Уравнения описывают динамику популяции на билокальном ареале, когда граница охраняемой территории разбивает ареал на две части – охраняемую и неохраняемую. При этом существует свободный переход особей из одной части ареала в другую. Учитывается также диффузионное перемещение особей по ареалу и перекрестная диффузия, означающая как конкуренцию особей за имеющиеся ресурсы, так и их возможное совместное существование. Численные расчеты показали, что при правильной оценке воздействия на природный потенциал резервата можно сохранить стабильные плотности охраняемых популяций в обеих частях ареала, но на несколько более низком уровне. Рассмотрен также случай высоких техногенных нагрузок на охраняемые популяции, приводящих к их вырождению. Показано, что наличие достаточного пищевого ресурса благотворно влияет на плотности охраняемой и неохраняемой частей популяции.

Ключевые слова: математическое моделирование, динамика популяции, билокальный ареал, охраняемые территории, ресурсные резерваты, техногенное воздействие, численные методы

MATHEMATICAL MODELING OF POPULATION DYNAMICS DURING TECHNOGENIC IMPACT ON THE HABITAT

Vasilev M.D., Vasileva N.V., Matveeva O.I., Trofimtsev Yu.I.

Institute of Mathematics and Informatics, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, e-mail: 1767700@mail.ru

The article considers a model of impact on protected populations habitat during of the development of mineral deposits. The main research method of this problem is mathematical modeling. As a model, we consider a system of parabolic partial differential equations. The habitat of the population is bilocal, that is, divided into two parts. One part of the range is protected, and on the other part of the range, the population is experiencing anthropogenic impact. Between parts of the range there is free migration of individuals. The movement of individuals in habitat is considered as a diffusion process. Also, by introducing cross-diffusion parameters in the system takes into account directional migration. Numerical solutions showed that with a correct assessment of the impact on the natural reserve potential, it is possible to maintain stable densities of protected populations in various parts of the field, but at a lower level. The case of high technogenic loads on protected populations leading to their degeneration is also considered. It is shown that the presence of a sufficient food resource has a beneficial effect on the density of the protected and unprotected parts of the population.

Keywords: mathematical modeling, dynamic of population, bilocal areal, protected areas, resource reserves, anthropogenic impact, numerical solution

Добыча алмазов – одна из основных отраслей промышленности Республики Саха (Якутия). После аварии на руднике «Мир», восстанавливать который начнут только в 2024 г., объем добычи упал на 10–11%. Поэтому все более привлекательными для промышленной разработки становятся россыпные месторождения. Среди россыпных месторождений наиболее часто встречается аллювиальный тип, развитый в малых и средних реках. Протяженность россыпей изменяется от километров до нескольких десятков километров, ширина – от десятков до сотен метров [1].

Территория Якутии составляет более трех миллионов квадратных километров, из них 28,5% относятся к охраняемым территориям. Этому способствует низкая плотность населения – около 0,3 человека на квадратный километр. В Якутии разработана стройная система особо охраняемых природных территорий (ООПТ), включающая в себя природные парки, заповедники, заказники, ресурсные резерваты, охраняемые ландшафты и памятники природы, а также зеленые зоны селитебных мест [2]. Введена принципиально новая форма ООПТ – ресурсный резерват, содержащий в себе элементы четвертой-седьмой категорий охраняемых территорий Международного союза охраны природы. Введение резерватов продиктовано обширностью сети ООПТ, что затрагивает уклад жизни коренных народов. К ресурсным резерватам относятся зоны абсолютного покоя, священные места, зоны лицензионного изъятия ресурсов, зоны сезонного изъятия природных ресурсов, зоны традиционного природопользования, охраняемые ландшафты и памятники природы.

Структура ареалов играет важную роль в динамике численности и распространении популяций. Последствия хозяйственной деятельности человека могут привести к изменению размеров среды обитания биологических видов. В случае изменения размеров охраняемой части билокального ареала, остается важным вопрос сохранения численности популяции.

Существенной проблемой является рекультивация территорий и восстановление биоценозов на них после окончания промышленных разработок. В северных условиях эти процессы длятся десятилетиями, до сих пор слабо разработаны методы восстановления нарушенных земель. На них развиваются биоценозы, отличные от существовавших природных, что приводит к уменьшению ареалов охраняемых популяций и замене видов, как правило, на менее ценные и менее прихотливые к условиям обитания. В республике возникают новые крупные промышленные объекты, такие как международный газопровод «Сила Сибири», при создании которого на месторождении «Чаянда» построен большой газовый комплекс, и задачи сохранения и восстановления видов, подвергшихся техногенному воздействию, становятся все более актуальными и требующими новых подходов их решения. Использование математического моделирования может быть полезным в этой ситуации.

В 1950-х гг. была освоена промышленная разработка россыпи алмазов на трубках «Мир», «Айхал», «Удачная», что было вызвано природными и технологическими особенностями проведения работ в условиях вечной мерзлоты. В результате выработки имеющихся месторождений россыпная алмазодобыча в Якутии продвигается все дальше на север, за Полярный круг, при этом отчуждая территории ресурсных резерватов. Примером такого продвижения является Верхне-Мунское месторождение алмазов, которое находится на западе Якутии в 170 км от г. Удачный на территории ресурсного резервата «Муна». На данный момент разведаны четыре кимберлитовые трубки: «Заполярная», «Деймос», «Новинка», «Комсомольская-Магнитная». Верхне-Мунское месторождение будет приносить порядка 1,8 млн карат алмазов в год в течение более 20 лет. Продолжительные техногенные работы могут существенно повлиять на сохранение биологического разнообразия на местности. Уменьшение территории ресурсного резервата влияет на охраняемые популяции животных, к числу которых относятся популяции лося, дикого оленя, соболя и колонка.

Целью работы является оценка влияния горной добычи на плотности охраняемых популяций с помощью математического моделирования их динамики.

Материалы и методы исследования

Промышленное освоение территорий приводит к разбиению мест обитания популяций на части. Рассматривается случай образования билокального ареала. Обозначим через u и v плотности популяции на сохраняемой в естественном виде территории и на промышленно осваиваемой территории. Исследование проводится с помощь классических уравнений диффузии, понимаемой как распространение популяции по двумерному ареалу [3]. Правые части уравнений дополнены членами, описывающими кросс-диффузию [4] и обобщенный ресурс. Система уравнений имеет вид

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial t} = \nabla\left(\varepsilon_1(u,v)\nabla u - p_1 u\nabla v - q_1 u\nabla r\right) + m_1 u + d_1(v-u) - c_1 u^2 - b_1, \\ \dfrac{\partial v}{\partial t} = \nabla\left(\varepsilon_2(u,v)\nabla v - p_1 v\nabla u - q_2 v\nabla r\right) + m_2 v + d_2(u-v) - c_2 v^2. \end{cases}$$

Расселение популяции по территории описывается диффузионными параметрами $\varepsilon_1(u, v)$, $\varepsilon_2(u, v)$ и p_1, p_2. Учет неоднородности среды обитания достигается функцией $r(x, y)$. Скорости изменения плотностей популяции пропорциональны самим плотностям с коэффициентами пропорциональности m_1, m_2, члены d_1, d_2 описывают переходы особей из одной зоны ареала в другую, конкуренция за ресурс учитывается с помощью членов с c_1, c_2. Внешнее техногенное воздействие интерпретируется коэффициентом b_1 [4–6].

Рассматривается ареал $\Omega = [0, l_1]\times[0, l_2]$, на границах которого ставились условия, предполагающие, что особи популяции не покидают ареал, и что их численность на границах равна нулю. Отчуждение охраняемой территории описывалось изменением параметра l_2.

Начальные распределения плотностей популяции могут быть заданы в виде поверхности на рассматриваемом ареале. В данной работе в качестве такой поверхности рассмотрено двумерное нормальное распределение. Функция ресурса также задается как поверхность, экстремальные значения которой являются благоприятными зонами ареала.

Для численного решения рассматриваемой задачи построен вычислительный алгоритм на основе метода расщепления по пространственным переменным, используя безусловно-устойчивые конечно-разностные схемы суммарной аппроксимации [7]. Вычислительный алгоритм реализован на языке программирования Python с использованием модифицированного метода прогонки и метода простых итераций [8, 9]. Разработан пакет программ для проведения вычислительных экспериментов при различных параметрах модели. Расчеты проводились до выхода на устойчивые стационарные распределения плотностей популяции [10].

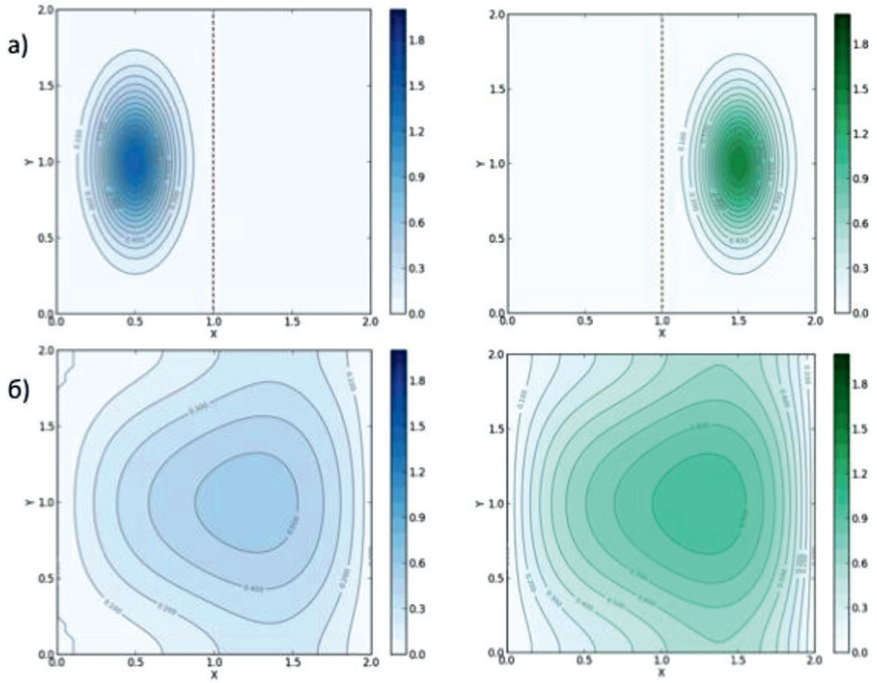


Рис. 1. Случай отношения частей ареала 1:1, (а) – начальные плотности u и v, t = 0, (б) – предельные плотности u и v, t = 15

Результаты исследования и их обсуждение

Численные расчеты показали, что уменьшение площади охраняемой территории вызывают меньший эффект, чем ожидалось. Это связано с тем, что в модели не учитывается изменение величины ресурса в промышленной зоне и коэффициенты перехода остаются постоянными. Если техногенное воздействие невелико, то плотности частей популяции стабилизируются на определенном, но меньшем начального уровне. Это можно объяснить наличием охраняемой части резервата. На рис. 1 приведены начальные и предельные величины плотностей обеих частей популяции при одинаковых площадях охраняемой и неохраняемой частей ареала. Предельные величины плотностей равны 0,5 для неохраняемой и 0,9 для охраняемой частей.

При уменьшении охраняемой территории (соотношение частей ареала 5:3) предельные величины стабилизируются на более низком уровне – 0,4 и 0,8 соответственно. Дальнейшее уменьшение площади охраняемой части практически не приводит к изменению предельных плотностей обеих частей популяции (рис. 2). Этот эффект объясняется выбором значений параметров системы, при котором существует устойчивое стационарное состояние и наличием постоянного обмена особями между частями билокального ареала.

В рассматриваемой модели имеется бифуркация типа «складка» [10], приводящая к вырождению всей популяции. Она возникает при больших техногенных нагрузках, т.е. при превышении критического значения бифуркационного параметра b_1 в модели. Бифуркационный параметр выражается через коэффициенты функций f_1 и f_2. В случае незначительного превышения критической отметки ($b_1 = 0{,}39$), в момент времени $t = 3$, при равных площадях частей ареала сохраняются ненулевые плотности охраняемой и неохраняемой частей популяции (рис. 3). Если при тех же значениях параметра системы уменьшить площадь охраняемой части ареала, то в тот же момент времени $t = 3$ неохраняемая часть популяции уже не существует (рис. 4).

Учет неоднородности ареала достигается введением функции обобщенного ресурса в виде поверхности $r(x, y)$. Пусть основной пищевой ресурс особей сосредоточен на неохраняемой части ареала (рис. 5, а).

При большом техногенном воздействии и при равных площадях частей ареала это приводит к малой, но ненулевой плотности неохраняемой части популяции (рис. 5, б). Отчуждение части территории резервата под горные работы приводит к совсем уж малой, но ненулевой плотности неохраняемой части популяции (рис. 5, в).

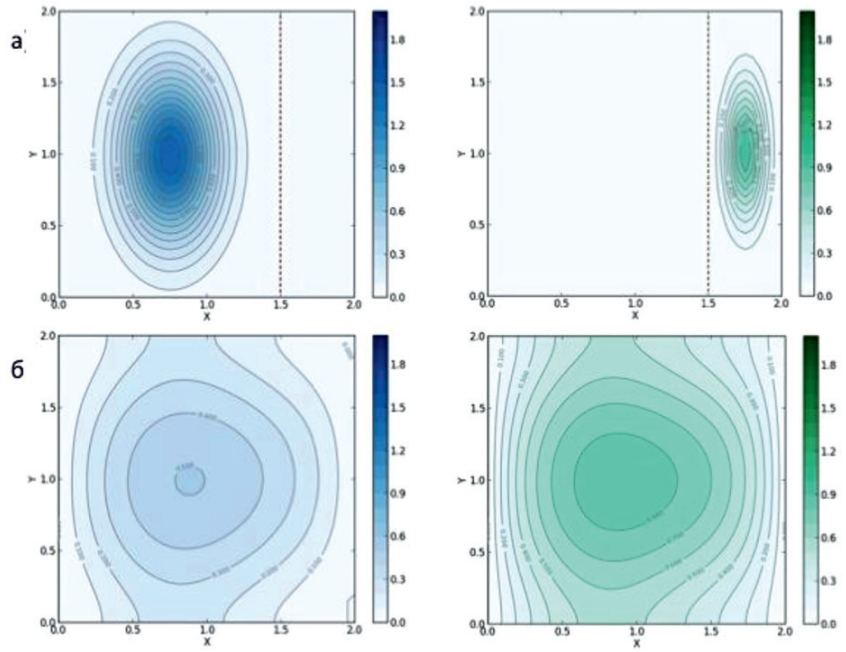


Рис. 2. Случай отношения частей ареала 3:1, (а) – начальные плотности u и v, t = 0, (б) – предельные плотности u и v, t = 15

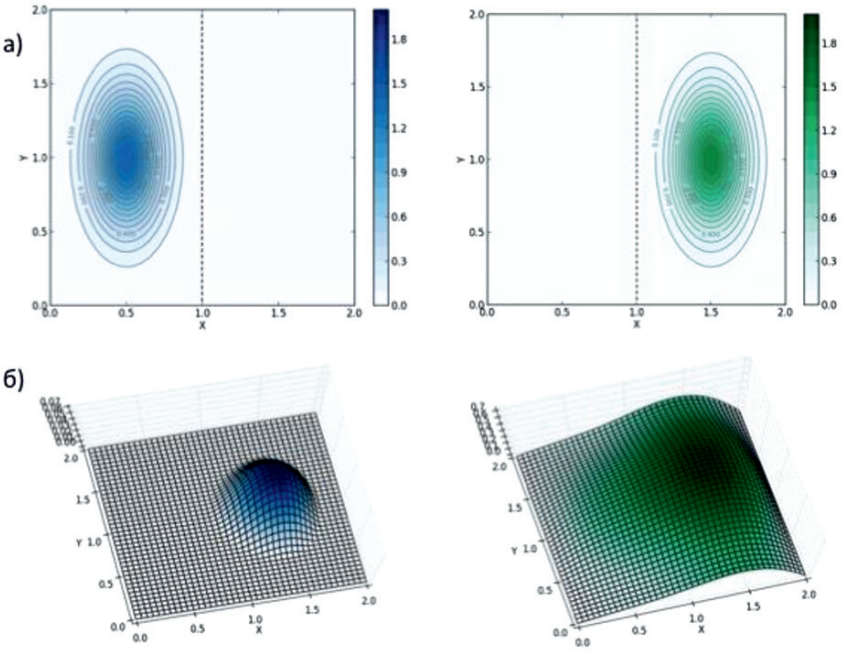


Рис. 3. Случай наличия в системе бифуркации при отношении частей ареала 1:1, (а) – исходные плотности u и v, t = 0, (б) – промежуточные плотности u и v, t = 3

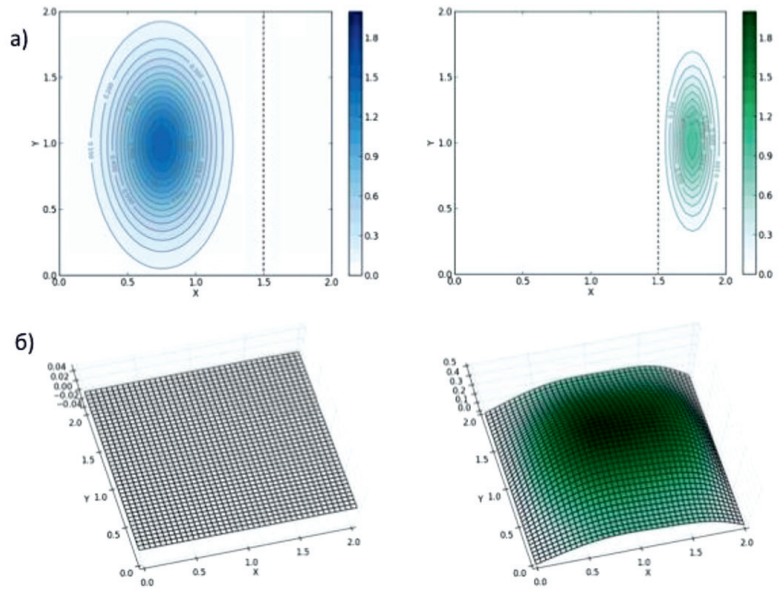


Рис. 4. Случай наличия в системе бифуркации при отношении частей ареала 3:1, (а) – исходные плотности u и v, t = 0, (б) – промежуточные плотности u и v, t = 3

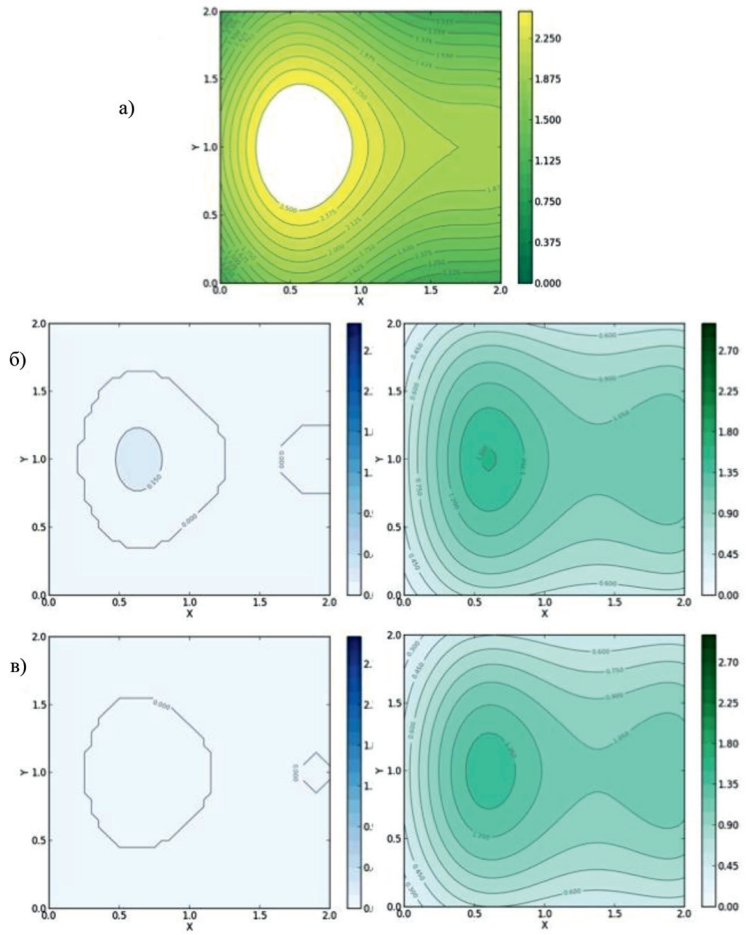


Рис. 5. Случай введения в систему функции ресурса, (а) – функция ресурса r(x, y), (б) – промежуточные плотности u и v, t = 10 при отношении частей ареала 1:1, (в) – промежуточные плотности u и v, t = 10 при отношении частей ареала 3:1

Заключение

При решении задач экономики необходимо учитывать промышленное воздействие на природную среду и решать экологические проблемы одновременно с экономическими. Перевод части земель природного резервата под добычу полезных ископаемых не приводит к большим отрицательным воздействиям на охраняемые популяции только при правильной оценке природного потенциала. В случае присутствия экстремальных техногенных воздействий введение обобщенного ресурса позволяет сохранить присутствие популяции до определенного момента времени. Вид функции ресурса существенно влияет на формы предельных распределений обеих частей популяции.

Список литературы

1. Аргунов К.П. Алмазы Якутии. Новосибирск: Наука, 2015. 402 с.

2. Фридовский В.Ю., Прохоров В.А. Безопасность Республики Саха (Якутия). Новосибирск: Наука, 2008. 296 с.

3. Knabner P., Angermann L. Numerical methods for elliptic and parabolic partial differential equations. N.Y.: Springer-Verlag, 2003. 426 p.

4. Tulumello E., Lombardo M.C., Sammartino M. Cross-diffusion driven instability in a predator-prey system with cross-diffusion. Acta Appl Math. 2014. Vol. 132. P. 621–633.

5. Dubey B., Das B., Hassain J. A predator-prey interaction model with self and cross-diffusion. Ecol. Model. 2002. 141. P. 67–76.

6. Vasilyev M.D., Vasilyeva N.V., Trofimtsev Yu.I. A diffusion model of protected population on bilocal habitat with generalized resource. Proseeding of the 8th International Conference on Mathematical Modeling. AIP Conf. Proc. 1907.030014-12. DOI: 10.1063/1.5012636.

7. Вабищевич П.Н. Аддитивные операторно-разностные схемы (схемы расщепления). М.: Красанд, 2013. 464 с.

8. Вабищевич П.Н. Численные методы: Вычислительная практика. М.: Книжный дом «Либроком», 2010. 320 с.

9. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения задач конвекции-диффузии. М.: «Либроком», 2015. 248 с.

10. Васильев М.Д. Численное исследование двумерной модели охраняемой популяции на билокальном ареале // Вестник СВФУ. 2017. № 1 (57). С. 44–61.

УДК 004.94

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Волков В.Ф., Пономарев А.С.

ФГБОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», Санкт-Петербург, e-mail: julysanchez217@mail.ru

В статье предложен подход к обеспечению приемлемой точности расчета параметров выбора вариантов распределения ресурсов. Разработанный вероятностный алгоритм является альтернативным по отношению к алгоритмам классических оптимизационных задач, а вычисляемый план назначений не может быть априори определен противоборствующей структурой. Показана эффективность разработанного метода при организации распределения ресурсов в условиях разнообразия и немасштабируемости первичной информации, объем которой будет неизбежно расти вследствие внедрения новых информационных технологий (облачных вычислений для больших данных различного типа, алгоритмов машинного обучения, технологий геоинформационного управления пространственно-разнесенными территориальными системами, алгоритмов анализа неупорядоченных массивов текстовых материалов, технологий математического обеспечения IT-инфраструктуры скоростной аналитики распознавания объектов). Получены выражения для оценивания чувствительности оптимальных распределений к вариациям неустойчивых исходных данных в задачах минимизации продолжительности операции по достижению целевого эффекта и максимизации вероятности получения целевого эффекта. Разработан алгоритм распределения ресурсов по двум вероятностным критериям, учитывающим риски невыполнения требований заказчика по результативности и оперативности. Обоснована необходимость формирования более «жестких» требований к выбору плана назначений как «платы» за двойную гарантию выполнения целевой задачи.

Ключевые слова: гарантированная вероятность выполнения задачи, ошибки исходных данных, ошибки прогнозирования, генератор вариантов распределения ресурсов, организационно-техническая система

STUDY OF THE USING STOCHASTIC ALGORITHMS APPROPRIATENESS IN RESOURCE ALLOCATION TASKS

Volkov V.F., Ponomarev A.S.

Military Space Academy named after A.F. Mozhayskiy, St. Petersburg, e-mail: julysanchez217@mail.ru

It is supposed the approach to ensuring acceptable accuracy of resource allocation selection parameters calculation. Developed probabilistic algorithm is alternative to classical optimization algorithms besides computed plan of appointments can not be priori determined by opposing structure. It is showed efficiency of developed method in organization of sources distribution in conditions of primary information diversity and non-scalability the volume of which will inevitably grow due to introduction of new information technologies (cloud computing for different types of big data, machine learning algorithms, geoinformation management technologies of spatially spaced territorial systems, algorithms for the analysis of text disordered arrays, mathematical support technologies of high-speed object recognition analytics IT infrastructure). It is obtained expressions to estimate the sensitivity of optimal distributions to variations of unstable input data in the tasks of minimization the duration of the operation to achieve the desired effect and maximizing the probability of obtaining the target effect. It is developed the algorithm of resources distribution on two probabilistic criteria taking into account risks of failure to meet customer requirements for effectiveness and operativity. It is substantiated the necessity of forming more stringent requirements to assignments plan as payment for a double guarantee of target task performance.

Keywords: guarantee probability of target task performing, errors of input data, forecasting errors, generator of resources distribution variations, organizational and technical system

В период Второй мировой войны в рамках научного направления «Исследование операций» [1] был сформирован класс задач распределения ресурсов. Тогда термин «Задача распределения ресурсов (ЗРР)» носил военный оттенок (выработка группами ученых разных специальностей рекомендаций по рациональным способам применения боевых и обеспечивающих средств). В послевоенный период ЗРР стали широко использоваться при обосновании решений в промышленности, аграрных отраслях, банковской и транспортной сферах и т.д. В обобщенном виде ЗРР формулируется следующим образом: имеется ограниченное количество ресурсов, недостаточное для выполнения всех задач наилучшим образом, необходимо распределить ресурсы так, чтобы достичь наибольшего эффекта. В литературе по анализу современного процесса цифровизации деятельности органов управления различных организационно-технических систем (ОТС) отмечается [2–4], что вследствие использования промышленного интернета вещей (IoT), больших данных (big data) и искусственно-

го интеллекта (AI) возникли проблемы, обусловленные разнообразием, немасштабируемостью и недостоверностью первичной информации. В состав ОТС в качестве основных подсистем входят: исполнительная, управляющая и информационная. Специальное математическое обеспечение (СМО) систем управления ОТС включает комплекс программ, предназначенных для оптимизации выполнения целевых задач; реализация данного комплекса требует значительных вычислительных затрат [2, 5, 6]. Для учета точностных характеристик системы информационного обеспечения и доработки данного комплекса программ необходимо решить новую научную задачу – установить связь между ошибками в исходных данных и результатом решения классических ЗРР и, далее, обосновать альтернативные (по отношению к оптимизационным) алгоритмы распределения ресурсов.

Традиционно при разработке капиталоёмких проектов крупномасштабных ОТС используются алгоритмы решения задач двух типов [1, 7, 8]:

– оптимизационной задачи с критерием минимума продолжительности ($t_{цз}$) всей операции по целевому обслуживанию соответствующих объектов при заданном лимите средств на достижение цели (ОЗ-I);

– оптимизационной задачи с критерием минимума расхода средств ($r_{цз}$) на достижение цели при ограничении на продолжительность $t_{цз}$ операции (ОЗ-II).

Рассмотрим два существенных аспекта сформулированных задач предварительного или оперативного планирования распределения ресурсов:

1) введение дополнительных средств в операцию не должно быть единственным способом увеличения вероятности достижения требуемого эффекта;

2) процессы выполнения плановых задач в различных сферах функционирования ОТС имеют стохастический характер (вследствие воздействий техногенных и природных факторов, которые можно только минимизировать, но не аннулировать).

Учет перечисленных аспектов позволяет переформулировать ОЗ-II в задачу с критерием максимума вероятности ($P_{цз}$) достижения требуемого эффекта [9, 10], например, максимума вероятности обслуживания числа $n_{об}$ объектов не менее заданного $N_{тр}$: $P_{цз} = P(n_{об} > N_{тр})$ при $t_{цз} < t^{тр}$ и $r_{цз} < R$.

Результаты решения ОЗ-I и ОЗ-II (планы назначений) будем обозначать через $\tilde{X}^{I}, \tilde{X}^{II}$ соответственно. Результаты решения альтернативной задачи распределения ресурсов (ОЗ-III) обозначим через $\tilde{X}^{III}$. Практика показывает, что для решения ОЦ-I и ОЦ-II необходимы значительные затраты времени [11, 12]. Это связано с тем, что и при проектировании, и в ходе оперативного управления необходимо учитывать множество ограничений как на величины $t_{цз}$, $P_{цз}$, так и на способы функционирования ОТС, которые придают ОЦ-I и ОЦ-II статус динамических нелинейных задач. Кроме того, очевидно, на любой стадии жизненного цикла ОТС исходная информация известна с определенными погрешностями и имеют место погрешности самих численных алгоритмов. Следствием данного обстоятельства может быть принятие ошибочного плана лицом, принимающим решение (ЛПР). Исходные данные должны корректироваться как в заранее предусмотренные сроки, так и вследствие неожиданных обстоятельств, из-за смены концепций, при выявлении необоснованных допущений. Неточность исходных данных может быть обусловлена волатильностью результатов вспомогательно-обеспечивающих расчетов (например, определения координат объектов, корректирования оценочных работ, проведения внезапных экспертиз), ошибками операторов нанесения электронных маркировок при создании национальных цифровых платформ для сбора различной информации и т.д. [13].

Таким образом, требуется разработать алгоритмы распределения ресурсов, альтернативные по отношению к оптимизационным, но обеспечивающие определенную вероятностную гарантию выполнения целевой задачи, поставленной перед ОТС.

Материалы и методы исследования

Проведем оценивание вариантов вероятностного выбора плана назначений. Обозначим через t_s продолжительность выполнения целевой задачи при распределении ресурсов по s-му варианту. Этот частный показатель эффективности является функцией элементов временной и вероятностной матриц – продолжительностей t_{ij} единичного взаимодействия i-го ресурса с j-м объектом и вероятностей v_{ij} успешных единичных взаимодействий. Число вариантов S определяется методами комбинаторики, каждый вариант формируется соответствующим программным генератором.

В рассматриваемом варианте распределения ресурсов продолжительность $t_{цз}$ выполнения целевой задачи является смешанной случайной величиной, а ее возможные значения $t_1, t_2, \ldots, t_{S-1}, t_S$ распределены в некотором интервале $[t^{\min}, \ldots, M_{t_{цз},\ldots}, t^{\max}]$. Ориентировочное суждение о целесообразности решения ОЦ-I принимается по величине $V_{t^{тр}} = P(t_{цз} > t^{тр})$, вычисляемой по формуле [9, 10]:

$$P(t_{цз} \geq T) = 1 - \sum_{s=1}^{St} P(t_{цз}^{III} = t_s) = 1 - \sum_{S=1}^{St} m^s / S,$$

где S_T – номер интервала, соответствующего неравенству $t_{s-1} \leq T \leq t_s$, m^S – суммарное количество планов, при которых величина $t_{цз}$ принимает значение t_S.

Для учета физической невозможности для некоторого *i*-го ресурса осуществить обслуживание *j*-го объекта соответствующим элементам в матрице $\left\| t_{ij} \right\|$ присваиваются искусственно завышенные значения. После составления временной матрицы осуществляется обращение к генератору планов, далее – количественное оценивание скрытности использования конкретного закона распределения номеров генерируемых вариантов и вычисление величин $t_{\text{цз}}^{\min}, S, t_s (s = 2(1)S)$, m^S и $V_{t^{\text{тр}}}$.

Обозначим через P_s вероятность выполнения целевой задачи при распределении ресурсов по *s*-му варианту. Введем в рассмотрение величину $W_{p^{\text{тр}}} = P(P_{\text{ц.з}} < P_{\text{тр}})$, где $P_{\text{ц.з.}}$ – вероятность выполнения целевой задачи при реализации стохастического способа распределения ресурсов, $P_{\text{тр.}}$ – требуемое (указанное в руководящих документах) значение этой вероятности. В рассматриваемом варианте (вероятностный способ) вероятность $P_{\text{ц.з.}}$ является смешанной случайной величиной, а ее возможные значения $p_1, p_2, ..., p_s, ..., p_{S-1}, p_S$ распределены в соответствующем интервале $[p_{\text{цз}}^{\min}, p_{\text{цз}}^{\max}]$. Алгоритм вычисления $W_{p^{\text{тр}}}$ аналогичен алгоритму расчета показателя $V_{t^{\text{тр}}}$: составление вероятностной матрицы, обращение к генератору планов, далее – количественное оценивание скрытности использования конкретного закона распределения номеров генерируемых вариантов и вычисление величин $P_{\text{ц.з}}$, m^S и $W_{p^{\text{тр}}}$.

Из вышеизложенного следует, что степень надежности выполнения целевой задачи на этапах проектирования ОТС и планирования применения ОТС необходимо оценивать по двум вероятностным показателям $V_{t^{\text{тр}}} = P(t_{\text{цз}} > t^{\text{тр}})$ и $W_{p^{\text{тр}}} = P(P_{\text{ц.з}} < P_{\text{тр}})$, где $t^{\text{тр}}$ и $P_{\text{тр}}$ – задаваемые заказчиком требования к результатам выполнения целевой задачи. Показатель $V_{t^{\text{тр}}}$ характеризует оперативность решения целевой задачи, показатель $W_{p^{\text{тр}}}$ характеризует результативность функционирования ОТС.

Рассмотрим процедуру получения плана назначений $\tilde{X}^{III}$, разработанную авторами. В её состав должны входить два следующих алгоритма – алгоритм выявления пар $(i \times j)_{\text{з}}$, $i = 1(1)M$, $j = 1(1)N$, для которых вследствие тех или иных ограничений невозможны единичные акты обслуживания, и алгоритм генерации всевозможных вариантов обслуживания. Процедура получения плана $\tilde{X}^{III}$ заключается в поэтапном обращении к генератору вариантов, проверке на каждом *h* шаге факта отсутствия в полученном плане комбинаций $(i \times j)_{\text{з}}$ и отбраковке плана $\tilde{X}^{III}_{\text{з}}$, содержащего такие пары. При первом появлении плана $\tilde{X}^{III}_{h}$, не имеющего в своем составе ни одной пары $(i \times j)_{\text{з}}$, описанный процесс останавливается. Предлагается использовать два типа генераторов вариантов обслуживания $\tilde{X}^{III}_{h}$, $h = 1(1)K^{(M,N)}$.

Генератор первого типа позволяет последовательно получить весь набор всевозможных распределений *M* средств по *N* объектам. При конструировании этого генератора была использована идея функционирования спидометра с *N* дисками и *M* ячейками для цифр на каждом диске. Пусть первый диск – аналог первого столбца в матрице $\tilde{X}^{III}_{[M,N]}$ вращается с некоторой скоростью *z*, второй – со скоростью z/M^2 и т.д., тогда после совершения *N*-м диском полного оборота наш «спидометр» выработает M^N вариантов матриц $\tilde{X}^{III}_{h}$, $h = 1(1)K^{(M,N)}$. Однако при непосредственной реализации такой идеи возникает необходимость организации в программе *N* циклов или накопления в *N* ячейках чисел от 1 в первой ячейке до M^N в *N*-й ячейке, что может привести к сбоям при суммировании очень малых чисел. Поэтому программа должна предусматривать стирание на каждом шаге всех ранее полученных вариантов. Например, при $M = 3$ и $N = 4$ вариант «в» следует из варианта «б» и не требует запоминания варианта «а» (рисунок).

Составным элементом генератора второго типа является датчик случайных чисел ŵ (распределенных равномерно на интервале (0,1] либо по другому вероятностному закону). Обозначим через k̂ номер строки, в котором размещена единица в произвольном столбце матрицы $\tilde{X}^{III}$ (остальные элементы равны нулю). Последовательно обращаясь к датчику случайных чисел (ДСЧ), будем определять величины k̂ как k̂ = Ê[M·ŵ] + 1. Очевидно, минимальное число обращений к ДСЧ равно N. При совпадении очередного значения k̂ с ранее полученным значением организуется новое обращение к ДСЧ и т.д.

Заметим, что при необходимости учесть наличие ограничений на число объектов, обслуживаемых одним средством, в генераторах обоих типов организуется программная сортировка: последовательно находятся суммы Σ_i, единиц в строках и для всех строк проверяется выполнение неравенства $\alpha \le \Sigma_i \le \beta$. Заметим также, что генератор первого типа может использоваться (в случае небольших размерностей) для решения оптимизационных распределительных задач методом слепого перебора, а также для определения примерного вида целевой функции.

Рандомизация для генератора первого типа заключается в дополнительном «ослучаивании» – отборе самих получаемых вариантов с помощью ДСЧ. Рандомизация для генератора второго типа обусловлена непосредственно предлагаемой технологией. В качестве достоинства разработанных генераторов, как уже отмечалось, следует указать сложность вычисления плана $\tilde{X}^{III}_{[M,N]}$ конкурентами, но степень уязвимости первой процедуры несколько выше, чем у второй.

а)

	1	2	3	4
1	0	1	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	0	0

⇒ б)

	1	2	3	4
1	0	1	0	0
2	0	0	1	0
3	1	0	0	0

⇒ в)

	1	2	3	4
1	1	0	0	1
2	0	1	1	0
3	0	0	0	0

Пример удаления избыточных вариантов

Результаты исследования и их обсуждение

Проведем анализ целесообразности реализации вероятностного способа распределения ресурсов. В зависимости от предназначения ОТС, ситуационной осведомленности и от общей обстановки перед ЛПР может возникнуть необходимость решения следующих частных задач:

1. Распределение ресурсов по критерию $\max V_{t^{\text{тр}}}$ при $W_{p^{\text{тр}}} > W_{\text{зкч}}$ (уровень $W_{\text{зкч}}$ определяется заказчиком).

2. Распределение ресурсов по критерию $\min W_{p^{\text{тр}}}$ при $V_{t^{\text{тр}}} > V_{\text{зкч}}$ (уровень $V_{\text{зкч}}$ устанавливается заказчиком).

3. Распределение ресурсов по векторному критерию $<\max V_{t^{\text{тр}}}, \min W_{p^{\text{тр}}}>$ (соответствующие ограничения вводятся дополнительно, в зависимости от конкретной обстановки и организационных рисков). При этом классический субъективизм, присущий многокритериальным задачам [8, 14], в рассматриваемой задаче «усиливается», так как ЛПР должен не только обосновать уровень требований к $P_{\text{ц.з.}}$ и $t_{\text{ц.з.}}$, но и сформировать, исходя из здравого смысла, приемлемый уровень гарантирующих вероятностных показателей $V_{\text{зкч}}$ и $W_{\text{зкч}}$.

Обязательность выполнения более «жестких» требований к результативности и оперативности и, как следствие, к генерируемому плану распределения ресурсов (что обусловлено двумя процедурами рандомизации), является своеобразной платой за гарантию достижения целевого эффекта в условиях значительных затрат машинного времени на обработку большого объема данных.

Более упрощенные подходы к оцениванию целесообразности реализации вероятностного способа распределения ресурсов заключаются в следующем. Обозначим результат решения ОЦ–I через $t_{\text{I}}^{\min}$ (эта величина определяется планом $\tilde{X}^{I}$), через $\hat{\Delta}_{I}$ – суммарную ошибку вычисления минимальной продолжительности выполнения задачи. Тогда при $P(\hat{t}_{\text{цз}} < t^{\text{тр}}) > P\left[(t_{I}^{\min} + \hat{\Delta}_{I}) < t^{\text{тр}}\right]$ решение ОЦ-I нецелесообразно. В соответствии с изложенной логикой решение оптимизационной задачи II типа нецелесообразно при $P(\hat{P}_{\text{цз}} > P^{\text{тр}}) > P\left[(P_{II}^{\max} - \hat{\Delta}_{II}) < P^{\text{тр}}\right]$, где $\hat{\Delta}_{II}$ – суммарная ошибка решения задачи по максимизации вероятности достижения цели, $P_{II}^{\max}$ – результат решения ОЦ-II (определяется планом $\tilde{X}^{II}$). Следует подчеркнуть, что при выборе закона распределения номеров вариантов (генерирования вариантов) необходимо руководствоваться требованием скрытия от конкурирующих структур замысла действий, что является необходимым условием в обстановке противоборства любого вида. Заметим, что указанное обстоятельство является еще одним аргументом в пользу вероятностного способа при выборе подходов к решению ЗРР. Невозможность априорного (путем решения «зеркальной» оптимизационной задачи) вычисления плана конкурентами (противником) обусловлена применением датчика случайных вариантов, при этом закон распределения номеров вариантов должен назначаться непосредственно перед началом планирования (применения).

Алгоритмы оценивания выигрыша от реализации ОЦ-I и ОЦ-II в детерминированной постановке приведены в работах [9, 10], при этом учитывается разброс значений элементов матрицы «времен» в широких пределах: $0{,}1^{h} \le \delta t_{ij} \le 10^{h}$, где h – условная единица измерения времени функционирования, обусловленный различия в масштабах, технологиях, степени противодействия, финансовом обеспечении ОТС различного предназначения.

Следует отметить, что в работах [7, 8, 15] при рассмотрении алгоритмов решения задач распределения ресурсов не учитывается связь между аргументами целевой функции (соответствующих, как правило, нижним уровням системы моделей) и вероятностью достижения цели. Наличие этой зависимости (например, между изменением математического ожидания целевого параметра и изменением среднеквадратического отклонения) связано с тем, что они определяются, возможно, одними и теми же эксплуатационно-техническими характеристиками (ЭТХ) и условиями функционирования ОТС. Следовательно, при определенных комбинациях увеличение математического ожидания приведет не к максимизации, а к уменьшению вероятности выполнения задачи.

Универсальных аналитических методик нахождения взаимосвязи вариаций ЭТХ, параметров обстановки, изменений математического ожидания и изменений среднеквадратического отклонения не существует, так как любой соответствующий алгоритм определяется не только законом распределения показателя результативности, но и иерархией параметров технических устройств и оборудования, конструктивной схемой инфраструктурных блоков, характеристиками уровней информационного контура ОТС. Перечисленные исходные данные всегда конкретны, «не вписываются» в общие описательные модели. Поэтому в интересах решения ОЗ-III необходимо реализовывать

имитационные модели, в которых должно быть предусмотрено адаптированное обращение ЛПР к генератору вариантов распределения ресурсов. Далее по результатам моделирования составляются уравнения регрессии, связывающие рост (уменьшение) вероятности выполнения задачи с изменениями ЭТХ, динамикой обстановки, увеличением математического ожидания и изменением дисперсии.

Заключение

В статье предложен подход к обеспечению требуемой точности решения задач распределения ресурсов в условиях наличия ошибок в исходных данных и погрешностей вычислительных алгоритмов. В рамках теории эффективности разработанная методика относится к классу методик синтеза, учитывает погрешности численных алгоритмов и ошибки систем информационного обеспечения, является альтернативной по отношению к методикам классической оптимизации и обеспечивает гарантированное выполнение целевой задачи.

Анализ предметной области показывает, что ранее вопросы исследования целесообразности применения эвристических стохастических алгоритмов применительно к задачам распределения ресурсов не рассматривались [6, 8, 15]. Реализация разработанной методики в составе комплекса алгоритмов автоматизированных систем органов управления ОТС позволит при планировании распределения ресурсов обеспечить наращивание показателей ее эффективности за счет реконфигурации СМО ОТС.

Список литературы

1. Морз Ф., Кимбелл Д.М. Методы исследования операций / Пер. с англ. В.Я. Полетаева и К.Н. Петрова. М.: Сов. радио, 1956. 236 с.

2. Баев А.В., Самонов А.В. Комплекс программных средств разработки и верификации требований и проектных решений АСУ объектами транспортной инфраструктуры // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2019. № 3. С. 42–53.

3. Буравцев А.В., Цветков В.Я. Облачные вычисления для больших геопространственных данных // Информация и космос. 2019. № 3. С. 110–115.

4. Агафонов А.А., Юмаганов А.С. Анализ больших данных в геоинформационной задаче краткосрочного прогнозирования параметров транспортного потока на базе метода k ближайших соседей // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42. № 6. С. 1101–1111.

5. Токарев В.В., Денискина А.Р. Моделирование и оценка зрелости поставщиков на основе лучших мировых практик // Труды МАИ. 2019. № 107. С. 160–166.

6. Лысенко И.В., Юсупов Р.М. Эффективность функционирования и другие операционные свойства систем: задачи и метод оценивания // Труды СПИИРАН. 2018. № 60. С. 241–270.

7. Березин Е.А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем. М.: Советское радио, 1974. 304 с.

8. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения: монография. М.: Наука, 1987. 144 с.

9. Волков В.Ф., Жигулин Ю.А., Толмачёв А.А. Обоснование требований к параметрам информационного контура системы баллистического обеспечения применения космических систем на основе принципа двойной рандомизации // Труды Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. 2016. № 655. С. 82–87.

10. Волков В.Ф., Федер А.Л., Толмачёв А.А. Обоснование требований к информационному обеспечению автоматизированных систем специального назначения // Труды Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского. 2013. № 640. С. 182–188.

11. Павлов О.В. Динамическая оптимизация производственной деятельности предприятия с учетом эффекта кривой обучения // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2015. Т. 3. № 125. С. 88–92.

12. Иванов А.К. Оптимизация устойчивости иерархических систем управления// Автоматизация процессов управления. 2015. № 41. С. 23–33.

13. Rzevski G.A., Скобелев П.О., Боргест Н.М., Лахин О.И. Новый подход к управлению жизненным циклом изделий аэрокосмической промышленности с использованием теории сложности // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17. № 4. С. 282–287.

14. Яковлев В.А. Аутентификация ключей, распределяемых методом Диффи – Хеллмана, для мобильных устройств на основе аутентифицирующих помехоустойчивых кодов и магнитометрических данных // Труды СПИИРАН. 2019. Т. 18. № 3. С. 706–742.

15. Pavlov A. Hybrid Fuzzy-Probabilistic Approach to Supply Chain Resilience Assessment IEEE Transactions on Engineering Management. 2018. vol. 65. Iss. 2. P. 303–315.

УДК 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Гагарина Л.Г., Лупин С.С., Портнов Е.М.

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, e-mail: sergeylupin.jr@gmail.com

В настоящее время актуальной является проблема повышения эффективности принятия решений в области управления твердыми бытовыми отходами для крупных промышленных объектов и городской инфраструктуры, а прогнозирование технических, экономических и экологических рисков при реализации сценариев развития системы управления ТБО. В данной предметной области было проведено значительное количество исследований как отечественными, так и зарубежными специалистами. Однако все они носят узкоспециализированный характер, рассчитаны на определенный город или регион, слабо формализованы и в них отсутствует масштабируемость модели. Для решения поставленной задачи в статье предложена имитационная модель управления процессами утилизации ТБО для исследования и сценарной оценки эффективности стратегий обращения с ТБО, прогнозирования технико-экологического и эколого-экономического риска в средне- и долгосрочной перспективе. Имитационная модель управления ТБО включает такие уровни, как образование, сбор, вывоз и утилизацию отходов. В основе модели схема комплексного управления ТБО по критериям экологической безопасности, ресурсо- и энергосбережения, предложенная Л.Я. Шубовым. Данная схема отвечает критериям иерархии обращения с отходами и включает основные технологические решения в сфере обращения с ТБО, существующие на данное время. Входные параметры имитационной модели задают стратегию управления ТБО. Выходные параметры позволяют дать оценку эффективности стратегии. По результатам проведения имитационного моделирования была выбрана рациональная стратегия управления процессами утилизации твердых бытовых отходов.

Ключевые слова: система управления, твердые бытовые отходы, имитационное моделирование, стратегия

MODELING OF SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM

Gagarina L.G., Lupin S.S., Portnov E.M.

National Research University of Electronic Technology, Moscow, e-mail: sergeylupin.jr@gmail.com

Currently, the urgent problem is to increase the efficiency of decision-making in the field of municipal solid waste management for large industrial facilities and urban infrastructure, and the forecasting of technical, economic and environmental risks in implementing scenarios for the development of solid waste management systems. In this subject area, a significant amount of research has been conducted by both domestic and foreign experts. However, all of them are of a highly specialized nature, designed for a specific city or region, poorly formalized, and there is no scalability of the model. To solve this problem, the article proposes a simulation model for managing solid waste disposal processes for research and scenario assessment of the effectiveness of solid waste management strategies, forecasting the technical, environmental and environmental-economic risk in the medium and long term. The solid waste management model includes such levels as generation, collection, removal and disposal of waste. The model is based on the scheme of integrated MSW management according to the criteria of environmental safety, resource and energy conservation, proposed by L. Shubov. This scheme meets the criteria of the waste management hierarchy and includes the main technological solutions in the field of solid waste management that currently exist. The input parameters of the simulation model determine the strategy of solid waste management. The output parameters allow you to evaluate the effectiveness of the strategy. Based on the results of simulation, a rational strategy for the management of solid waste management was selected.

Keywords: modeling, control system, municipal solid waste, simulation modeling

В настоящее время наблюдается устойчивый рост промышленного производства, развитие транспортной и городской инфраструктуры, что в конечном итоге приводит к повышенной экологической нагрузки на окружающую среду. Одним из наиболее неблагоприятных факторов, связанных с хозяйственно-экономической деятельностью человека, является увеличение объемов производимых твердых бытовых отходов. Нерешенные к настоящему времени проблемы, связанные с утилизацией ТБО, имеют как экологические, так и экономические негативные последствия [1, 2].

Одним из способов решения данной проблемы является непрерывная информационная поддержка системы управления твердыми бытовыми отходами (ТБО), которая включает как процессы сбора и вывоза ТБО, так и процессы подготовки к использованию утильных компонентов и уничтожением или захоронением неиспользуемых фракций [3].

Цель исследования: разработка модели управления процессами утилизации твердых бытовых отходов и проведении исследований эффективности сценариев управления ТБО, которые задаются с помощью созданной имитационной модели.

Материалы и методы исследования

В работе были проанализированы основные методы и средства управления процессами сбора, транспортировки и утилизации ТБО.

На данный момент существует целый ряд программных решений для прогнозирования и оценки целесообразности мер, принятых в сфере управления сбором, транспортировкой и утилизацией ТБО [4]. В частности, Э. Антман [5] в своем исследовании рассматривает модель управления ТБО, включающую следующие этапы: транспортировка; сортировка; утилизация. Фрэймворк состоит из трех основных компонентов: БД, модуль оценки основных параметров системы и модуль оптимизации. На основе представленных характеристик проводится выполнение сценариев работы системы обращения с ТБО и оптимизация.

Одним из ключевых этапов исследования Э. Антмана является задача оптимизации. Автор выделяет девять типов ТБО, обозначаемых $i \in I = \{0,1,...,9\}$ и также характеризующихся объемом q_i. Каждый центр утилизации ТБО обозначен множествами $j \in \{0...J\}$, $k \in \{0...K\}$, $p \in \{0...P\}$ соответственно. Основная задача – определить сценарий работы системы, при котором достигается минимальная стоимость утилизации ТБО. Общая стоимость переработки ТБО рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_1 = \min(TC) = C_c + C_r + C_t + C_p + C_d + C_m - G, \quad (1)$$

$$C_r = \sum_{t \in T} \sum_{j} \sum_{i} C_{ij}^{Coll} X_{ijt}, \quad (2)$$

$$C_r = \sum_{t \in T} \sum_{k=j+1}^{22} \sum_{i} C_{ij}^{Trans} X_{ijt}, \quad (3)$$

$$C_p = \sum_{j=1}^{22} C_j^{\Pr ocs} y_j, \quad (4)$$

$$C_d = \sum_{t \in T} \sum_{l=1}^{14} \sum_{i=1}^{22} C_{jl}^{Disch} z_{jlt}, \quad (5)$$

где C_c, C_r, C_t, C_p, C_d, C_m – стоимость организации, сбора, транспортировки, обработки, утилизации и обслуживания соответственно; C_{ij}^{Coll}, C_{ij}^{Trans}, $C_{ij}^{\Pr ocs}$, C_{ij}^{Disch} – стоимость сбора, транспортировки, обработки и утилизации за единицу времени; $l \in \{0...14\}$ – тип вторичного сырья.

Основным преимуществом данного фреймворка является достаточно полное описание модели системы обращения с ТБО с учетом наиболее значимых факторов. Однако очевидным недостатком фреймворка является ограниченность его применения. Система была реализована на примере штата Флориды и схема размещения объектов утилизации и сбора жестко привязана к данному региону. Адаптация фреймворка под цели и задачи принятия решения применительно к другим регионам с совершенно другой схемой размещения объектов и плана утилизации ТБО является трудновыполнимой.

В целом все известные модели характеризуются узкой направленностью и не могут использоваться для описания абстрактного объекта [6, 7], в связи с чем в работе предложена модель, которая направлена на устранение указанных недостатков

Разработанная обобщенная процессная модель системы управления ТБО представлена на рис. 1. От источника сбора твердые бытовые отходы направляются в один из выбираемых объектов утилизации, согласно маршруту транспортировки, который задается в соответствии с условиями, поставленными пользователем перед запуском модели. Маршрут транспортировки учитывает количество объектов утилизации каждого типа и их приоритет [8].

Отвал (остаточная часть ТБО, полученная в результате сортировки грязных отходов) транспортируется либо на полигон, либо на МСЗ.

Полигон имеет ряд параметров: время жизни полигона; количество полигонов и среднее расстояние от источника сбора до полигона.

В соответствии с представленной на рис. 1 моделью ТБО транспортируется с мусороперегрузочных станций на мусоросортировочную станцию или на один из объектов утилизации. Он также включает в себя такие маршруты, описывающие дальнейшую транспортировку хвостов утилизации: с мусоросортировочной станции на полигон или МСЗ, с МСЗ на полигон.

Запуск имитационной модели системы управления ТБО осуществляется из внешнего Java-приложения [9]. Количество стратегий обращения с ТБО – *n*, задается пользователем. При запуске модели входные для нее параметры инициализируются из базы данных, либо пользователь самостоятельно задает начальные значения (осуществляется посредством интерфейса имитационной модели). Для каждого сценария вычисляется результирующий набор параметров системы: оценка нагрузки на экосистему, количество ТБО, собранных на каждом объекте утилизации, время простоев МСЗ и МС, количество собранного вторичного сырья и т.д. (наиболее подробно параметры описаны в предыдущем пункте), и экспортируется в базу данных. После прогона заданного количества сценариев на основе входных и выходных данных осуществляется поиск множества эффективных сценариев системы управления процессами жизненного цикла твердых бытовых отходов.

Также необходимо учесть то, как пользователь взаимодействует с программой. Важно принять во внимание исходные требования и постановку задачи. Для отображения доступной функциональности программы на рис. 2 представлена UML диаграмма прецедентов.

С одной стороны, диаграмма включает имитационную модель. С другой стороны диаграмма включает внешнее приложение. А прецеденты в рамках имитационной модели включают следующее:

– Запуск имитационной модели. Действие предоставляет открытие формы, запускающую имитационную модель. Также она включает в себя установки начальных параметров и скорость моделирования.

– Пауза в процессе моделировании.

– Просмотр поведения моделируемой системы, а также динамики изменения параметров модели.

Процесс имитационного моделирования направлен на решение задачи нахождения минимальной стоимости транспортировки ТБО.

Переменными величинами в данной задаче являются x_{ij}, где $i = \overline{1,...,n}$, $j = \overline{1,...,m}$ – объемы перевозок от *i*-го поставщика, в данном случае источника

ТБО, каждому *j*-му потребителю, объекту утилизации, *m* и *n* – количество МС и объектов утилизации соответственно. Эти переменные могут быть записаны в виде матрицы перевозок:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & & x_{nm} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Так как произведение $C_{ij}x_{ij}$ определяет затраты на перевозку груза от *i*-го источника ТБО *j*-му объекту утилизации, то суммарные затраты на перевозку всех грузов равны

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} C_{ij}x_{ij}. \quad (7)$$

По условию задачи требуется обеспечить минимум суммарных затрат. Следовательно, целевая функция задачи имеет вид

$$f_1(\overline{x}) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} C_{ij}x_{ij} \to \min. \quad (8)$$

Система ограничений задачи состоит из двух групп уравнений. Первая группа из *n* уравнений описывает тот факт, что запасы всех *n* МС вывозятся полностью, и имеет вид

$$\sum_{j=1}^{m} C_{ij}x_{ij} = a_i, i = \overline{1,\dots,n}. \quad (9)$$

Вторая группа из *m* уравнений выражает требование удовлетворить запросы всех *m* потребителей, т.е. объектов утилизации, полностью и имеет вид

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = b_j, i = \overline{1,\dots,m}. \quad (10)$$

Учитывая условие неотрицательности объемов перевозок, имеем

$$x_{ij} \geq 0, i = \overline{1,\dots,n}, j = \overline{1,\dots,m}. \quad (11)$$

Также необходимо принять во внимание, что количество отходов, перевозимых от сортировочной станции на МСЗ и полигон, должно быть меньше, чем количество отходов, перевозимых от мест сбора и вывоза отходов на станции сортировки:

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} - \sum_{j=1}^{m} x_{ij} \leq 0, \quad (12)$$

$$-R\sum_{k=1}^{l} x_{ij} + \sum_{j=1}^{m} x_{ij} = 0, \quad (13)$$

где *R* – процент ТБО, получаемый в результате сортировки, *l* – число МС.

Вторая целевая функция описывает экологические риски в системе управления ТБО. Множитель $E_i x_i$ определяет влияние на окружающую среду, оказываемое *i*-м объектом при утилизации отходов количеством x_i.

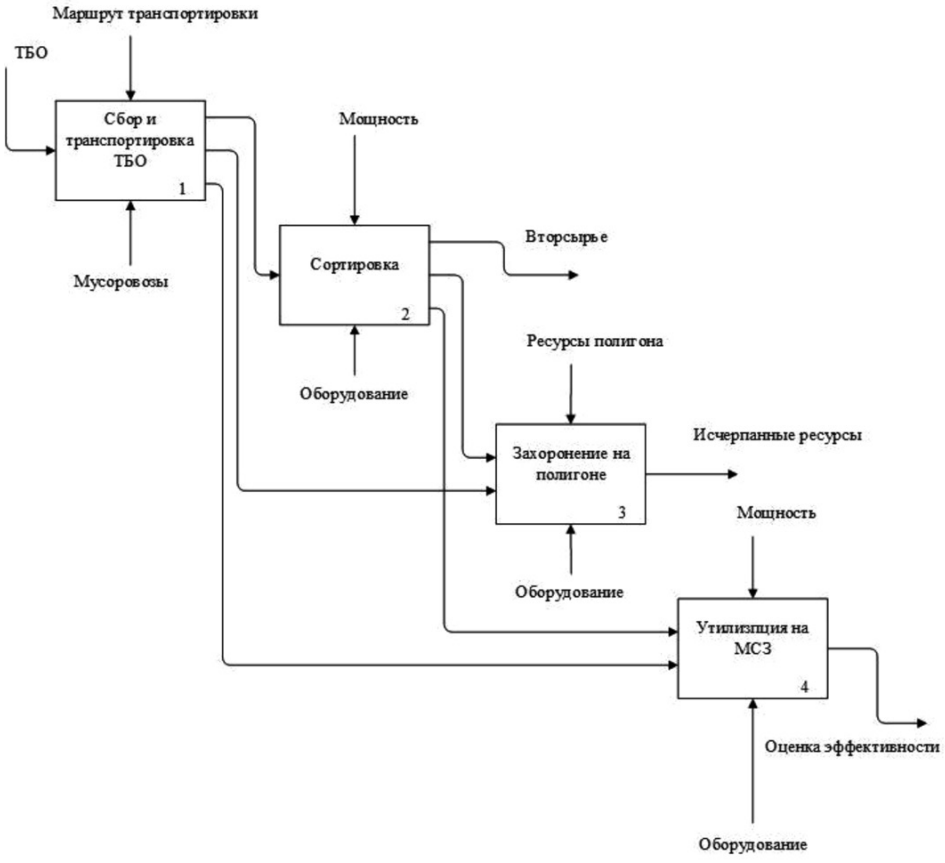


Рис. 1. Обобщенная процессная модель управления ТБО

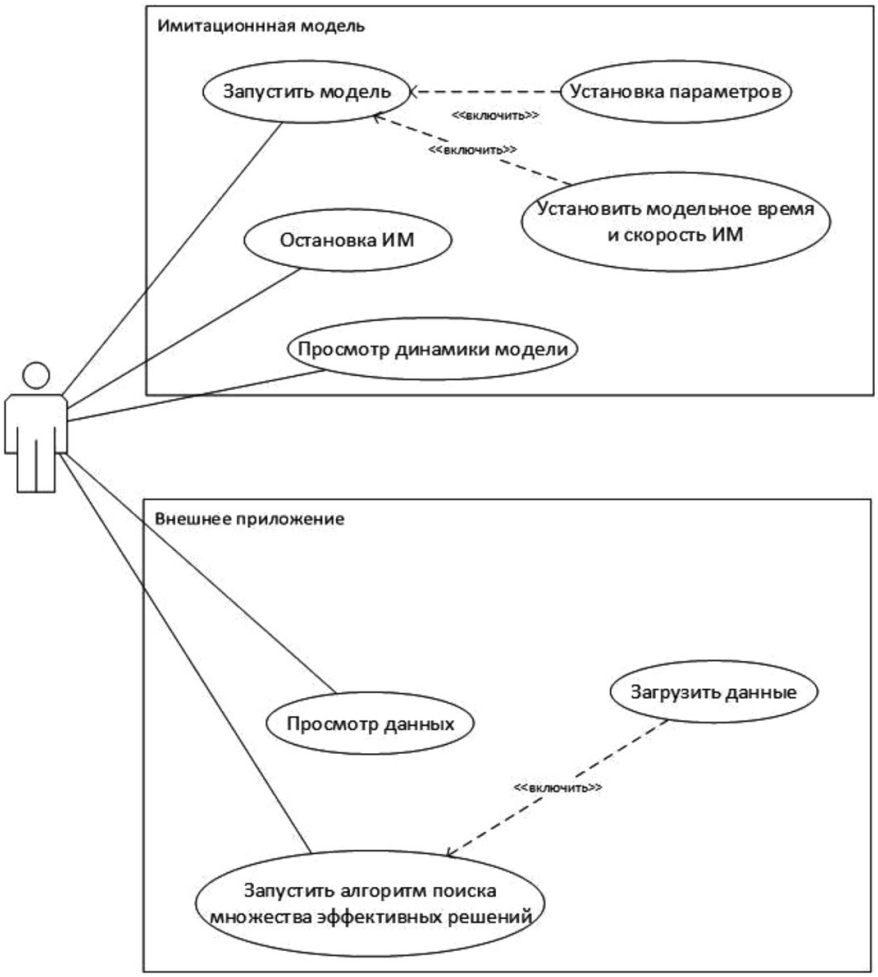


Рис. 2. UML диаграмма прецедентов

Таким образом, функция записывается следующим образом:

$$f_2\left(\bar{x}\right) = \sum_{i=1}^{m} E_i x_i \to \min. \qquad (14)$$

В итоге, совокупность свойств моделируемой системы управления ТБО описывается множеством целевых функций:

$$f\left(\bar{x}\right) = \left\{ f_1\left(\bar{x}\right), f_2\left(\bar{x}\right) \right\}, \qquad (15)$$

где $f_1\left(\bar{x}\right)$ – функция, описывающая параметры системы, формирующие общую стоимость утилизации; $f_2\left(\bar{x}\right)$ – функция, описывающая нагрузку на экосистему, вызванную объектом утилизации по сжиганию ТБО; $\bar{x} = \left\{ x_{ij} \right\}$ – заданное множество допустимых альтернатив, представленных объемом ТБО, транспортируемых от *i*-го источника отходов на *j*-й объект утилизации; $i = \overline{1,...,n}, j = \overline{1,...,m}$, *m* и *n* – количество источников и объектов утилизации соответственно.

Множество эффективных сценариев управления ТБО может быть построено в соответствии с принципом Парето.

Алгоритм определения множества Парето состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Определение текущего набора Парето-оптимальных решений: $P_f(\bar{x}) = \bar{x}$.

Шаг 2. Если $x^i \le x^j$, то шаг 3. В другом случае шаг 5.

Шаг 3. Элемент x^j исключается из $P_f(\bar{x})$.

Шаг 4. Проверить, что множество не пусто. Если это так, то следующий шаг является шагом 7. В другом случае необходимо установить $j = j + 1$ и вернуться к шагу 2.

Шаг 5. Если $x^j \le x^i$, то вернуться к шагу 4.

Шаг 6. Исключить x^i из множества $P_f(\bar{x})$.

Шаг 7. Проверить, что множество $P_f(\bar{x})$ не пусто. Если это так, то установить $i = i + 1$, а $j = j + 1$ и вернуться к шагу 2. В противном случае множество Парето построено.

Схема алгоритма поиска множества эффективных решений представлена на рис. 3.

Для реализации описанного алгоритма написаны классы Optimization и Alternative. Класс Alternative содержит такие поля, как экономические показатели и экологические показатели нагрузки на окружающую среду. В общем виде он описывает ситуацию, в исходном наборе $P_f(\bar{x})$. Класс Optimization содержит методы, которые позволяют построить множество Парето.

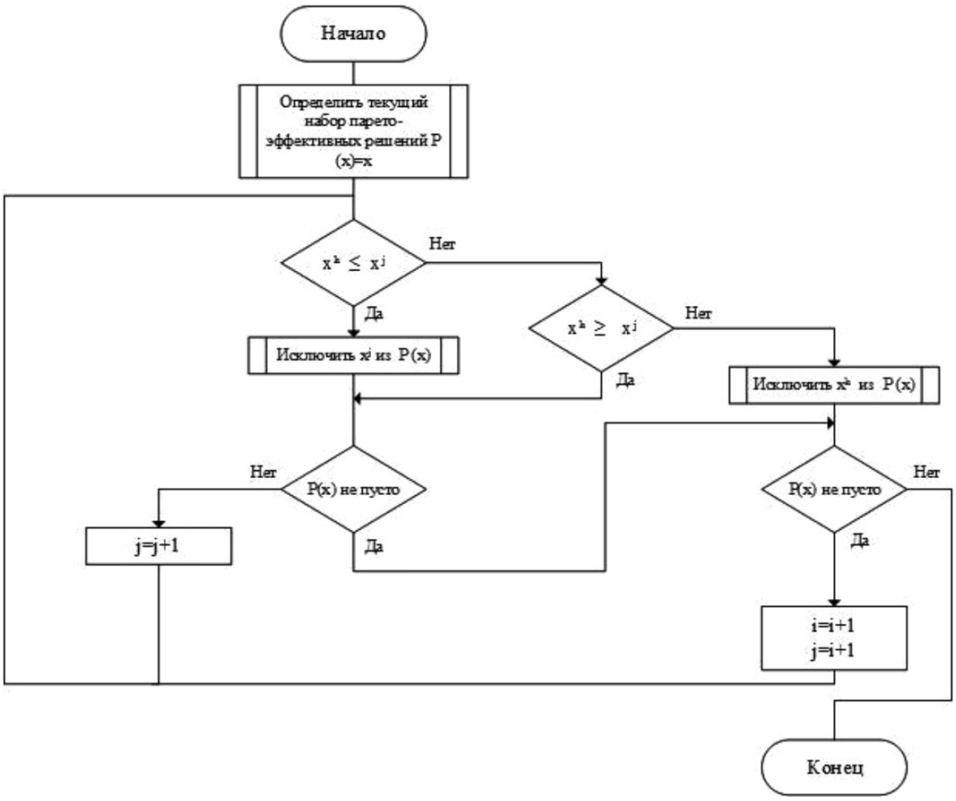


Рис. 3. Схема алгоритма поиска множества эффективных решений

Результаты исследования и их обсуждение

Для верификации алгоритмов системы поддержки принятия решений были рассмотрены три различные стратегии управления ТБО.

Первая стратегия предусматривает сжигание большей части образуемых отходов. Данная стратегия рассматривалась как один из путей утилизации ТБО в сфере обращения с ТБО в Москве. Однако было обосновано, что сжигание всей образующейся массы неподготовленных отходов представляет собой самый затратный и экологически опасный вариант технологического решения [10].

Вторая стратегия представляет собой комплексный подход к утилизации отходов. В качестве вторичных материальных ресурсов в Европе используют 40–65 % ТБО, сжигают с утилизацией энергии 23–35 % ТБО, захоранивают в среднем 10–15 % ТБО [11].

Третья стратегия описывает систему управления ТБО, существующую в России на нынешний день в Москве и Московской области. На данный момент 80 % ТБО вывозится на полигоны захоронения, а остальная часть либо сжигается, либо отправляется на «ручную сортировку».

Результаты экспериментов представлены в таблице.

Во всех стратегиях мощность объектов утилизации была задана одной и той же. Экономические затраты и экологические риски, необходимые на транспортировку и утилизацию ТБО, рассчитывались с использованием статистических данных. Экономические риски учитывали большой объем обедненных кислородом отходящих газов (5–6 тыс. $м^3$ на 1 т сжигаемых отходов); дымовые газы содержат всего 8 % кислорода и более 10 % углекислого газа. На основе полученных данных было установлено, что эффективной стратегией, безусловно, является вторая стратегия управления ТБО.

Выводы

В работе предложена модель системы управления процессами утилизации твердых бытовых отходов, которая включает следующие основные компоненты: место сбора и вывоза ТБО; транспортное средство (ТС), осуществляющее вывоз ТБО; мусоросжигающий завод; полигон захоронения ТБО; мусорная станция; место обслуживания ТС.

Результаты имитационного моделирования системы управления ТБО

Параметры	Первая стратегия			Вторая стратегия			Третья стратегия		
	МСЗ	МС	Полигон	МСЗ	МС	Полигон	МСЗ	МС	Полигон
Распределение потока ТБО	0,8	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,8
Автоматизированная сортировка	+			+			–		
Селективный сбор	+			+			–		
Мощность объекта утилизации *, т/год	80000	50000	15 лет	80000	5000	15 лет	80000	50000	15 лет
Время простоев, дней	11	291	–	91	119	–	267	305	–
Расстояние до объекта утилизации, км	–	–	50	–	–	50	–	–	50
Стоимость сбора, вывоза и утилизации ТБО, руб.	105 млн			60 млн			232 млн		
Объем дымовых газов, м^3	13x10^9			6x10^8			18x10^6		

Процесс верификации модели и алгоритмов системы поддержки принятия решений для управления ТБО подтвердил достоверность полученных результатов. Уровень статистической значимости результатов принят 0,05. Эффективность разработанной модели подтверждена серией вычислительных экспериментов с широким спектром входных параметров, инициализируемых на основе статистических данных, собранных на примере реальных систем, действующих в мире. Исследована эффективность сценариев управления ТБО на основе трех основных стратегий обращения с ТБО.

Данная работа может быть продолжена в следующих направлениях:

– Уровень сбора ТБО в имитационной модели может быть расширен путем добавления мусороперегрузочных станций и контейнеров;

– Экологические риски захоронения ТБО и сжигания ТБО могут быть дополнены. Следует рассмотреть также морфологический состав отходов.

– Точность пробега транспортных средств можно повысить путем разработки модели, соответствующей карте местности.

Работа выполнена в рамках финансирования РФФИ (номер договора 18-07-00079\19).

Список литературы

1. Еремина М.Г., Савиных В.В. Управление системой обращения с твердыми бытовыми отходами в регионе // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 1 (59). С. 225–233.

2. Талаева О.В. Оптимизация системы обращения с ТКО на территории городских поселений // Наука без границ. 2019. № 9 (37). С. 45–50.

3. Лупин С.С. Проблемы информационной поддержки систем управления утилизацией отходов предприятия // Научное обеспечение технического и технологического прогресса: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (08 ноября 2018 г.). Стерлитамак: АМИ, 2018. 101 с. С. 34–36.

4. Cremiato R., Mastellone M.L., Tagliaferri C., Zaccariello L., Lettieri P. Environmental impact of municipal solid waste management using Life Cycle Assessment: The effect of anaerobic digestion, materials recovery and secondary fuels production. Renewable Energy. 2018. T. 124. P. 180–188.

5. Antmann E.D., Celik N., Shi X., Dai Y. Simulation-based optimization of solid waste management and recycling programs. IIE Annual Conference. Proceedings. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE). 2012. P. 759–768.

6. Карабалаева С.Б. The problem of municipal solid waste emissions into the environment and the ways oh the legal regulation by the example of Japan // Известия ВУЗов (Кыргызстан). 2014. № 11. С. 189–191.

7. Xu F., Li Y., Wang Z.W., Tang L. Mathematical modeling of solid-state anaerobic digestion system for bioenergy production and waste management. American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2014, ASABE 2014 2014. P. 3910–3922.

8. Гагарина Л.Г., Лупин С.С. Классификация промышленных отходов как основа инфологической модели системы управления их переработкой и утилизацией // Известия тульского государственного университета: Технические науки. Выпуск 12. Тула: Издательство ТулГУ, 2018. 611 с. С. 300–307.

9. Гагарина Л.Г., Кавтарадзе Д.Н., Дорогов В.Г., Дорогова Е.Г., Коробкин М.Н. Моделирование процесса принятия решений // Твердые бытовые отходы. 2013. № 1. С. 38–40.

10. Алексашина В.В., Карташова К.К. Проблемы твердых бытовых отходов (ТБО) в мегаполисе (на примере Москвы) // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 4. С. 59–67.

11. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Юдин А.Г., Гречишкин В.С. Принципы Zero Waste: Современное прочтение // Твердые бытовые отходы. 2013. № 6 (84). С. 8–13.

УДК 004.94

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ЯЗЫКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ О МЕСТНОСТИ В ИНТЕРЕСАХ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ АВТОМАТИЗАЦИИ

Галанкин А.В., Негодин Д.В.

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, e-mail: Biruk98@gmail.com

В современных условиях существует большое количество разнообразных информационных технологий выполнения специальных функций, предназначенных для решения как специализированных задач, так и задач общего назначения. Большинство из них не учитывают в качестве исходных данных результаты моделирования с использованием специального программного обеспечения, что существенно ограничивает их использования для обработки данных, связанных с функционированием сложных систем различного назначения. Актуальность данного материала обусловлена необходимостью автоматизации обработки цифровой информации о местности за счет проектирования и дальнейшей разработки трехуровневого языка моделирования функционирования сложных систем. Первый уровень представляет собой разработку модели функционирования сложной системы при помощи выбранного математического аппарата, в качестве которого выбраны М-сети, относящиеся к классу семантических сетей и представляющие собой формализованный способ описания ситуации. Второй уровень реализует разработанную модель при помощи специального программного обеспечения в специализированной среде моделирования с учетом возможностей объектного программирования, а третий уровень, выраженный специальным программным обеспечением обработки пространственно-временных данных, визуализирует конечный результат удобным для пользователя образом. Совокупность вышеобозначенных уровней позволяет предложить технологию разработки трехуровневого языка моделирования функционирования сложных систем.

Ключевые слова: сложные системы, язык моделирования, цифровая информация о местности

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF THE LANGUAGE OF MODELING THE FUNCTIONING OF COMPLEX SYSTEMS USING DIGITAL INFORMATION ON LOCATION IN THE INTERESTS OF INCREASING THE LEVEL OF AUTOMATION

Galankin A.V., Negodin D.V.

Military Space Academy, St. Petersburg, e-mail: Biruk98@gmail.com

In modern conditions, there is a large variety of information technologies to perform special functions designed to solve both specialized tasks and General purpose. Most of them do not take into account as initial data the results of modeling using special software, which significantly limits their use for data processing related to the functioning of complex systems for various purposes. The relevance of this material is due to the need to automate the processing of digital information about the terrain through the design and further development of a three-level language for modeling the functioning of complex systems. The first level is the development of a model of functioning of a complex system with the help of the selected mathematical apparatus, which is selected as M-networks belonging to the class of semantic networks and representing a formalized way to describe the situation. The second level implements the developed model with the help of special software in a specialized modeling environment, taking into account the capabilities of object programming, and the third level, expressed by special software for processing spatio-temporal data, visualizes the end result in a user-friendly way. The combination of the above levels allows us to propose a technology for the development of a three-level language for modeling the functioning of complex systems.

Keywords: complex systems, modeling language, digital terrain information

Основной проблемой при работе со сложными системами (СС) является их рациональное использование, т.е. эффективное управление СС. Под сложными системами будем понимать системы, характеризующиеся множеством возможных состояний, каждое из которых описывается набором значений ее конкретных параметров [1–3].

Повышение эффективности реализации процессов управления СС и необходимость обработки больших объемов данных требует широкого внедрения специализированных систем управления и применения современных средств обработки и анализа информации. В качестве подобных разработок могут применяться географические информационные системы.

Географическая информационная система – это система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информацией о необходимых объектах [4, 5].

Одно из основных направлений применений геоинформационных систем – это решение информационно-расчетных задач, использующих в качестве исход-

ных данных пространственно-координатную информацию.

Под информационно-расчетными задачами имеются в виду задачи, для решения которых необходимо применять данные, получаемые с использованием векторной графики («двумерные» карты), а также применяя матрицу высот цифровых карт местности («псевдотрехмерные» карты).

Второе направление внедрения цифровых карт – оперативное отображение обстановки – берет свое начало в военном деле, но нашло применение не только там.

Такое свойство системы, как оперативность, имеет значение при условии когда время на принятие решение ограничено, и ответственному за принятие решения лицу необходима автоматизации определенных действий для получения данных, на основе которых вышеобозначенное решение и будет приниматься.

С постоянно меняющейся обстановкой связано и третье направление использования цифровых карт. Речь идет об издании обычных бумажных карт. До сих пор подготовка к изданию даже не очень сложной карты была делом весьма трудоемким. Наличие цифровой карты делает этот процесс почти автоматическим.

В настоящее время геоинформационным системам не хватает универсального инструментария, позволяющего использовать геоинформационные данные в полном объеме их возможностей. Проблема заключается в обработке и включении в систему различной по своему характеру и источнику создания информации. Проявляется несовершенство географических информационных систем, заключающееся в недостаточном наборе инструментариев для моделирования и анализа пространственной информации.

Объекты, входящие в географические информационные системы, имеют, как правило, помимо геодезических данных, еще и технологические характеристики, представляемые в виде разнообразных баз данных. Но помимо этих справочных характеристик необходима дополнительная информация, связанная с типом представления картографической информации, с технологическими расчетами и с включением в информационную систему технической документации.

Цель исследования: разработать технологию разработки языка моделирования функционирования сложных систем.

Для успешного решения обозначенных задач необходимо научно-теоретическое и программное обеспечение, позволяющее на основе географических информационных систем создать единую информационную среду, включающую в себя как стандартные функции географических информационных систем, так и технологические, связанные с системами автоматизированного проектирования и современными методами получения данных, то есть необходима разработка языка моделирования функционирования сложных систем с использованием цифровой информации о местности (ЯМ).

Рассмотрим основные понятия, необходимые для формализации задачи разработки инструментария моделирования СС. Будем исходить из предположения, что процесс применения СС развивается на временном интервале $[t_0, t_1]$.

Предметная область (ПрО) данной задачи задается выражением $M^{\text{по}} = \{S, R\}$, где $S = \{S_i\}$, $i = 1(1)I$ – множество объектов ПО, $R = \{r_j\}$, $J = 1(1)J$ – множество отношений между выделенными объектами. Каждому объекту ПрО S_i из множества объектов ПрО S соответствует кортеж

$$s_i = <Q^i, V^i, W^i>,$$

где Q^i – имя (идентификатор) i-го объекта;
$V^i(t) = \{v_n^i(t)\}$, $n = l(1)N^i$ – множество параметров, характеризующих состояние i-го объекта в момент времени t;
$W^i(t, t') = \{w_m^i(t, t')\}$, $m = 1(1)M^i$ – множество показателей, описывающих изменение состояния i-го объекта на интервале $[t, t']$.
Объекты ПО могут быть трех типов:
α – объекты типа «воинское формирование» (ВФ);
β – объекты местности;
γ – объекты типа «климатические и метеоусловия».

Для каждого типа объектов необходимо описание множества параметров и множество показателей.

Таким образом,

$$s_i = <Q^i_\varphi, V^i_\varphi, W^i_\varphi>,$$

φ – тип объекта (α, β, γ).

Считается, что вектор параметров $V(t_0)$ задан и описывает состояние объектов ПрО на начало интервала планирования t_0, а вектор показателей $W(t_0, t_1)$, описывающий изменение состояния объектов ПрО на всем интервале планирования $[t_0, t_1]$, рассчитывается в органе управления по известному вектору $V(t_0)$ на этапе оценки обстановки.

Предположим, что к началу интервала планирования t_0 известен план действий рассматриваемой СС π^s. Тогда в ходе этапа выработки вариантов решений на применение СС на основании проведенного прогноза изменения обстановки на территории заданного района действий и поступившего в орган управления плана π^s необходимо

сформировать некоторое множество альтернативных планов применения СС $P = \{\pi_k\}$, $k = 1(1)K$, удовлетворяющих условию допустимости $P = \{\pi_k \mid W(\pi_k)\ \varepsilon\ W^\circ, k = 1(1)K\}$.

Содержательно данное условие определяет требование принадлежности значений компонент вектора показателей $W(\pi_k)$, характеризующих план π_k, к некоторой допустимой области значений W°.

На заключительном этапе лицом, принимающим решение, осуществляется выбор из множества сформированных альтернативных планов действий $P = \{\pi_k\}$ некоторого рационального плана действий π^*, наилучшего в смысле системы предпочтений ЛПР $\Lambda(W)$.

Формализация применения СС позволяет сделать следующий вывод: инструментарий для моделирования применения СС должен реализовывать отображение

$$F^\circ: \{[t_0, t_1], V(t_o), W(t_o, t_1), W^0, \Lambda(W), \pi^s, P,\} \dashrightarrow \pi^*,$$

где $[t_0, t_1]$ – интервал планирования;
$V(t_0)$ – параметры состояния объектов предметной области на момент t_0;
$W(t_o, t_1)$ – показатели изменения состояния объектов предметной области на интервале $[t_o, t_1]$;
W° – область допустимых значений показателей;
$\Lambda(W)$ – система предпочтений ЛПР в пространстве показателей плана действий;
π^s – план действий рассматриваемого ВФ;
P – множество допустимых планов действий;
π^* – искомый рациональный план действий.

Каждый язык моделирования должен отражать определенную структуру понятий для описания широкого класса явлений. Выбрав для решения задачи моделирования процесса функционирования системы конкретный язык, исследователь получает в распоряжение тщательно разработанную систему абстракций, предоставляющих ему основу для формализации процесса функционирования исследуемой системы [1, 2].

В целях соблюдения основных вышеуказанных моментов язык моделирования необходимо разбить на уровни. Согласно [1, 2], существует три главных уровня автоматизированных систем управления, на которых принимаются решения: внешний, концептуальный и внутренний. Каждый из них предназначен для различных групп пользователей и описывает систему на различных уровнях абстрагирования. На каждом уровне обеспечивается совместимый с ее описанием рабочий язык для сбора, обработки и хранения информации в системе.

Пользователь на внешнем уровне видит только относящееся к нему подмножество полной системы, обычно модифицируемое с целью отражения его собственного взгляда на вещи. Это – персонализированный уровень системы, он наиболее подходит для лиц, принимающих решения.

Концептуальный уровень содержит единое, полное описание системы и подчеркивает ее семантику, полноту и непротиворечивость. На этом уровне однозначно называются множества данных, строится исчерпывающий справочник данных, разрешаются противоречия имен и проводится сравнение алгебраических правил отклонений для обеспечения непротиворечивости и исключения избыточности. Работа на концептуальном уровне требует системного подхода для установления связей между полной моделью и внешними пользователями, для разрешения противоречий и обнаружения ошибок (непротиворечивость), для запоминания и обеспечения всей необходимой информацией всех узаконенных пользователей (полнота).

Внутренний уровень имеет дело с проблемами эффективности и реализации. На этом уровне выбираются структуры данных, решается физическое размещение данных, разрабатываются и реализуются алгоритмы [2].

Таким образом, первый уровень ЯМ – пользовательский: при помощи средств визуального моделирования пользователь ставить задачу на подложке из цифровой карты местности, т.е. уровень представления поставленной задачи с помощью условных знаков и обозначений операторами автоматизированных рабочих мест.

Второй уровень ЯМ это перевод данных из поставленной пользователем визуализированной задачи в термины непосредственно самого ЯМ, т.е. конвертация задачи, поставленной в терминах условных знаков и обозначений, в термины ЯМ с возможностью представления поставленной задачи в виде отображения совокупности графических нотаций элементов ЯМ, описывающих ее по правилам применения этих элементов.

И третий – представление поставленной задачи моделирования в виде, удобном для дальнейшего просчета ЭВМ исследуемой ситуации с помощью выбранного математического аппарата.

Первый уровень ЯМ наиболее понятен – это использование привычных условных знаков и обозначений в рассматриваемой конкретной области знаний и оперирование ими определенным образом на трехмерной электронной карте.

А вот второй и третий уровни ЯМ требуют подробного раскрытия.

Для полного описания второго уровня необходим теоретический аппарат языка, а именно, элементы, словарь, графические нотации элементов и правила использования элементов ЯМ.

Согласно [2], концепцию взаимосвязей элементов языка как сложной системы (архитектуру ЯМ), а следовательно, и технологию перехода от моделируемой системы к ее машинной модели можно представить следующим образом:

1) объекты моделирования описываются (отображаются в языке) с помощью некоторых атрибутов языка;

2) атрибуты взаимодействуют с процессами, адекватными реально протекающим явлениям в моделируемой системе;

3) процессы требуют конкретных условий, определяющих логическую основу и последовательность взаимодействия этих процессов во времени;

4) условия влияют на события, имеющие место внутри объекта моделирования и при взаимодействии с внешней средой;

5) события изменяют состояния модели системы М в пространстве и во времени.

Наиболее современным подходом к разработке программного обеспечения является объектно-ориентированный. А так как конечной целью проектирования и разработки ЯМ является его программная реализация, то сам процесс моделирования следует осуществлять в объектно-ориентированных терминах.

Правила применения элементов ЯМ – это правила разработки графических представлений исследуемой ситуации при помощи элементов ЯМ. Они могут и должны формулироваться проектировщиками и разработчиками, знающими специфические особенности определенной области знаний.

Для полного описания третьего уровня необходим математический аппарат языка. С этой целью выбраны М-сети, относящиеся к классу семантических сетей и представляющие собой формализованный способ описания ситуации.

М-сети представляют собой разновидность семантических сетей, состоящую из множества узлов и связей между ними. «Изюминкой» подобных сетей является числовая характеристика узла, которая изменяет свое значение под влиянием воздействия связей, повышающих или понижающих ее определенным образом [6].

Два основных элемента М-сетей – это узлы, называемые *i*-моделями, и связи. Узлы М-сети есть формальные элементы, которым может быть поставлено в соответствие определенное понятие, н-р, обеспеченность системы определенного вида ресурсом. С функциональной точки зрения *i*-модель есть набор некоторых операторов или алгоритмов переработки информации. Таким образом, любое глобальное понятие (сущность, процесс, модель) можно детализировать до необходимой степени.

Основная числовая характеристика *i*-модели – возбужденность Π (или, как было описано выше, активность). Возбужденность *i*-модели *j* в дискретный момент *t* будем обозначать Π^t_j Возбуждение по направленным связям передается от одних *i*-моделей к другим через возбуждающие или тормозящие связи.

Связь же характеризуется упорядоченным набором параметров R, называемым проходимостью связи, и задается вектором $R_{ij} = < r_{ij}, \tilde{r}_{ij}, r_{(0)ij}, \tilde{r}_{(0)ij}$, где r_{ij} и $\tilde{r}_{ij}$ – усиливающий и тормозной компоненты проходимости связи, $r_{(0)ij}$ и $\tilde{r}_{(0)ij}$ – остаточные составляющие этих компонент, при помощи которых организована долговременная память связей – своеобразный архив или «память».

Если классифицировать М-сети по влиянию извне, то можно выделить внутренние и граничные *i*-модели. Граничные *i*-модели делятся на рецепторные и модели действий (результирующие *i*-модели) [6].

Таким образом, М-сеть μ можно описать следующим образом:

$$\mu = <P, S, R, F, C, I>,$$

где *P* – множество *i*-моделей; *S* – множество связей между *i*-моделями; *R* – группа характеристик самообучения; *F* – группа характеристик самоорганизации; *C* – начальное распределение проходимостей связей; *I* – начальное распределение возбуждений *i*-моделей.

За счет изменений характеристик связей, передающих изменение узлам М-сети, становится возможным реализовать процессы самообучения и самоорганизации, которые могут приводить к образованию *i*-моделей «второго слоя», то есть ансамблей из исходных *i*-моделей, которые в свою очередь, могут образовывать ансамбли «третьего слоя» и т.д. Ансамбли такого рода можно рассматривать как новые функциональные элементы М-сети, а процесс их образования – как процесс формирования новых сложных понятий на базе имевшихся ранее.

В связи с тем, что практика разработки завершенных версий программных продуктов является достаточно сложной и трудоемкой задачей для демонстрации пригодности и эффективности предлагаемого подхода моделирования функционирования сложных систем, был разработан макет специализированного моделирующего комплекса.

Для оценки вклада в повышение оперативности принятия решения было рассмотрено три варианта решения задачи:

1) с использованием макета специализированного моделирующего комплекса;

2) с использованием электронной топографической карты и пакета прикладных программ;

3) с использованием экспертной оценки на основе топографической карты района применения.

Полученные данные позволили сделать вывод о том, что применение моделирующего комплекса на примере макета по сравнению с традиционными вариантами, использующими топографические карты местности, позволяет повысить оперативность нанесения текущей обстановки в районе применения в 1,6–1,8 раза, оперативность проведения оперативно-тактических расчетов – в 2–2,25 раза, оперативность оформления решения лицом, принимающим решение – в 1,5–1,7 раза, а также увеличить количество предлагаемых решений. Результаты работы апробированы в ходе проведения тактико-специальных учений и в учебном процессе ВКА имени А.Ф. Можайского.

Заключение

Таким образом, предложена технология разработки трехуровневого языка моделирования функционирования сложных систем. Первый уровень представляет собой разработку модели функционирования сложной системы при помощи выбранного математического аппарата, второй – реализацию разработанной модели при помощи специального программного обеспечения в специализированной среде моделирования с учетом возможностей объектного программирования, а третий уровень, выраженный специальным программным обеспечением обработки пространственно-временных данных, визуализирует конечный результат удобным для пользователя образом.

Список литературы

1. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Издательство Юрайт, 2015. 449 с.

2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учебник для академического бакалавриата. 7-е изд. М.: Издательство Юрайт, 2014. 343 с.

3. Волков В.Ф., Галанкин А.В., Федер А.Л. Общая характеристика процесса автоматизированного управления сложными организационно-техническими системами специального назначения Воздушно-космических сил // Наукоемкие технологии в комических исследованиях Земли. 2015. Т. 7. № 6. С. 50–54.

4. Капралов Е.Г., Тикунов В.С., Кошкарев А.В. Геоинформатика. Учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Академия, 2010. 400 с.

5. Миронов А.В. Аспекты применения геоинформационных систем в военном деле // Проблемы безопасности российского общества. 2011. № 1. С. 74–79.

6. Николенко С.И., Кадурин А.А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. СПб.: Питер, 2018. 480 с.

УДК 620.165.29

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ВЕЩЕСТВА С ЛОКАЛЬНОЙ НЕГЕРМЕТИЧНОСТЬЮ ПРИ БОЛЬШИХ ЧИСЛАХ КНУДСЕНА

Добролюбов А.Н., Лебедев А.С.

Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, e-mail: vka@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы исследования взаимодействия дисперсного индикатора – мелкодисперсного вещества – с локальной негерметичностью при больших числах Кнудсена в целях решения задач локализации течей герметичных отсеков ракетно-космической техники в условиях вакуума. Рассматривается связанное мелкодисперсное вещество – волокнистый чувствительный элемент, представляющий собой пучок органических волокон, способных реагировать на истекающий через локальную негерметичность поток газа. Представлена математическая модель взаимодействия молекулярного пучка с волокнистым чувствительным элементом. Поставлена и решена задача о взаимодействии молекулярного потока, истекающего из негерметичности, с волокнистым чувствительным элементом. Описана технология проведения экспериментальных исследований в целях подтверждения введенных теоретических положений. Приведены результаты экспериментально-теоретических исследований взаимодействия мелкодисперсного вещества – волокнистого чувствительного элемента – с локальной негерметичностью при больших числах Кнудсена, подтверждающие возможность его применения в целях локализации течей герметичных отсеков ракетно-космической техники. Показано, что характер изменения зависимости отклонения волокнистого чувствительного элемента от количественных характеристик течи различен для трёх условных областей диапазонов значений, что связано с конкретными условиями проведения экспериментальных исследований, а именно с вариантом размещения и крепления дисперсного индикатора. Подтверждено, что полученные в рамках данной работы результаты исследований могут быть использованы в существующих системах контроля герметичности герметичных отсеков ракетно-космической техники для обнаружения мест негерметичностей в условиях вакуума при наземных испытаниях и штатной эксплуатации.

Ключевые слова: контроль герметичности, герметичный отсек, ракетно-космическая техника, локализация течей, дисперсный индикатор, мелкодисперсное вещество, молекулярный поток

THE INTERACTION OF FINE-DISPERSED SUBSTANCE WITH A LOCAL LEAKAGE AT HIGH KNUDSEN NUMBERS

Dobrolyubov A.N., Lebedev A.S.

Mozhaisky Military Space Academy, Saint-Petersburg, e-mail: vka@mail.ru

The article deals with the study of the interaction of a dispersed indicator-a fine substance – with local leaks at large Knudsen numbers in order to solve the problems of localization of leaks of sealed compartments of rocket and space technology in vacuum conditions. We consider a bound fine substance-a fibrous sensing element, which is a bundle of organic fibers capable of reacting to a gas flow flowing through a local leak. A mathematical model of the interaction of a molecular beam with a fibrous sensing element is presented. The problem of interaction of a molecular stream flowing from a leak with a fibrous sensing element is posed and solved. The technology of experimental research in order to confirm the introduced theoretical provisions is described. The results of experimental and theoretical studies of the interaction of a fine substance-a fibrous sensing element – with a local leak at high Knudsen numbers are presented, confirming the possibility of its application in order to localize leaks in sealed compartments of rocket and space technology. It is shown that the character changes based on deviations of the fibrous sensitive element from the quantitative characteristics of the leak is different for the three conventional areas of the value ranges that is related to specific conditions of experimental research, namely the accommodation and mounting dispersion of the indicator. It is confirmed that the research results obtained in the framework of this work can be used in existing systems of tightness control of sealed compartments of rocket and space technology to detect places of leaks in vacuum conditions during ground tests and regular operation.

Keywords: leak control, pressurized compartment, rocket and space technology, leak localization, disperse indicator, fine matter, molecular flow

Продолжительный опыт эксплуатации отечественной ракетно-космической техники (РКТ) свидетельствует о наличии проблемы нарушения герметичности её элементов на различных этапах жизненного цикла [1, 2].

В настоящее время орбитальные средства оснащаются системами контроля герметичности, однако ни в одной из данных систем не предусмотрена функция определения места негерметичности в целях её оперативной ликвидации [3].

Ключевым вопросом в рамках данной проблемы является выбор методов и средств локализации течей, применимых в условиях вакуума на этапе наземных испытаний и при штатной эксплуатации.

Цель исследования: изучение взаимодействия дисперсного индикатора – мелкодисперсного вещества – с локальной

негерметичностью при больших числах Кнудсена для решения задач локализации течей герметичных отсеков ракетно-космической техники в условиях вакуума.

Материалы и методы исследования

Одним из реализуемых на практике методов контроля герметичности герметичных отсеков (ГО) РКТ в условиях вакуума является метод с использованием дисперсного индикатора – мелкодисперсного вещества.

При взаимодействии истекающего через течь газа с пробным мелкодисперсным веществом нарушается поле его распределения, что может регистрироваться соответствующими средствами [4]. В настоящей работе рассматривается связанное мелкодисперсное вещество – волокнистый чувствительный элемент (ВЧЭ). ВЧЭ представляет собой пучок органических волокон, способных реагировать на истекающий через локальную негерметичность поток газа. Процессы взаимодействия ВЧЭ и несвязанного мелкодисперсного вещества с течью происходят по одним и тем же закономерностям.

При больших числах Кнудсена ($Kn \to \infty$) реализуется свободномолекулярное течение и в общем случае описывается уравнениями Больцмана. Рассмотрим стационарное истечение газа из прямоугольного отверстия со сторонами $2a \geq 2b$ в вакуум, когда размеры отверстия много меньше размера емкости и длин свободных пробегов молекул и распределение молекул по скоростям описывается максвелловской функцией.

После интегрирования функции распределения по пространству скоростей газодинамические параметры в безразмерном виде вдоль оси симметрии с началом координат в центре отверстия описываются следующими соотношениями [5]:

плотность

$$\overline{\rho} = \frac{1}{\pi} arctg\left(\frac{\alpha}{\overline{x}\sqrt{\overline{x}^2 + \alpha^2 + 1}}\right),$$

плотность тока

$$\overline{\rho}\overline{u} = \frac{1}{\sqrt{\overline{x}^2+1}}\left(1 - \frac{2}{\pi} arctg\sqrt{\frac{\overline{x}^2+1}{\alpha^2}}\right) + \\ + \frac{\alpha}{\sqrt{\overline{x}^2+\alpha^2}}\left(1 - \frac{2}{\pi} arctg\sqrt{\overline{x}^2+\alpha^2}\right), \qquad (1)$$

скорость

$$\overline{u} = \frac{\overline{\rho}\overline{u}}{4\overline{\rho}},$$

скоростной напор

$$\overline{\rho}\overline{u}^2 = \frac{(\overline{\rho}\overline{u})^2}{\overline{\rho}},$$

где $\overline{x} = x / a$, $\alpha = b/a$.

Обезразмеривание осуществлялось следующим образом:

$$\overline{\rho} = \frac{\rho}{\rho_0}, \quad \overline{\rho}\overline{u} = \frac{\rho u}{\rho_0\sqrt{\frac{RT_0}{2\pi}}}, \quad \overline{u} = \frac{u}{\sqrt{\frac{8}{\pi}RT_0}}, \quad \overline{\rho}\overline{u}^2 = \frac{\rho u^2}{\frac{RT_0}{2\pi}}.$$

На рис. 1 представлены распределения газодинамических параметров вдоль оси симметрии для отверстия квадратного сечения α = 1.

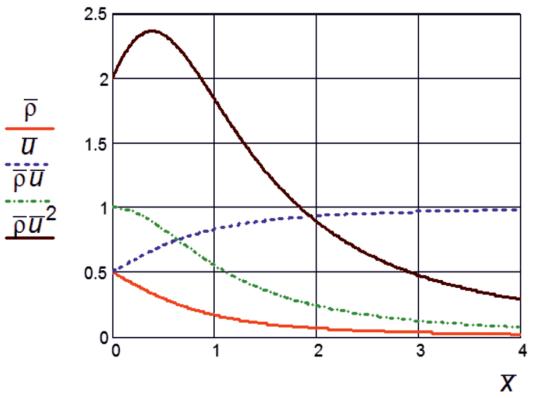


Рис. 1. Распределения газодинамических параметров вдоль оси симметрии для отверстия квадратного сечения α = 1

Построим математическую модель взаимодействия молекулярного пучка с дисперсным индикатором. Схема задачи показана на рис. 2.

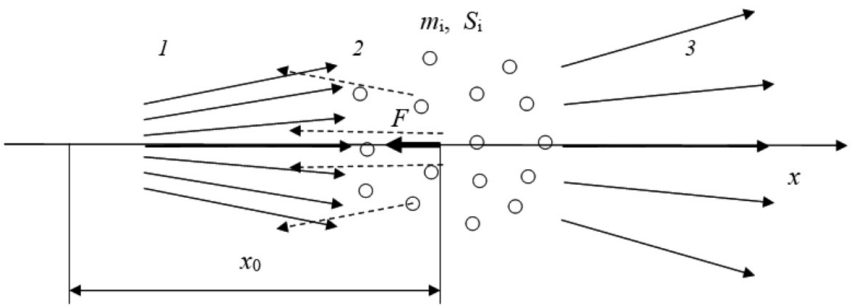


Рис. 2. Схема задачи построения математической модели взаимодействия молекулярного пучка с дисперсным индикатором

Пусть дисперсный индикатор массой m_i и площадью миделя S_i в начальный момент времени находится на расстоянии x_0 от начала координат (центра отверстия) в вакууме. В момент времени $t > 0$ вследствие возникновения негерметичности на него начинает воздействовать молекулярный поток с параметрами (1), рассчитанными при $\overline{x} = \overline{x}_0$. При этом часть молекул, пересекающих сечение с площадью миделя индикатора отразится с ненулевой осевой проекцией скорости в обратном направлении, а некоторый поток молекул пролетит насквозь.

Составим уравнение сохранения количества движения молекулярного потока и дисперсного индикатора:

$$m_i \Delta v_i + (1-W)\rho u S_i \left[(1+\varsigma)u - v_i\right] \cdot \Delta t = F \Delta t, \qquad (2)$$

где m_i, S_i – масса индикатора и площадь его миделя; Δv_i – изменение скорости индикатора за элементарный промежуток времени Δt; F – внешняя сила, действующая на индикатор (например, сила тяжести или сила сопротивления при закреплении); ς – коэффициент восстановления при ударе молекул по поверхности дисперсной частицы; W – вероятность того, что молекула, траектория которой пересекает дисперсный индикатор, не отразится, а пролетит его насквозь.

Величина W называется вероятностью прохождения или коэффициентом Клаузинга. Для простых геометрических форм, таких как цилиндрический канал, диффузор, конфузор и др. коэффициент Клаузинга может быть определен теоретически [5]. Для сложных геометрических форм и дисперсных образований, к которым относится рассматриваемый индикатор, W целесообразно определять экспериментально.

Разделим (2) на Δt и устремим к нулю $\Delta t \to 0$, получим дифференциальное уравнение

$$m_i \frac{dv_i}{dt} + (1-W)\rho u S_i \left[(1+\varsigma)u - v_i\right] = F_i, \qquad (3)$$

позволяющее совместно с (1) описать динамику взаимодействия дисперсного индикатора с молекулярным потоком.

Рассмотрим задачу о взаимодействии молекулярного потока, истекающего из негерметичности с координатами (x_0, 0) с дисперсным индикатором, подвешенным на нити с распределенной нагрузкой $q = mg$ (m – масса единицы длины нити, g – ускорение свободного падения) с начальным положением (0, 0) (рис. 3).

Уравнения равновесия нити в плоскости имеют вид [6]:

$$\frac{d}{dl}\left(Q_1 \frac{dx}{dl}\right) = 0, \qquad (4)$$

$$\frac{d}{dl}\left(Q_1 \frac{dy}{dl}\right) + q = 0,$$

где L – длина нити, Q_1 – сила ее натяжения, $q = mg$ – распределенная нагрузка от веса нити.

Перейдем к безразмерным переменным $de = dl/l$, $\overline{Q}_1 = Q_1 / mgl$, $\overline{q} = q / mg$, $\overline{x} = x / l$, $\overline{y} = y / l$ имеем

$$\frac{d}{d\varepsilon}\left(\overline{Q}_1 \frac{d\overline{x}}{d\varepsilon}\right) = 0, \qquad (5)$$

$$\frac{d}{d\varepsilon}\left(\overline{Q}_1 \frac{d\overline{y}}{d\varepsilon}\right) - 1 = 0.$$

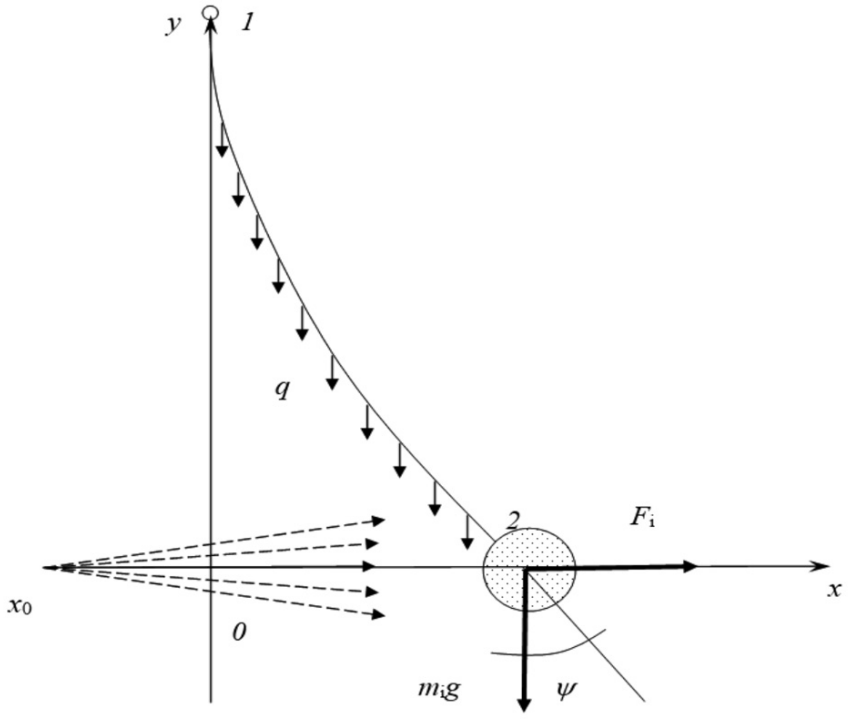


Рис. 3. Схема задачи взаимодействия молекулярного потока, истекающего из негерметичности, с дисперсным индикатором, подвешенным на нити

Интегрируя (5) и опуская промежуточные выкладки [6], получим уравнение формы нити:

$$y = C_1 ch\left(\frac{x}{C_1} + C_2\right) + C_3. \quad (6)$$

Для определения неизвестных C_1, C_2 и C_3 необходимы дополнительные условия. Таковыми в соответствии с условиями задачи являются:

координата узла подвеса

$$y_1 = C_1 ch\left(\frac{x_1}{C_1} + C_2\right) + C_3, \quad (7)$$

длина нити

$$l = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\, dx \Rightarrow l =$$

$$= C_1 \left[sh\left(\frac{x_2}{C_1} + C_2\right) - sh\left(\frac{x_1}{C_1} + C_2\right)\right],$$

натяжение нити в узле подвеса

$$Q_1 = \sqrt{F^2 + \left(1 + \frac{m_i}{ml}\right)^2}, \quad (8)$$

$$Q_1 = C_1 ch\left(\frac{x_1}{C_1} + C_2\right),$$

условие равновесия относительно узла подвеса

$$F_i \cos\psi = \frac{1}{2}\sin\psi, \;\; x_2 = l \cdot \sin\psi. \quad (9)$$

Система (6)–(9) совместно с (3) дает решение поставленной задачи.

Теоретические исследования, проведенные с использованием современных высокоэффективных численных методов, показывают достаточно высокую эффективность рассматриваемого метода контроля герметичности. Однако некоторые допущения, положенные в основу разработанных математических моделей, требовали экспериментального подтверждения полученных результатов по адекватности реальным физическим процессам.

Результаты исследования и их обсуждение

В целях проведения экспериментальных исследований создан специальный стенд на базе стационарной вакуумной установки СМ 297М, дополнительно оборудованной электромеханическим манипулятором МЭМ-5С с синхронно следящей связью и системой управляющей и контрольно-измерительной аппаратуры.

Для проведения экспериментальных исследований в барокамеру установки СМ 297М помещался имитатор ГО с течью. На поперечную балку, расположенную внутри барокамеры, подвешивалась гибкая лавсановая нить длиной L = 0,57 м и погонной массой m = 30 мг с закреплённым на ней ВЧЭ. Барокамера откачивалась до давления $(1{,}0\ldots1{,}2)\cdot10^{-5}$ мм рт. ст. В процессе проведения эксперимента проводился замер суммарного натекания в барокамеру, по величине которого были рассчитаны количественные характеристики течи. Одновременно с помощью катетометра КМ-8 через смотровое окно барокамеры производилось визуальное наблюдение за поведением ВЧЭ и осуществлялись замеры отклонения элемента от контрольной точки. Все данные и результаты документировались, после чего изменялись количественные характеристики течи путём изменения давления на входе в имитатор герметичного отсека, и измерения повторялись. В последующем гибкая нить с элементом удалялась с помощью манипулятора МЭМ-5С от течи в горизонтальном и вертикальном направлениях на фиксированное расстояние и производились вышеперечисленные замеры количественных характеристик течи и отклонения волокнистого чувствительного элемента.

Результаты исследования взаимодействия мелкодисперсного вещества с локальной негерметичностью при больших числах Кнудсена представлены на рис. 4.

На рис. 4 фигурами (кружками и треугольниками) представлены результаты опытных замеров. Сплошными линиями показаны результаты теоретических расчетов. Там же показано, что характер изменения зависимости отклонения ВЧЭ от количественных характеристик течи различен для трёх условных областей диапазонов значений. Это связано с конкретными условиями проведения экспериментальных исследований, а именно с вариантом размещения и крепления дисперсного индикатора.

Для диапазона количественных характеристик течей ($4{,}45 \le Q \le 11{,}11$ л мкм рт. ст/с), лежащих в области *I*, нить можно представить в виде балки с односторонней заделкой, которая при взаимодействии молекулярного пучка с дисперсным индикатором изгибается на расстояния, соизмеримые с её поперечным размером. В этом случае необходимо учитывать влияние сил упругости, возникающих при изгибе нити, на процесс отклонения индикатора от контрольной точки.

Для диапазона количественных характеристик течей ($Q \ge 13{,}33$ л мкм рт. ст/с), лежащих в области *III* нить с ВЧЭ представляется в виде абсолютно гибкого маятника и отклоняется на расстояния, несоизмеримо большие, чем её поперечные размеры. В этом случае действие сил тяжести превосходит действие сил упругости и, соответственно, изменение зависимости отклонения ВЧЭ от количественных характеристик течей имеет иной характер.

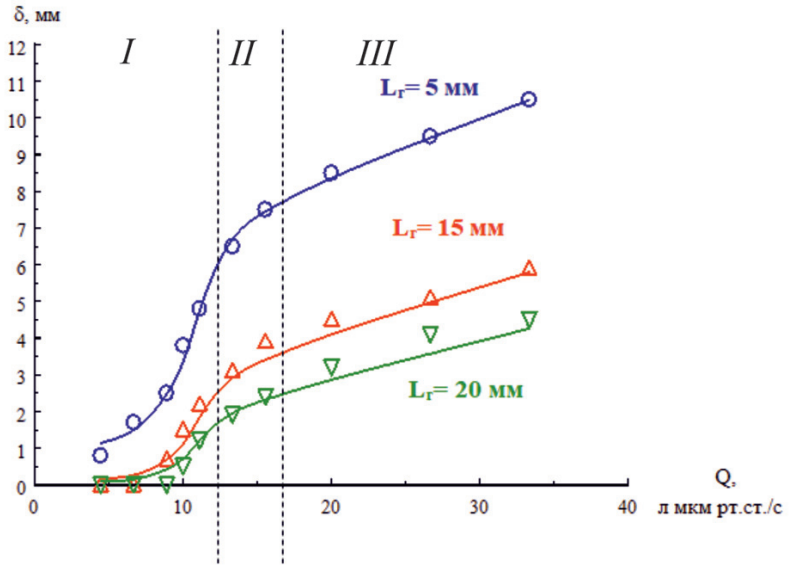


Рис. 4. Зависимость отклонения ВЧЭ от количественных характеристик течи

Существует также некая промежуточная область значений (область *II*) ($11{,}11 \le Q \le 13{,}33$ л мкм рт. ст/с), при которой происходит процесс перехода от одной модели к другой.

В связи с тем, что при моделировании процесса взаимодействия молекулярного пучка с ВЧЭ были применены две различные модели, для построения графических зависимостей был использован робастный метод сглаживания данных (робастная локально-взвешенная регрессия), позволяющий обеспечить более полную картину связи между переменными Q и δ.

Выводы

1. Исследование взаимодействия ВЧЭ с локальной негерметичностью при больших числах Кнудсена показало возможность его применения в целях локализации течей ГО РКТ.

2. Полученные результаты могут быть использованы в существующих системах контроля герметичности ГО РКТ для обнаружения мест негерметичностей в условиях вакуума при наземных испытаниях и штатной эксплуатации.

Список литературы

1. Александров А.А. Путь к звездам. Из истории советской космонавтики. М.: Вече, 2011. 99 с.

2. Нештатные ситуации на Международной космической станции // TASS.RU: ежедн. интернет-изд. 2019. 24 авг. [Электронный ресурс]. URL: https://tass.ru/info/6794868 (дата обращения: 24.11.2019).

3. Алексашов В.Ю., Алексеев К.В., Добролюбов А.Н., Лебедев А.С., Лебедев Е.Л., Садин Д.В. Новые решения задачи контроля герметичности орбитальных средств // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2014. Вып. 644. С. 124–129.

4. Алексашов В.Ю., Алексеев К.В., Варварский В.М., Лебедев Е.Л., Садин Д.В. Предельно автомодельное движение твердой частицы в свободномолекулярном потоке газа, истекающего из отверстия // Прикладная механика и техническая физика. 2012. Т. 53. № 6. С. 41–48.

5. Кошмаров Ю.А., Рыжов Ю.А. Прикладная динамика разреженного газа. М.: Машиностроение, 1977. 184 с.

6. Светлицкий В.А. Механика гибких стержней и нитей. М.: Машиностроение, 1978. 222 с.

УДК 621.941-229.2:62-553:519.87

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГИДРОСУППОРТА СТАНКА С БЕЗЫНЕРЦИОННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

[1]Кадыров И.Ш., [2]Давлятов У.Р., [1]Турусбеков Б.С.

[1]КНАУ им. К.И. Скрябина, Бишкек, e-mail: bgtu_kg@mail.com, tbs200618@gmail.com;
[2]КГТУ им. И. Раззакова, Бишкек, e-mail: uluk-2000@mail.ru

В статье обоснована актуальность исследований объекта управления, имеющего безынерционный регулятор расхода, поступающего в рабочую полость цилиндра гидросуппорта. Отмечено, что улучшения технико-экономических показателей и расширения функциональных возможностей гидропривода на современном этапе развития можно добиться в основном за счет улучшения систем его управления, что обеспечивает широкие возможности качественного перевооружения промышленности, быстрой переналадки производства при высоком уровне автоматизации. Рассмотрены уравнения объекта гидросуппорта, безынерционного регулятора расхода, общее дифференциальное уравнение автоматической системы, характеристическое уравнение переходного процесса, решение дифференциального уравнения объекта без регулятора, установившееся значение регулируемой величины, полное решение дифференциального уравнения автоматической системы – объект + регулятор, неустойчивая система с безынерционным регулятором. Построены кривые случая мгновенного скачкообразного воздействия на систему, переходных процессов гидросуппорта с регулятором и без нее. Представлены материалы по разработке математической модели гидросуппорта станка с безынерционным регулятором. Проведена сравнительная оценка их статических и динамических характеристик, в результате чего доказано, что присоединение к объекту регулятора является важным при применении их в управлении технологическими процессами металлорежущих станков различного назначения. Выведенные математические модели позволяют производить расчеты по определению параметров для проектирования и создания автоматических систем управления режимами работ не только токарного станка, но и других станков при их модернизации и создании нового оборудования.

Ключевые слова: безынерционный регулятор, гидросуппорт, гидроавтоматика, токарный станок, дифференциальное уравнение, переходный процесс, динамика и статика

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF A HYDRAULIC SUPPORT FOR A MACHINE WITH AN INSERVIOUS CONTROLLER

[1]Kadyrov I.Sh., [2]Davlyatov U.R., [1]Turusbekov B.S.

[1]KNAU named after K.I. Scryabin, Bishkek, e-mail: bgtu_kg@mail.com, tbs200618@gmail.com;
[2]KSTU I. Razzakov, Bishkek, e-mail: uluk-2000@mail.ru

The article substantiates the relevance of research of the control object, which has an inertialess flow regulator entering the working cavity of the hydraulic support cylinder. It was noted that improving technical and economic indicators and expanding the hydraulic drive's functional capabilities at the present stage of development can be achieved mainly by improving its control systems, which provides wide opportunities for high-quality re-equipment of the industry, quick readjustment of production with a high level of automation. The equations of the hydrosupport object, the inertialess flow controller, the general differential equation of the automatic system, the characteristic equation of the transition process, the solution of the differential equation of the object without the controller, the steady-state value of the controlled variable, the complete solution of the differential equation of the automatic system – the object + controller, an unstable system with the inertialess controller are considered. The curves of the case of instantaneous spasmodic effects on the system, transient hydraulic support with and without a regulator are constructed. Materials are presented on the development of a mathematical model of the hydraulic support of the machine with an inertia-free controller. A comparative assessment of their static and dynamic characteristics has been carried out, which has been proved that attaching a regulator to an object is important when using them in the control of technological processes of metal cutting machines for various purposes. The derived mathematical models allow calculations to be made to determine the parameters for the design and creation of automatic control systems for the operating modes of not only a lathe, but also other machines during their modernization and the creation of new equipment.

Keywords: inertialess controller, hydraulic support, hydraulic, lathe, differential equation, transient, dynamics and statics

В современном машиностроительном производстве вопросы комплексной автоматизации технологических процессов невозможно решить в полной мере, если для технологических установок не обеспечены такие технические параметры, как надёжность, долговечность и производительность. Перечисленные выше параметры в значительной степени определяются динамическими качествами системы гидроприводов отдельных механизмов каждого технологического узла металлорежущих станков. Улучшения технико-экономических показателей и расширения функциональных возможностей гидропривода на современном этапе развития можно добиться в основном за счет улучшения систем его управления. Важнейшим требованием к замкнутым системам управления является возможность гибкой настройки их параметров, а также быстрого программирования и перепрограммирования алгоритмов управления гидроприводов в зависимости от конкретных эксплуатационных условий.

Такой подход обеспечивает широкие возможности качественного перевооружения промышленности, быстрой переналадки производства при высоком уровне автоматизации, повышает производительность труда за счет снижения продолжительности производственного цикла, снижает потребность в квалифицированных рабочих вследствие сокращения ручных операций, то есть ориентирован на комплексную автоматизацию единичного и серийного производства при минимальном участии человека в этом процессе.

Технический уровень и эксплуатационные показатели современной автоматизированной машины однозначно определяются параметрами и характеристиками его привода, который является энергетической основой всех технологических и производственных процессов.

Наиболее полно эти требования можно выполнить только за счет применения автоматических систем стабилизации сил резания, т.е. поддерживать силы резания на постоянном уровне при любых проявлениях возмущающего воздействия, за счет которого одновременно повышается надежность функционирования оборудования станков и инструментов [1, 2].

К известным возмущающим воздействиям сил резания при любом виде механической обработки в ходе изготовления детали относятся те возмущения, которые постоянно присутствуют по следующим причинам: изменения припуска и твердости материала по длине обработки детали, износа инструмента, температурных деформаций, что в конечном итоге технологическая система подвергается различным упругим деформациям, приводящим к появлению погрешностей обработки детали.

Возникает необходимость в применении к объекту регулирования, в данном случае автоматического регулятора, состоящая из следующих элементов: информационного устройства – датчика, измеряющего силу резания и преобразующего ее в электрический сигнал, сравнивающего элемента – сумматора, на вход которого поступают сигнал с выхода датчика и задающий сигнал с выхода программного устройства, выходной сигнал сумматора, являющийся сигналом рассогласования, усиливается по мощности усилителем, а также регулятора, оказывающего воздействие на объект регулирования, в данном случае – гидросуппорт подачи инструмента.

В связи с этим определенный интерес представляет теоретическое исследование объекта управления, имеющего безынерционный регулятор расхода, поступающего в рабочую полость цилиндра гидросуппорта.

При построении систем автоматического управления нагрузка на валу рабочего органа, как правило, считается заданной (расчетной) и постоянной. Пределы ее изменения определяются параметрами и производственными характеристиками самой машины. Для обеспечения надёжности и долговечности машины максимальная нагрузка должна быть ограничена допустимыми значениями момента, усилия и ускорения, развиваемой валом рабочего органа.

В замкнутой системе автоматического управления в формировании управляющего воздействия участвуют две информации: заданная и текущая. Текущая информация измеряется с помощью датчика регулируемого параметра и преобразуется им в электрический сигнал. Этот сигнал подается на вход управляющего устройства в качестве сигнала обратной связи.

Для исследования процессов, происходящих в системах автоматического управления, необходимо написать общее дифференциальное уравнение всей системы. При прочих равных условиях составление адекватного уравнения возможно только в том случае, если установлены взаимосвязи между входными и выходными параметрами каждого из элементов системы как в статическом, так и в динамическом режиме.

Дифференциальное уравнение объекта регулирования, работающего с малыми отклонениями от рабочей точки, целесообразно представлять от полных величин переменных S, Q, к отклонениям ΔS, ΔQ.

Тогда уравнение объекта гидросуппорта представляется в виде

$$T_0 \frac{d\Delta S}{dt} + \Delta S = K_0 \Delta Q + f(t), \qquad (1)$$

где T_0 – постоянная времени, характеризующая инерционность гидросуппорта; $K_0 = 1/F$ – коэффициент усиления объекта; $f(t)$ – возмущающее воздействие.

Уравнение безынерционного регулятора расхода:

$$\Delta Q = -K_{\text{рег}} \cdot \Delta S, \qquad (2)$$

где $K_{\text{рег}}$ – коэффициент усиления регулятора, равен произведению всех коэффициентов усиления его элементов.

Тогда общее дифференциальное уравнение автоматической системы можно записать в виде

$$T_0 \frac{d\Delta S}{dt} + (1 + K_0 K_{\text{рег}}) \Delta S = f(t). \qquad (3)$$

Как известно, процесс регулирования подачи инструмента состоит из двух частей: переходного процесса $\Delta S_{\text{пер}}(t)$ и установившегося процесса $\Delta S_{\text{уст}}(t)$.

$$\Delta S = \Delta S_{\text{пер}} + \Delta S_{\text{уст}}. \quad (4)$$

Переходной процесс математически является общим решением дифференциального уравнения (2) при $f(t) = 0$.

$$T_0 \frac{d\Delta S_{\text{пер}}}{dt} + (1 + K_0 K_{\text{рег}})\Delta S_{\text{пер}} = 0. \quad (5)$$

Характеристическое уравнение для (5) имеет вид: $T_0 p(1 + K_0 K_{\text{рег}}) = 0$.

Его корень равен $p = -(1 + K_0 K_{\text{рег}})/T_0$.

С учетом полученного корня характеристического уравнения переходная составляющая общего интеграла, как решение однородного уравнения равна [2–4]:

$$\Delta S_{\text{пер}} = Ce^{-t(1+K_0 K_{\text{рег}})/T_0}, \quad (6)$$

где C – произвольная постоянная, определяемая из заданных начальных условий.

Кривая переходного процесса (5) для положительного значения $C > 0$ показана на рис. 1.

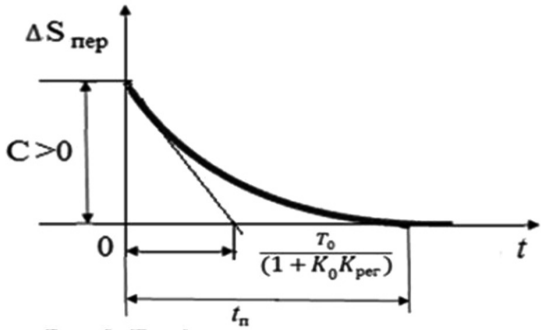


Рис. 1. График переходного процесса при C > 0 объекта с регулятором

Для сравнительной оценки переходных процессов гидросуппорта с безынерционным регулятором и без него, необходимо решить дифференциальное уравнение объекта без регулятора.

$$T_0 \frac{d\Delta S}{dt} + \Delta S = f(t). \quad (7)$$

Его характеристическое уравнение будет

$$T_0 p + 1 = 0; \; p = -1/T_0. \quad (8)$$

Переходной процесс объекта без регулятора $\Delta S_{\text{пер}} = C_{\text{общ}} e^{-t/T_0}$, где $C_{\text{общ}} = \Delta U_{\text{пер}}$.

Кривая переходного процесса объекта без регулятора представлена на рис. 2.

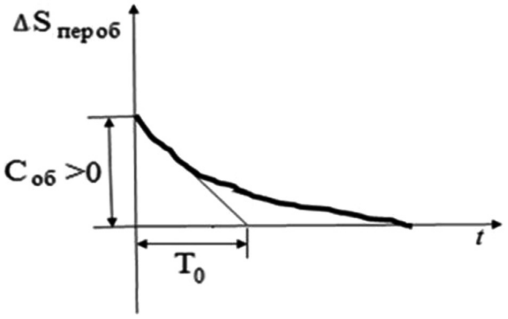


Рис. 2. График переходного процесса объекта без регулятора

Сравнивая переходные процессы объекта с регулятором (рис. 1) и без него (рис. 2), видим, что: $T_0/(1 + K_0 K_{\text{рег}}) < T_0$.

Отсюда вывод, что длительность переходного процесса объекта с безынерционным регулятором в $(1 + K_0 K_{\text{рег}})$ раз меньше, чем у объекта без регулятора, то есть

$$t_{\text{п}} = 3T_0/(1 + K_0 K_{\text{рег}}). \quad (9)$$

Установившийся процесс зависит, как было отмечено выше, от конкретного значения возмущающегося воздействия $f(t)$.

Рассмотрим случай мгновенного скачкообразного воздействия на систему $f(t) = \text{const} = f_0$. График воздействия представлен на рис. 3.

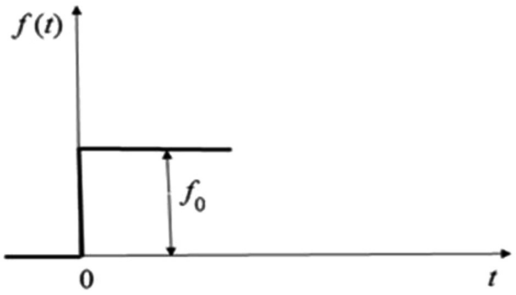


Рис. 3. Возмущающее воздействие на объект в виде f_0 = const

В этом случае установившееся значение регулируемой величины определяется из уравнения (3), когда $d\Delta S/dt = 0$ [2, 3]:

$$\Delta S_{\text{уст}} = f_0/(1 + K_0 K_{\text{рег}}). \quad (10)$$

Из формулы (10) видно, что для уменьшения автоматической ошибки регулирования надо брать по возможности большее значение коэффициента регулирования.

Объект без регулятора будет иметь установившееся значение:

$$\Delta S_{\text{уст об}} = f_0. \quad (11)$$

Сравнение формул (10) и (11) позволяет сделать вывод, что присоединение к объекту безынерционного регулятора уменьшает статическую ошибку в $(1 + K_0K_{рег})$ раз.

Обычно по технологическим требованиям на проектирование автоматических систем всегда задается наибольшая возможная статическая ошибка регулирования при реальных возможных значениях f_0, и из этого условия определяется коэффициент усиления $K_{рег}$.

Полное решение дифференциального уравнения автоматической системы – объект + регулятор складывается из общего и частного решений уравнения (3) [4, 5]:

$$\Delta S = Ce^{-t(1+K_0K_{рег})/T_0} + \frac{f_0}{1+K_0K_{рег}}. \quad (12)$$

Постоянное интегрирование находится из начальных условий: при $t = 0$; $\Delta S = 0$.

Из (12) находим: $C = -f_0/(1+K_0K_{рег})$.

Таким образом, процесс регулирования будет осуществляться по следующему закону:

$$\Delta S = \frac{f_0}{1+K_0K_{рег}}\left(1-e^{-t(1+K_0K_{рег})/T_0}\right). \quad (13)$$

Объект без регулятора при тех же начальных условий будет иметь следующее решение:

$$\Delta S = f_0\left(1-e^{-t/T_0}\right). \quad (14)$$

На рис. 4 показаны переходные процессы гидросуппорта с регулятором и без него, наглядно демонстрирующие эффективность объекта с регулятором.

Следует отметить, что объекты с безынерционным регулятором и без него работают устойчиво, то есть переходные процессы являются затухающими, поскольку в левой части дифференциального уравнения коэффициенты при переменных постоянны и имеют положительный знак, а также корни характеристического уравнения являются действительными и отрицательными.

Более подробно исследуем устойчивость системы регулирования.

Система регулирования с затухающим процессом (рис. 4) называется устойчивой и в данном случае система регулирования будет устойчивой при любых значениях параметров объекта и регулятора, так как показатель степени e является отрицательным при любых значениях коэффициентов усиления системы (положительные числа).

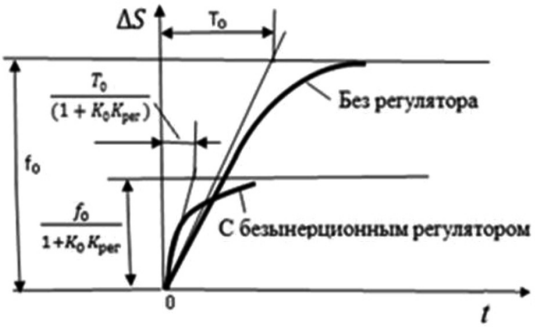


Рис. 4. Переходные процессы объекта с безынерционным регулятором и без него

Следует отметить, что правильное присоединение регулятора к объекту означает правые части уравнения регулятора и регулирующего объекта имели бы противоположные знаки при всех положительных коэффициентах обоих уравнений. Физически это значит, что регулятор при этом дает такое направление воздействия на объект, которое действительно направлено на уничтожение создавшегося отклонения регулируемой величины, или можно сказать иначе, что правильное присоединение регулятора в общем случае (при любых знаках коэффициентов в уравнении объекта) будут такими, которые делают положительными все коэффициенты левой части уравнения динамики системы регулирования в целом.

Рассмотрим случай, когда может получиться неустойчивая система с безынерционным регулятором – это случай регулирования неустойчивого объекта

$$T_0\frac{d\Delta S}{dt} - \Delta S = k_0\Delta Q + f(t). \quad (15)$$

Тогда уравнение системы будет

$$T_0\frac{d\Delta S}{dt} + (1 + k_0k_{рег} - 1)\Delta S = f(t). \quad (16)$$

Корень характеристического уравнения при этом

$$p = \frac{-(k_0k_{рег} - 1)}{T_0}, \quad (17)$$

и система будет устойчивой только в случае $k_0k_{рег} > 1$.

Следовательно, с помощью безынерционного автоматического регулятора неустойчивый объект можно сделать устойчивым.

Выводы

1. Рассмотрены общее дифференциальное уравнение автоматической системы

и дифференциальное уравнение объекта без регулятора.

2. Показано, что длительность переходного процесса объекта с безынерционным регулятором в $(1 + K_0K_р)$ раз меньше по сравнению, когда объект без регулятора, что наглядно видно из графиков (рис. 4).

3. На рис. 4 показаны переходные процессы гидросуппорта с регулятором и без него, наглядно демонстрирующие эффективность объекта с регулятором. Объекты с безынерционным регулятором и без него работают устойчиво, то есть переходные процессы являются затухающими.

Список литературы

1. Муслимов А.П., Васильев В.Б. Автоматизация технологических процессов в машиностроении. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2018. 221 с.

2. Ившин В.П., Петрухин М.Ю. Современная автоматика в системе управления технологическими процессами. М.: НИЦИНФРА-М, 2013. 400 с.

3. Музылева И.В. Элементарная теория линейных систем в задачах и упражнениях: учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2017. 428 с.

4. Горбина Н.Н., Солопова А. С. Теория автоматического управления: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа. 2010. 201 с.

5. Башта Т.М. Гидравлические следящие приводы. Киев: Машгиз, 1990. 398 с.

УДК 681.516.72

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННЫМИ КОЛОННАМИ К-1 И К-2 В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗОПРЕНА

[1,2]Кривошеев В.П., [1]Филимонцев Е.А., [1]Ефимов И.М.

[1]ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: Krivosheev.vp@dvfu.ru;

[2]ФГАОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Владивосток, e-mail: vladimir.krivosheev@vvsu.ru

Приведено содержание этапов разработки системы оптимального управления блоком ректификационных колонн К-1 и К-2 в производстве изопрена, обеспечивающей минимизацию энергетических затрат на процесс ректификации в этих колоннах. Статическая оптимизация процесса выполнена с использованием поэтапного декомпозиционного метода. Структурный синтез системы оптимального управления выполнен на основе оптимальных статических режимов. Параметрический синтез содержит моделирование переходных функций передачи воздействий по выбранным каналам в программной среде Unisim Design, определение передаточных функций компенсаторов в комбинированных системах, выбор закона регулирования и определение значений настроечных параметров для стабилизирующих регуляторов и регуляторов соотношения расходов. В программной среде Unisim Design смоделирован переходной процесс в системе оптимального управления по каналу: расход сырья в головную колонну К-1-температура на контрольной тарелке колонны К-2 и определены значения показателей его качества. Для улучшения качества переходного процесса выполнялось имитационное моделирование при варьировании параметров передаточных функций компенсаторов и настроечных параметров для регуляторов. Достигнуто высокое качество переходного процесса. Оценкой времени на выполнение синтеза системы оптимального управления блоком ректификационных колонн К-1 и К-2 установлена целесообразность использования программного продукта Unisim Design для синтеза систем управления процессом ректификации.

Ключевые слова: система управления, изопрен, ректификация, моделирование, оптимизация

SYNTHESIS OF A RECTIFICATION COLUMN CONTROL SYSTEM K-1 AND K-2 IN THE PRODUCTION OF ISOPRENE

[1,2]Krivosheev V.P., [1]Filimontsev E.A., [1]Efimov I.M.

[1]Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education, Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: Krivosheev.vp@dvfu.ru;

[2]Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education, Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: vladimir.krivosheev@vvsu.ru

The content of the stages of development of the optimal control system for the rectification column block K-1 and K-2 in the production of isoprene, which minimizes the energy costs of the rectification process in these columns, is given. Static process optimization was performed using a phased decomposition method. The structural synthesis of the optimal control system is based on optimal static modes. Parametric synthesis includes modeling the transition functions of the transmission of effects over selected channels in the Unisim Design software environment, determining the transfer functions of compensators in combined systems, choosing a control law, and determining the values of tuning parameters for stabilizing regulators and flow ratio regulators. In the Unisim Design software environment, a transient was simulated in an optimal channel control system: the feed rate to the K-1 head column on the control plate of the K-2 column and the values of its quality indicators were determined. To improve the quality of the transition process, simulation was performed with varying parameters of the transfer functions of the compensators and tuning parameters for the regulators. A high-quality transition process has been achieved. Evaluation of the time to complete the synthesis of the optimal control system for the rectification column – block K-1 and K-2 established the feasibility of using the Unisim Design software product for the synthesis of distillation process control systems.

Keywords: control system, rectification, modeling, optimization, isoprene

Ректификация является одним из самых распространённых процессов химической технологии. Энергетические затраты на процесс ректификации составляют наибольшую долю в общих энергетических затратах на процессы химической технологии.

Этим обусловлен интерес к исследованию динамики процесса ректификации с целью энергосбережения [1] и созданию систем управления этим процессом [2].

В качестве объекта управления выбран блок колонн К-1 и К-2 в производстве изопрена [3, 4]. Технологическая схема ректификационной установки приведена на рис. 1. Питающая смесь – фракция углеводородов C_5 пиролиза (поток F) поступает в колонну К-1, в которой происходит отделение низкокипящих компонентов фракции (поток D1). Целевым потоком, содержащим изопрен, является поток кубовой жидкости (W1). После нагрева до температуры кипения поток W1 поступает в колонну К-2, где происходит отделение высококипящих компонентов (поток W2). Фракция, содержащая изопрен, отбирается в виде дистиллята (поток D2). Процесс осуществляется при технологических параметрах, приведённых для базового режима, в табл. 1.

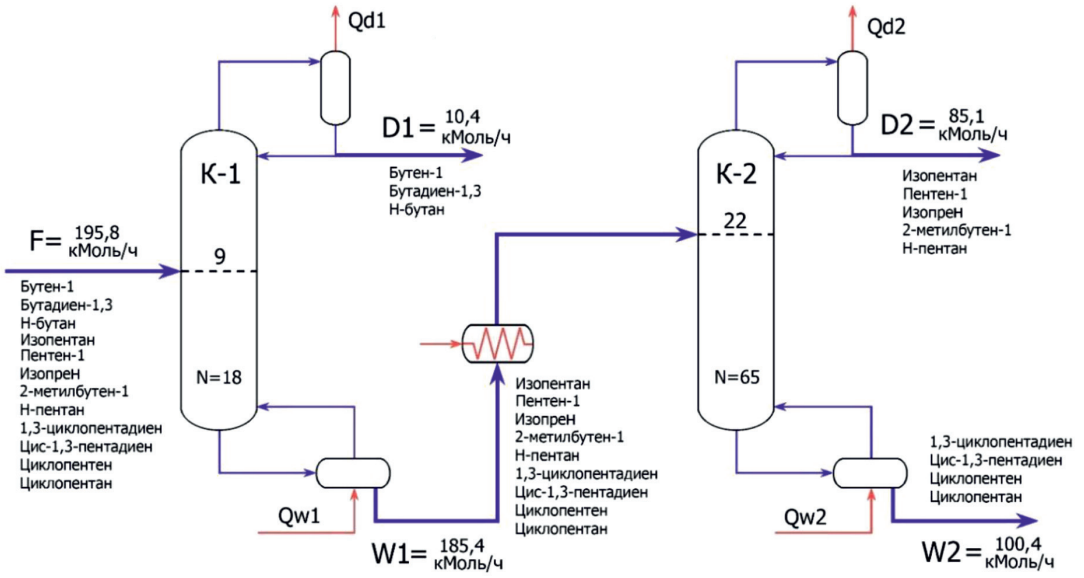


Рис. 1. Технологическая схема блока колонн ректификации К-1 и К-2 в производстве изопрена

Таблица 1

Технологические параметры для базового режима

Параметр	Значение
Расход питания, F, (кмоль/ч)	195,8
Содержание изопрена в питающей смеси F, (мол. дол.)	0,258
Расход дистиллята (К-1), D1, (кг/ч)	10,4
Расход кубовой жидкости (К-1), W1, (кг/ч)	185,4
Содержание изопрена в кубовой жидкости (W1), (мол. дол.)	0,272
Флегмовое число (К-1)	35,5
Расход дистиллята (К-2), D2, (кмоль/ч)	85,1
Расход кубовой жидкости (К-2), W2, (кмоль/ч)	100,4
Флегмовое число (К-2)	15,5

Цель работы: разработка системы оптимального управления ректификационными колоннами К-1 и К-2, обеспечивающей минимизацию энергетических затрат и качественный переходной процесс в этих колоннах при возмущении по расходу питания в головную колонну.

Для получения системы оптимального управления решаются следующие задачи:

– в программной среде Unisim Design [5] вычисляются оптимальные статические режимы блока колонн К-1 и К-2, обеспечивающие минимальные энергетические затраты на процесс выделения дистиллята колонны К-2 требуемого качества при изменении расхода питания в колонну К-1;

– определяются места контрольных тарелок колонн К-1 и К-2 в статическом режиме при базовом расходе и составе питания в колонну К-1;

– определяется структура системы управления колоннами К-1 и К-2;

– в программной среде Unisim Design для колонн К-1 и К-2 моделируются кривые разгона по каналам: расход питания – температура на контрольной тарелке, расход управляющего потока – температура на контрольной тарелке;

– определяются передаточные функции компенсаторов и регуляторов;

– строится переходной процесс в системе управления колоннами К-1 и К-2 и оценивается его качество.

Статическая оптимизация

Оптимизация статических режимов выполнялась поэтапным декомпозиционным методом [6]. В качестве критерия оптимальности выбраны энергетические затраты на технологический процесс, которые оценивались по тепловым потокам конденсаторов и ребойлеров. Результаты оптимизации показаны в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Результаты статической оптимизации колонны К-1

Расход питания F, кг/ч	Расход дистиллята D1, кг/ч	Расход кубового продукта W1, кг/ч	Тепловой поток конденсатора Qd1, кДж/ч	Тепловой поток ребойлера Qw1, кДж/ч	Расход флегмы L1, кг/ч	Температура на контрольной тарелке, °С
11880	521,78	11358,22	7294465,45	2552098,28	17857,78	27,12
12540	556,91	11983,09	7641142,84	2635000,80	18672,94	32,28
13200	580,26	12619,74	8086620,50	2817255,06	19793,36	28,57
13860	608,62	13251,38	8516834,21	2984075,84	20851,37	26,63
14520	638,29	13881,71	8895206,12	3098981,25	21772,48	28,58

Таблица 3

Результаты статической оптимизации К-2

Расход питания в колонну К-1 F, кг/ч	Расход дистиллята D2, кг/ч	Расход кубового продукта W2, кг/ч	Тепловой поток конденсатора Qd2, кДж/ч	Тепловой поток ребойлера Qw2, кДж/ч	Расход флегмы L2, кг/ч	Температура на на контрольной тарелке, °С
11880	5203,35	6154,87	31771086	31830097	79753,56	48,58
12540	5486,27	6496,82	33536161	33598050	84187,01	48,58
13200	5786,93	6832,81	35361164	35418875	88767,52	48,65
13860	6070,88	7180,50	37067108	37134152	93047,76	48,59
14520	6364,41	7517,30	38887457	38958139	97619,68	48,64

По результатам статической оптимизации установлено, что управляющие воздействия линейно зависят от расхода питания в колонну К-1 и система управления должна основываться на изменении этих воздействий пропорционально изменению подачи питания. Установлена пропорциональность расхода питания в К-2 и расхода питания в головную колонну К-1, что позволяет формировать управляющие воздействия колонны К-2 в зависимости от отбора продукта W1. Из табл. 2 и 3 следует, что температура на контрольных тарелках изменяется незначительно при изменении расхода питания в колонну К-1. В связи с этим для стабилизации качества продукта можно стабилизировать температуру на контрольных тарелках.

Определение контрольных тарелок

Практически в любой задаче управления процессом ректификации имеет место задача получения информации о составе, оцениваемом по температуре в контрольной точке объекта управления.

Выбор тарелки, на которой будет контролироваться температура (контрольная тарелка) либо другой параметр, косвенно характеризующий состав, может происходить по различным критериям [7]. В данной работе место контрольной тарелки выбиралось по максимальному отклонению температурного профиля при нанесении внешнего воздействия с разными знаками по расходу питания.

На рис. 2 представлено отклонение температуры на тарелках колонны К-1 от температурного профиля в базовом статическом режиме при изменении расхода питания на ±5 %.

Из графика следует, что можно выбрать в качестве контрольной тарелки 6 тарелку.

На рис. 3 представлено изменение температуры на тарелках К-2 при изменении расхода питания в эту колонну на ±10 %.

Из представленного графика следует, что, что в качестве контрольной можно выбрать 53 тарелку.

На основе анализа оптимальных статических режимов работы ректификационных колонн предложена система управления, представленная на рис. 3. Она содержит:

– комбинированную систему регулирования температуры на контрольной тарелке колонны К-1 изменением расхода теплового потока в зависимости от расхода питания в эту колонну;

– систему стабилизации флегмового числа колонны К-1 изменением отбора дистиллята D1;

– комбинированную систему регулирования температуры на контрольной тарелке колонны К-2 изменением расхода теплового потока в зависимости от расхода питания в эту колонну;

– систему регулирования расхода дистиллята D2 в зависимости от расхода питания в колонну К-2.

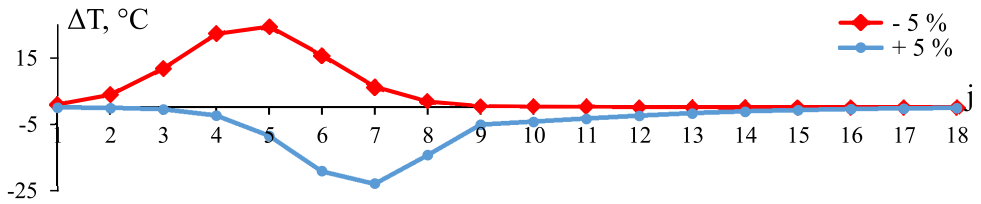


Рис. 2. Изменение температурного профиля К-1 при изменении расхода питания на ±5%

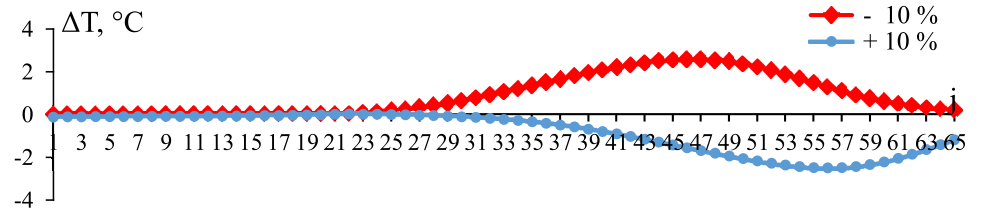


Рис. 3. Изменение температурного профиля К-2 при изменении расхода питания на ±10%

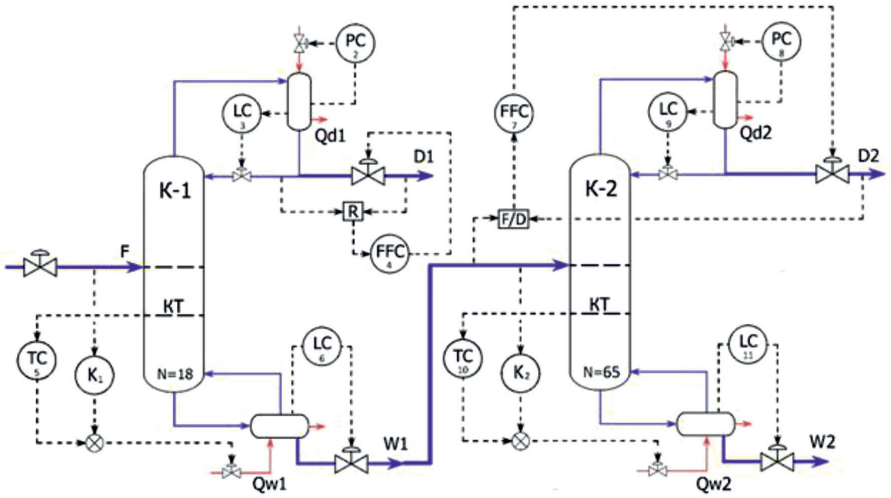


Рис. 3. Схема системы управления блоком ректификационных колонн К-1 и К-2

Одноконтурными системами регулируются:

– уровни во флегмовых ёмкостях изменением расхода флегмы;

– уровни в ребойлерах колонн изменением расхода кубового продукта;

– давление в колоннах изменением расхода охлаждающего агента в конденсаторы колонн.

Кривые разгона по каналам передачи воздействий получены моделированием в среде Unisim Design. Далее определены передаточные функции объекта и выполнена их нормировка.

Настроечные параметры ПИ-регуляторов, используемых в системах стабилизации, подбирались имитационным моделированием в среде Unisim Design.

Для синтеза регуляторов соотношения расходов смоделированы функциональные блоки R и F/D, которые рассчитывают флегмовое число и отношение питания к дистилляту соответственно. Выходной сигнал функционального блока поступает на вход классического ПИ-регулятора FFC, который регулирует соотношение расходов изменением положения клапана, установленного на линии отбора дистиллята.

В табл. 4 приведены значения настроечных параметров ПИ-регуляторов, предлагаемых в системе управления. Настроечные параметры регуляторов определены на основе анализа переходных процессов в процессе имитационного моделирования.

Таблица 4

Настроечные параметры регуляторов блока колонн К-1 и К-2

Позиция на схеме	Наименование	Коэффициент усиления K	Время изодрома T_i, мин
1	Регулятор расхода	0,1	0,2
2	Регулятор давления	2	0,2
3	Регулятор уровня	4	6
4	Регулятор соотношения расходов	0,15	0,1
5	Регулятор температуры	3,4	0,6
6	Регулятор уровня	4	6
7	Регулятор соотношения расходов	0,15	0,1
8	Регулятор давления	2	0,2
9	Регулятор уровня	4	4
10	Регулятор температуры	2,4	0,3
11	Регулятор уровня	4	4

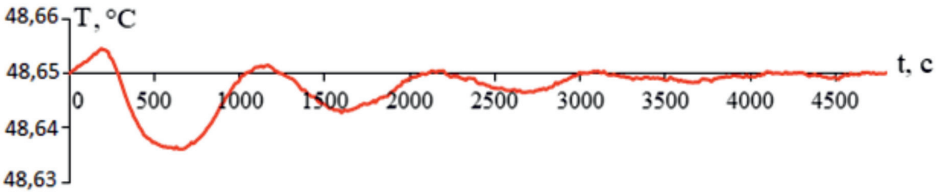


Рис. 4. Изменение температуры на контрольной тарелке в колонне К-2

В качестве компенсаторов $К_1$ и $К_2$ выбраны интегро-дифференцирующие звенья и получены их передаточные функции 1, 2:

$$W_{к_1}(S) = -\frac{W_{ов_1}(S)}{W_{оу_1}(S)} = 0,029\frac{2165,3S+1}{1501,9S+1}, \quad (1)$$

$$W_{к_2}(S) = -\frac{W_{ов_2}(S)}{W_{оу_2}(S)} = 0,1\frac{10620S+1}{23005S+1}. \quad (2)$$

На рис. 4 представлен график изменения температуры на контрольной тарелке $T_{КТ}$ колонны К-2 в системе оптимального управления блоком колонн К-1 и К-2 при ступенчатом возмущении в головную колонну по расходу питания на 10% от базового значения. Амплитуда колебаний не превышает 0,015 °С, а время переходного процесса блока колонн составляет менее 1 ч, что свидетельствует о высоком качестве переходного процесса.

Выводы

Выполнен структурный и параметрический синтез системы оптимального управления колоннами К-1 и К-2 в производстве изопрена. Получен переходной процесс высокого качества с максимальным отклонением температуры на контрольной тарелке, не превышающем погрешности измерительных средств, используемых в производственных условиях.

Выполнение структурного и параметрического синтеза с использованием среды Unisim Design на примере блока колонн К-1 и К-2 в производстве изопрена показало высокую эффективность как по статической оптимизации процесса, так и по имитационному моделированию при коррекции значений настроечных параметров регулирующих устройств.

Список литературы

1. Гималаев М.К. Анализ особенностей динамического поведения ректификационных колонн с целью разработки энергосберегающих систем управления // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 16. № 15. С. 251–253.

2. Елизаров В.И., Мерзляков С.А., Шавалеев Р.Р. К построению систем управления процессом ректификации // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 11. С. 177–180.

3. Процесс комплексной переработки С5-фракции с выделением изопрена и циклопентадиена. ОАО НИИ «Ярсинтез» [Электронный ресурс]. URL: yarsintez.ru/media/nil_7prosess3.pdf. (дата обращения: 01.12.2019).

4. Кривошеев В.П., Ануфриев А.В., Реутов В.А., Филимонцев Е.А., Пугачева Н.В. Моделирование и оптимизация системы выделения изопрена из фракции углеводородов С5 пиролиза // Фундаментальные исследования. 2018. № 12–1. С. 25–30.

5. UniSim Design Suite Free Trial of Simulation Software Now Available [Electronic resource]. URL: https://www.honeywell-process.com/en-US/explore/products/ advanced-applications/unisim/Pages/unisim-design-suite.aspx (date of access: 01.11.2019).

6. Кривошеев В.П. Декомпозиционный метод статической оптимизации химико-технологических систем // Теоретические основы химической технологии. 1984. Т. XVIII. № 3. С. 354–361.

7. Luyben W.L. Evaluation of criteria for selecting temperature control trays in distillation columns. Journal of Process Control. 2005. Vol. 16 P. 115–134.

УДК 62-5:631.53.04

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ МАРКЕРОМ ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ СУБМ-3,6

Купряшкин В.Ф., Шляпников М.Г., Безруков А.В., Князьков А.С., Купряшкин В.В., Осипов В.Ю.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, e-mail: kupwf@mail.ru

В данной статье рассматривается теоретический анализ силового нагружения механизма управления маркером зерновой сеялки СУБМ-3,6. В ходе исследования авторами на основе использования опытно-конструкторских данных произведен силовой анализ для различных положений двух вариантов конструкций механизма маркера. На основе известных методов кинетостатики, путем использования графоаналитических способов, были определены числовые значения сил, возникающих в подвижных звеньях – шарнирах механизма маркера при его различных рабочих положениях. Исходя из полученных результатов силового анализа следует, что в кинематических парах механизмов обоих вариантов конструкций возникают значительные силы в верхнем шарнире крепления гидроцилиндра. При этом выявленные значения сил могут отрицательно сказываться на режимах работы маркера и приводить к повышенному износу в шарнирах, а в отдельных случаях – к их поломке. Кроме этого, из сравнительного анализа рассмотренных вариантов конструкций механизма маркера и результатов их силового анализа следует, что первый вариант конструкции предпочтительнее второго. Кроме этого, из результатов проведенного исследования следует, что при проектировании новых и совершенствовании существующих отдельных узлов и механизмов сельскохозяйственных машин и, в частности, механизма маркера зерновой сеялки, необходимо учитывать не только их конкретные конструкции, но и их вариацию и различные условия функционирования.

Ключевые слова: зерновая сеялка, маркер, подвижные звенья, силовой анализ

POWER ANALYSIS OF THE MARKER CONTROL MECHANISM GRAIN DRILLS SUBM-3,6

Kupryashkin V.F., Shlyapnikov M.G., Bezrukov A.V., Knyazkov A.S., Kupryashkin V.V., Osipov V.Yu.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «National Research Ogarev Mordovia State University», Saransk, e-mail: kupwf@mail.ru

This article deals with the theoretical analysis of the force loading of the control mechanism of the grain drill marker SUBM-3,6. In the course of the study, the authors based on the use of experimental design data produced a force analysis for different positions of the two variants of the marker mechanism designs. On the basis of known methods of kinetostatics, by using graphoanalytic methods, numerical values of forces arising in the movable links – hinges of the marker mechanism at its various working positions were determined. Based on the results of the force analysis, it follows that in the kinematic pairs of mechanisms of both variants of designs, significant forces arise in the upper hinge of the hydraulic cylinder attachment. In this case, the detected values of forces can adversely affect the operating modes of the marker, and lead to increased wear in the hinges, and in some cases to their failure. Besides, from the comparative analysis of the considered variants of designs of the mechanism of the marker and results of their power analysis it follows that the first variant of a design is preferable to the second. In addition, from the results of the study it follows that when designing new and improving existing individual units and mechanisms of agricultural machines, and in particular the mechanism of the marker of the grain drill, it is necessary to take into account not only their specific designs, but also their variation and different operating conditions.

Keywords: grain seeder, marker, moving links, power analysis

Одним из критериев эффективного функционирования машинотракторных (МТА) агрегатов является обеспечение его работоспособного состояния. При этом работоспособность МТА в целом будет определяться работоспособностью его отдельных узлов и деталей [1, 2].

Эксплуатация сеялок СУБМ-3,6 в полевых условиях подтвердила в основном их высокую производительность, экономичность и оптимальность высева, повышение урожайности зерновых. Однако наряду с положительными результатами их использования были выявлены и ряд недостатков в конструкции сеялки. В частности, в механизме управления маркерами, предназначенными, для разметки ряда, по следам которого ориентируется оператор энергетического средства посевного МТА [3, 4], наблюдался повышенный износ шарниров крепления гидроцилиндров, а в отдельных – заклинивание шарниров гидроцилиндра с последующим выхода разрушением сварных соединений крепления его осей. Все это приводило к нарушению работоспособности не только механизма маркера, но и в целом всего посевного МТА.

В связи с этим появилась необходимость проверки усилий, возникающих в звеньях механизма маркера и его кинематических парах.

Цель исследования: анализ усилий, возникающих в звеньях механизма маркера зерновой сеялки СУБМ-3,6.

Материалы и методы исследования

Кинематическая схема маркера сеялки СУБМ-3,6 изображена на рис. 1, она включает гидроцилиндр 1 со штоком 2, которые служат для проведения в движение штанги 3 [5].

Искомые параметры определили известными методами кинетостатики путем использования графоаналитических способов [6]. Расчет проведен для двух вариантов схем, изображенных на рис. 1 и 2. Для первой из них выполним исследования для четырех положений механизма, а для второй для трех. В качестве внешних сил выступают силы: $F = 0{,}500$ кН и $G = 0{,}15$ кН [7].

Ведущим звеном данного механизма является цилиндр *BD*. Осуществим расчленение ведомой кинематической цепи механизма на группы Ассура и проведем силовой расчет каждой группы Ассура. От механизма может быть отделена только одна группа Ассура 2 и 3, которая относится ко второму классу второго вида.

Составим уравнения равновесия группы, состоящей из звеньев 2 и 3. Первое уравнение примет вид

$$R_{03} + F + G + F_C + R_{12} = 0. \qquad (1)$$

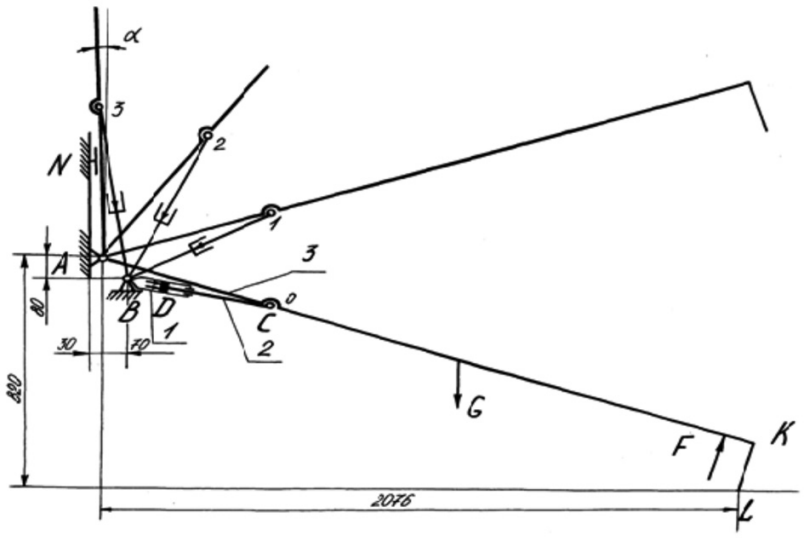


Рис. 1. Схема работы маркера (1-й вариант конструкции)

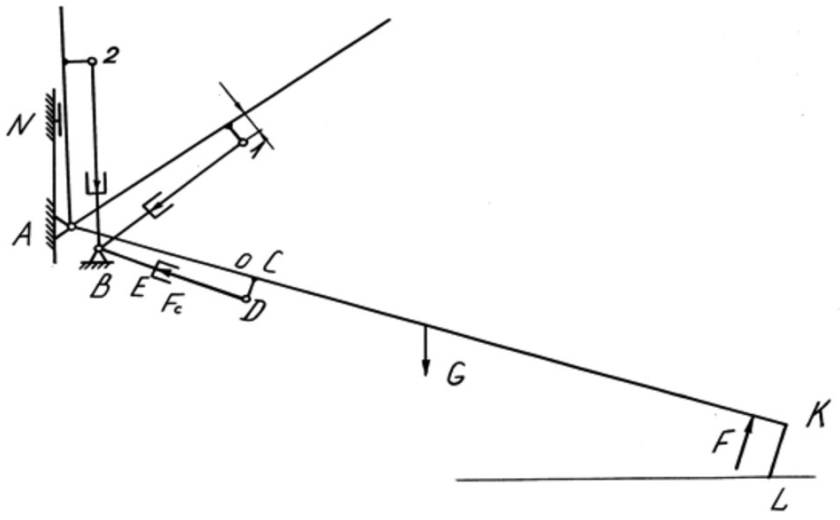


Рис. 2. Схема работы маркера (2-й вариант конструкции)

В этом уравнении содержится три неизвестных: R_{03}, F_C, R_{12}. Для того чтобы решить, разложим реакцию R_{03}, направленную перпендикулярно линии *AK*, и $\bar{R}^{n}_{03}$, направленную параллельно линии *AK*. Теперь геометрическая сумма сил, приложенных к группе, рис. 3, определится выражением

$$R^t_{03} + R^n_{03} + F + G + F_C + R_{12} = 0. \qquad (2)$$

Для определения величины силы R^t_{03}, рассмотрим равновесие звена 3. Составим уравнение суммы моментов сил относительно точки *C*, приложенных к звену 3, тем самым исключим из него момент неизвестной реакции

$$R^n_{03} : \Sigma M_C{}^{(3)} = 0. \qquad (3)$$

Уравнение (3) в развернутом виде примет вид

$$R^t_{03} \cdot l_{AC} + G \cdot h_3 - F \cdot l_{KC} = 0, \qquad (4)$$

где $h_3 = 0{,}5$ м. Откуда

$$R^t_{03} = \frac{F \cdot l_{KC} - G \cdot h_3}{l_{AC}} =$$

$$= \frac{0{,}5 \cdot 1{,}604 - 0{,}15 \cdot 0{,}5}{0{,}556} = 13{,}1 \text{ кН}.$$

Найдем значение силы R_{12} из управления равновесия звена 2.

$$\Sigma M^2_C = 0. \qquad (5)$$

Проанализировав рис. 3, можно сделать вывод о том, что плечо силы F_C отсутствует, а так как кроме этой силы больше никаких сил не приложено к звену *DC*, то $R_{12} = 0$ [6].

Строим план сил группы рис. 4 по равенству (2) в масштабе $\mu_F = 0{,}05$ кН/мм.

Отложим от точки *a* силу

$$(ab) = \frac{R^t_{03}}{M_F} = \frac{13{,}1}{0{,}05} = 26{,}2 \text{ мм}.$$

От точки *b* в виде отрезка откладываем силу тяжести *G* в виде отрезка $(ab) = \frac{G}{M_F} = \frac{0{,}15}{0{,}05} = 3$ мм, затем от точки *c* откладываем силу *F* в виде отрезка $(cd) = \frac{F}{M_F} = \frac{0{,}5}{0{,}05} = 10$ мм.

Через точку *a* проведем линию перпендикулярно отрезку (*ab*) – это будет линия, действие силы R^n_{03}, а через точку *d* – прямую параллельную *BC*. Она будет линией действия силы сопротивления F_C. Находим точку пересечения с этих двух прямых.

Определим числовое значение этих сил:

$$R^n_{03} = \mu_F \cdot (ae) = 0{,}05 \cdot 186 = 9{,}3 \text{ кН};$$

$$F_C = \mu_F \cdot (de) = 0{,}05 \cdot 189 = 9{,}45 \text{ кН};$$

$$R_{03} = M_F \cdot (be) = 0{,}05 \cdot 190 = 9{,}5 \text{ кН}.$$

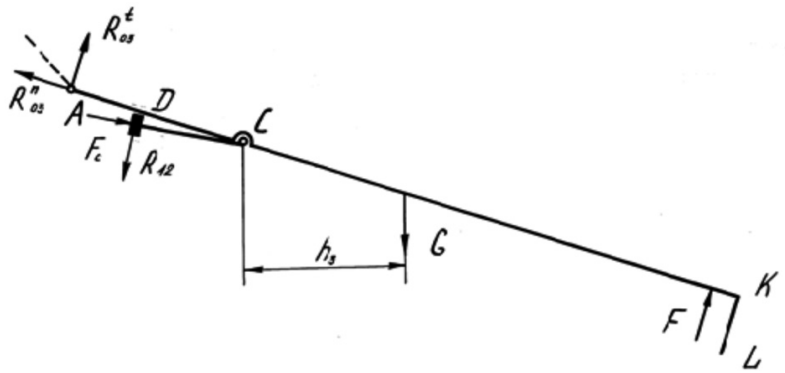


Рис. 3. Схема силового нагружения 2–3 звеньев (1-й вариант конструкции)

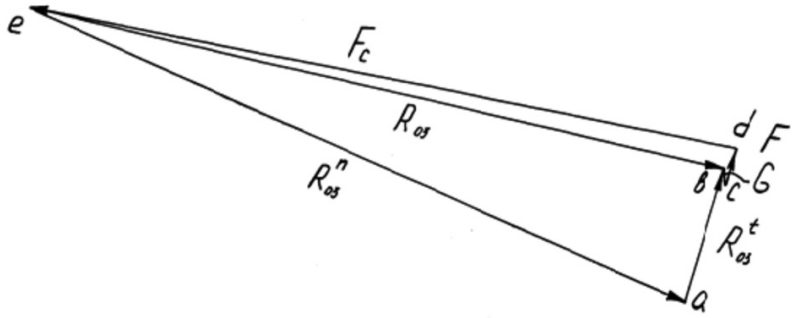


Рис. 4. План сил 2–3 звеньев (1-й вариант конструкции)

Для определения реакции в шарнире составим векторное уравнение равновесия для звена 3:

$$R_{03} + G + F + R_{23} = 0. \quad (6)$$

Из рис. 5, а, видно, что числовое значение R_{23} будет равно F_C, т.е.

$$F_C + R_{01} = 0. \quad (7)$$

Из этого выражения следует, что $F_C = -R_{01}$, т.е. численно эти силы равны, а их направления противоположны (рис. 5, б).

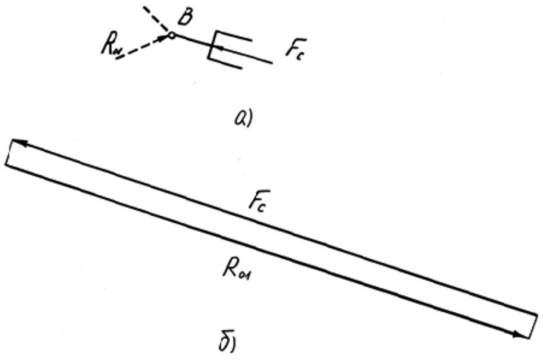


Рис. 5. Схема силового расчета ведущего звена (1-й вариант конструкции): а) схема нагружения звена; б) план сил

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты, полученные при вычислении реакций в опорах и силы сопротивления в разных положениях для первого варианта конструкции маркера, рис. 1, сведены в табл. 1.

Таблица 1

Числовые значения сил

№ положения	R_{01}, кН	F_C, кН	R_{23}, кН	R_{03}, кН
0	9,45	9,45	9,45	9,50
1	19,70	19,70	19,70	19,75
2	15,25	15,25	15,25	15,30
3	27,60	27,60	27,60	27,65

Аналогичные расчеты проведем и для второго варианта конструкции маркера (рис. 2), т.е. найдем величины сил в опорах и силу сопротивления, но только в трех положениях, результаты сведем в табл. 2. При этом необходимые расчетные схемы силового расчета на примере 0-го положения маркера представлены на рис. 6–8.

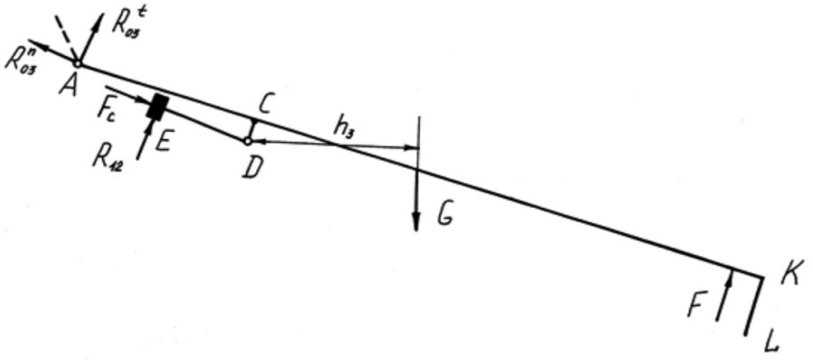


Рис. 6. Схема силового нагружения 2–3 звеньев (2-й вариант конструкции)

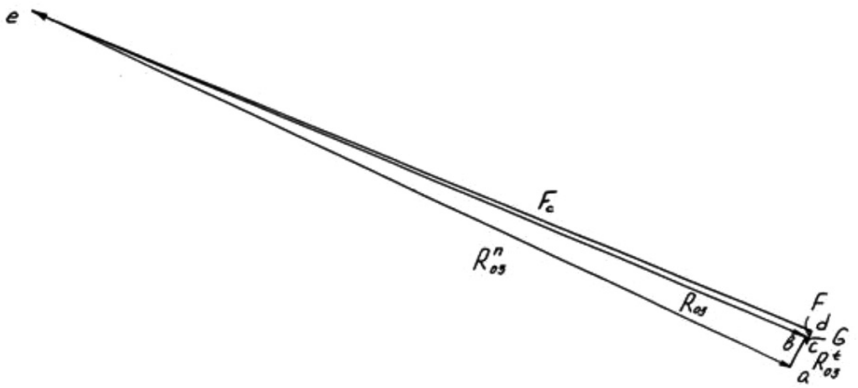


Рис. 7. План сил 2–3 звеньев (2-й вариант конструкции)

Таблица 2

Числовые значения сил

№ положения	R_{01}, кН	F_C, кН	R_{23}, кН	R_{03}, кН
0	31,20	31,20	31,20	31,35
1	6,60	6,60	6,60	6,65
2	4,80	4,80	4,80	4,83
3	10,65	10,65	10,65	10,85

По данным табл. 1 и 2 построим графики изменения силы F_C в зависимости от положения маркера (рис. 9).

Из рис. 9 следует, что в кинематических парах механизмов обеих схем возникают значительные силы в шарнире *C* крепления гидроцилиндра. При этом максимальные значения силы составляют: для 1-го варианта крепления – 27,6 кН, а 2-го варианта – 31,2 кН.

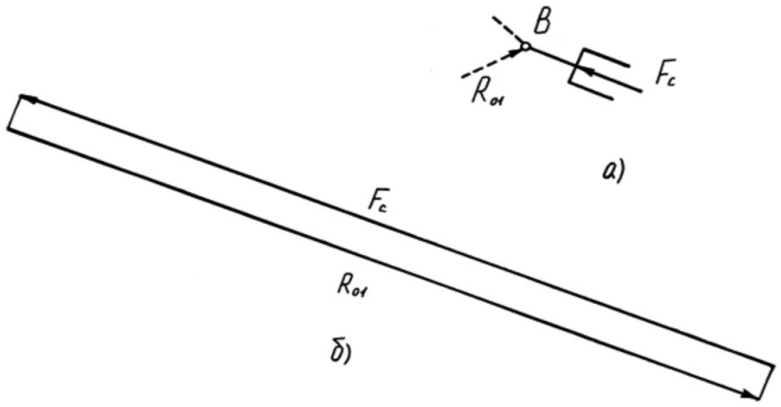


Рис. 8. Схема силового расчета ведущего звена (2-й вариант конструкции): а) схема нагружения звена; б) план сил

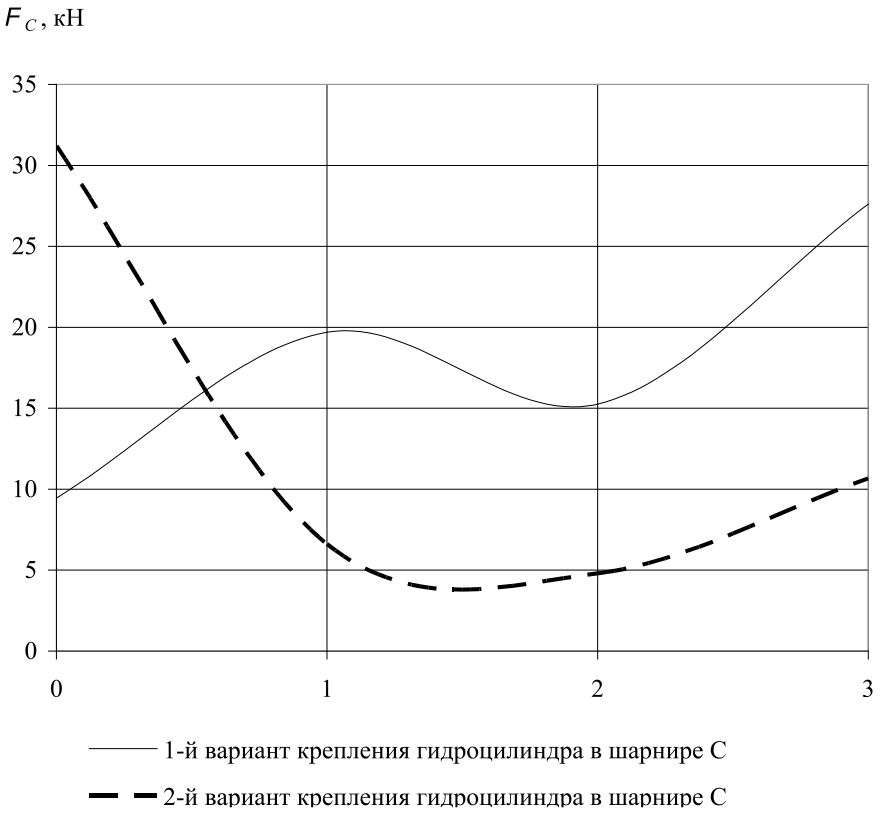


Рис. 9. График зависимостей сил в шарнире С крепления гидроцилиндра от положения маркера

Выводы

Исходя из расчетов, результаты которых приведены в табл. 1 и 2, и анализа графиков рис. 8 следует, что в кинематических парах механизмов обеих схем возникают значительные силы в верхнем шарнире (т. *C*) крепления гидроцилиндра. При этом максимальные значения силы составляют: для 1-го варианта крепления – 27,6 кН, а 2-го варианта – 31,2 кН. Все это может отрицательно сказываться на режимах работы маркера и приводить к повышенному износу в шарнирах, а в отдельных случаях – к их поломке. Кроме этого, сравнивая рассмотренные схемы, используемые в реальных механизмах, и значения сил, возникающих в шарнирах крепления гидроцилиндра, приходим к мнению о предпочтении первой из них. Поэтому при проектировании новых и совершенствовании существующих отдельных узлов и механизмов сельскохозяйственных машин и, в частности, рассмотренных механизмов маркера зерновой сеялки, необходимо учитывать не только их конкретные конструкции, но и их вариацию и различные условия функционирования.

Список литературы

1. Иншаков А.П., Карпов А.М., Кувшинов А.Н. Технологические и технические аспекты эффективности использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственном производстве. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2012. 156 с.

2. Карпов А.М., Пронин В.Ю., Славкин В.И. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. 272 с.

3. Капустии В.П., Глазков Ю.Е. Сельскохозяйственные машины. М.: ИНФРА-М, 2018. 280 с.

4. Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., Семушкин Н.И., Яхин С.М. Машины для предпосевной подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур: регулировка, настройка и эксплуатация. Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2013. 156 с.

5. Сеялка универсальная блочно-модульная СУБМ-3,6. Каталог запчастей. [Электронный ресурс]. URL: http://oaomam.ru/templates/agro/file/SUBM_3-6.pdf (дата обращения: 03.12.2019).

6. Наумкин Н.И., Купряшкин В.Ф., Раков Н.В. Теория механизмов и машин в агропромышленном комплексе. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2018. 252 с.

7. Купряшкин В.Ф., Наумкин Н.И., Фирстов А.Ф., Уланов А.С. Повышение эффективности функционирования универсальной зерновой сеялки СЗУ-6 // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8–2. С. 206–211.

УДК 62-1:519.654:519.657

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ДЕГРАДАЦИОННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Лисов А.А., Чернова Т.А., Горбунов М.С.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) (МАИ), Москва, e-mail: 3141220@mail.ru

Продемонстрированы проблемы и методы выполнения прогнозов эксплуатационной безопасности технических объектов, определения моментов аварийных отказов, предупреждения катастрофических ситуаций. Предложен подход качественного прогнозирования, показаны методы формирования моделей деградационного изменения объекта, исследования и уточнения их в динамике эксперимента. Обоснован выбор моделей, наиболее адекватно отражающих исследуемые явления. Приведены критерии выбора моделей, обеспечивающих наилучшие точность, надёжность и достоверность. В результате установления законов функционирования объекта исследования определяют характеристические показатели, отражающие его деградационное изменение. Фиксируя количественные значения характеристических показателей конкретного объекта в индивидуальной истории эксплуатации, формируют временные ряды. Аппроксимируя временные ряды по методу наименьших квадратов различными функциями, устанавливают аналитические виды закономерностей изменения характеристических показателей объекта, уточняют и корректируют их в динамике наблюдения эксплуатационного изменения объекта. Для формирования прогноза выделяют зависимости, удовлетворяющие приведенным обоснованным критериям. Путем экстраполяции выполняют индивидуальный прогноз объекта в индивидуальных условиях эксплуатации, определяют остаточный ресурс объекта и устанавливают моменты отказа. Для анализа деградационного изменения объекта использован регрессионный метод наименьших квадратов формирования математической модели с имитационным отражением всей последовательности режимов его работы и рекуррентным учетом всех предыдущих режимов.

Ключевые слова: моделирование деградационного изменения технических устройств, метод наименьших квадратов приближения экспериментальных данных, критерии выбора надёжных и достоверных моделей, прогнозирование остаточного ресурса

MODELS OF TECHNICAL DEVICES DEGRADATION CHANGES ANALYSIS

Lisov A.A., Chernova T.A., Gorbunov M.S.

Moscow Aviation Institute (National Research University) (MAI), Moscow, e-mail: 3141220@mail.ru

The problems and methods of performing forecasts of technical objects operational safety, determining the moments of emergency failures, preventing catastrophic situations are demonstrated. A qualitative forecasting approach is proposed, methods of forming models of an object degradation change, research and refinement of them in experiment dynamics are shown. The choice of models that most adequately reflect the phenomena under study is substantiated. Criteria for selecting models providing the best accuracy and reliability are given. As a result of establishing the laws of the research object functioning, characteristic indicators reflecting its degradation change are determined. Fixing the quantitative values of a particular object characteristic indicators under the individual operation history, time series are formed. Approximating time series by the least squares method with various functions, the analytical types of patterns changes in the characteristic parameters of an object are established, refined and corrected in the dynamics of observing the operational changes of an object. To make a forecast, dependencies that satisfy the given justified criteria are selected. By extrapolation, an individual forecast of the object in individual operating conditions is performed, the residual resource of the object is determined, and the moments of failure are detected. To analyze the degradation change of the object, the regression least squares method was used to form a mathematical model with a simulation of the modes of operation entire sequence and with all previous modes recursive consideration.

Keywords: modeling of degradation changes in technical devices, least squares approximation of experimental data, selection criteria for reliable models, prediction of residual life

При разработке прогнозов эксплуатационной безопасности технических объектов, особенно прогнозов, обеспечивающих предупреждение аварийных отказов, отказов с катастрофическими исходами, необходима надёжная и точная модель прогноза, учитывающая индивидуальные данные объекта, работающего в индивидуальных условиях эксплуатации.

Цель исследования: обеспечение надёжности и повышение точности прогнозов эксплуатационной безопасности технических систем, определение остаточного ресурса и момента отказов.

Задача настоящей работы – при формировании прогнозов конкретного объекта с ростом продолжительности наблюдения за ним обратить внимание на динамику изменения параметров устанавливаемых закономерностей деградации, на изменение вида закономерностей и даже на исключение одних видов и переход на другие модели, наиболее точно отражающие исследуемые явления непосредственно в процессе эксперимента. Таким образом, обеспечиваются более качественные и достоверные показатели прогноза.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является деградационное изменение технических устройств в процессе эксплуатации. Предмет исследования – прогноз эксплуатационной безопасности технических устройств.

Фиксируя количественные значения характеристических показателей конкретного объекта, отражающие его деградационное изменение в индивидуальной истории эксплуатации, формируют временные ряды. Аппроксимируя временные ряды по методу наименьших квадратов различными функциями, устанавливают аналитические виды закономерностей изменения характеристических показателей. Формируют модели. В динамике наблюдения эксплуатационного изменения объекта с увеличением объёмов совокупностей экспериментальных данных уточняют и корректируют параметры моделей. Для сравнительного анализа моделей и выделения моделей с лучшими показателями качества прогнозов предложены статистические критерии. Путем экстраполяции выполняют индивидуальный прогноз изменения объекта в конкретных условиях его эксплуатации, определяют остаточный ресурс и устанавливают моменты отказа.

Результаты исследования и их обсуждение

Для каждого технического объекта можно определить параметры, называемые характеристическими, по изменению которых можно судить о деградационном состоянии объекта. Формируя математическую модель деградационного изменения характеристического параметра объекта, можно установить его закономерность, оценить остаточный ресурс и определить таким образом момент отказа [1, 2].

Абсолютно разные модели для ограниченного множества экспериментальных данных деградационного изменения характеристического параметра могут обеспечить одинаковые математические критерии прогноза, однако результаты прогнозов у них могут быть совершенно различны.

Пусть экспериментально получены данные для 10 первых точек изменения характеристического параметра (табл. 1).

При аппроксимации таблицы экспериментальных точек $y_э$ по методу наименьших квадратов (МНК) наибольшую точность обеспечили экспоненциальная функция y_1 и полином третьей степени y_2 [3–5]:

$$y_1 = 99{,}6\text{-}96e^{-0.07x}$$

и

$$y_2 = 3{,}58 + 6{,}64x - 0{,}21x^2 + 0{,}003x^3.$$

В области задания обе функции имеют средние квадратические отклонения одного порядка, равные: $\sigma_1 = 0{,}055$, $\sigma_2 = 0{,}039$.

Анализ динамики изменения значений экспериментальных данных показывает, что они имеют характер насыщения. Функцию насыщения отражает экспоненциальная зависимость y_1. Кубическая парабола y_2 в области задания обеспечивает меньшее среднее квадратическое отклонение $\sigma_2 < \sigma_1$. однако, при $x = 50$ она показывает физически противоречивый результат.

Для оценки точности моделей и качества прогноза целесообразно использовать следующие три критерия.

1. Среднее квадратическое отклонение между экспериментальными значениями и значениями, полученными по аппроксимирующей функции, называемое погрешностью аппроксимации:

$$\sigma_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\varepsilon_i^2},$$

где $\varepsilon_i = y_{pi} - y_{эi}$,

$y_{pi}, y_{эi}$ – значения исследуемой функции расчетное и экспериментальное в i-й точке.

2. Коэффициент детерминации D:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{n}(y_{pi} - y_{эi})^2 / \sum_{i=1}^{n}(y_{эi} - \overline{y}_э)^2, \quad (1)$$

где $\overline{y}_э$ – среднее значение экспериментальной функции.

Коэффициент детерминации D показывает, насколько точно аппроксимированы исходные данные функцией, выражающей закономерность процесса, функцией прогнозирования. Из анализа расчетной формулы (1) следует, что при абсолютном совпадении расчетной аппроксимирующей функции y_p с экспериментальной $y_э$ во всех точках для любого i $y_{pi} = y_{эi}$, числитель дроби равен нулю, а значение $D = 1$. Если коэффициент детерминации D имеет значение, близкое к 1, то считают, что функция прогноза достаточно точно описывает (приближает) экспериментальную функцию «в прошлом», а потому вычисленные значения y_p для будущих моментов времени, также будут соответствовать реальным величинам. Для табл. 1 и аппроксимирующих функций y_1 и y_2 значения коэффициентов детерминации соответственно равны:

$$D_1 = 0{,}999993691,\ D_2 = 0{,}999996814.$$

Таблица 1

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x, ед.	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
$y_э$	3,6	16,1	27,0	36,5	44,8	52,0	58,2	63,6	68,3	72,4

Оба коэффициента детерминации практически равны единице, оба «свидетельствуют» о точном прогнозе в будущем. Однако это не так. Нужно исследовать третий критерий – доверительный интервал *L*.

3. *Доверительным интервалом L* для прогнозного значения называется случайный интервал, который с заданной вероятностью α содержит неизвестное точное значение функции $y(x)$. Вероятность α называется доверительным уровнем или надёжностью. Для оценки доверительных интервалов нужно вычислить:

а) расчетные значения прогнозируемых величин в заданные моменты времени. Пусть задан момент $x_0 = 50$; расчетные значения исследуемых функций в этой точке абсолютно разные: $y_{1p}(50) = 96,7$ $y_{2p}(50) = 185,58$.

б) среднее арифметическое аргумента и сумму квадратов его отклонений от среднего:

$$\overline{x} = \frac{1}{10}(0+2+4+6+8+10+12+14+16+18) = 9$$

$$S_x = \sum_{i=1}^{10}(x_i - \overline{x})^2 = (9^2+7^2+5^2+3^2+1^2+1^2+3^2+5^2+7^2+9^2) = 2*165 = 330.$$

в) стандартные ошибки прогноза

$$S_{01} = \sigma_1\sqrt{1+\frac{1}{n}+\frac{(x_0-\overline{x})^2}{S_t}} = 0,055*\sqrt{1+0,1+\frac{(50-9)^2}{330}} = 0,14,$$

$$S_{02} = \sigma_2\sqrt{1+\frac{1}{n}+\frac{(x_0-\overline{x})^2}{S_t}} = 0,039*\sqrt{1+0,1+\frac{(50-9)^2}{330}} = 0,10.$$

г) границы доверительного интервала можно оценить с использованием распределения Стьюдента, но в практических оценках рекомендуют ширину Δ интервала выбирать равной $\Delta = 3S_0$ при $\alpha = 0,95$ (согласно эмпирическому правилу «три сигма»). Таким образом, для аппроксимирующих функций y_1 и y_2 получим

$$L_1 = y_1(x_0) \pm \Delta_1 = 96,7 \pm 0,42;$$

$$L_2 = y_2(x_0) \pm \Delta_2 = 185,6 \pm 0,30.$$

Очевидно, что расчетные значения третьего критерия тоже близки.

В рассмотренном примере при значениях средних квадратических отклонений и стандартных ошибок прогноза одного порядка, при практически одинаковых значениях коэффициентов детерминации и при близких доверительных интервалах, тем не менее значения прогнозных величин существенно различны. То есть при верных вычислительных алгоритмах показана опасность применения математических методов прогнозирования без пошагового анализа их промежуточных результатов в последовательности всех режимов испытаний, показана возможность грубейших ошибок долгосрочного прогноза.

При реализации прогнозирования для исключения указанной выше опасности необходимо выполнить следующее.

1. Разработать план эксперимента с оптимальной дискретностью контрольных испытаний.

2. Выбрать аппроксимирующую функцию (или функции) с наилучшими показателями по всем трем вышеуказанным критериям.

3. Мощным средством для анализа, сравнения, коррекции и уточнения моделей прогноза является *рекурсивное прогнозирование*. В соответствии с его рекомендациями из получаемых данных выделяют последние значения, определяют по ним прогнозы, сравнивают с реальностью.

Такой прием «пристрелочного прогноза» позволяет оценить точность будущего прогноза на реальных данных. В случае расхождений следует выполнять анализ причин их возникновения. «Пристрелочный прогноз» нужно выполнять в процессе всего эксперимента. Добавляя в исходные данные результаты нового последнего контрольного испытания, уточняют параметры аппроксимирующих моделей. Здесь также целесообразен анализ и контроль динамики изменения параметров моделей (коэффициентов аппроксимирующих функций). Если при последовательном пересчете параметров модели они остаются достаточно стабильными или монотонно стремятся к определённому значению предела $a = \lim_{i\to\infty} a_i$, то можно считать, что модель верно отражает закономерность процесса.

Таблица 2

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x, ед.	0	5	10	15	20	25	30	35	38	40
$y_э$	0,0	0,67	1,56	2,78	4,54	7,35	12,5	25,0	47,5	100,0

Результаты вычислительного эксперимента по определению влияния количества экспериментальных точек на параметры аппроксимирующих функций показаны на примере короткого замыкания витков индуктивных элементов. Зависимость выходного тока $y_э$ во времени (ось x) представлена в табличной форме (табл. 2) [6].

Если использовать начальный участок для пяти точек, то в результате полиномиальной аппроксимации получены следующие полиномы первой очереди:

$$y_{p1} = ax = 0,2019x;$$

$$y_{p2} = b_1x + b_2x^2 = 0,0856x + 0,0069x^2;$$

$$y_{p3} = c_0 + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 =$$

$$= -0,00143 + 0,1262x + 0,00077x^2 + 0,000213x^3.$$

Для сравнительного анализа точности аппроксимации поточечно вычислены значения y_{p1}, ε_1, y_{p2}, ε_2, y_{p3}, ε_3 и построены графики (рис. 1).

Анализ графиков (рис. 1) показывает, что наилучшие результаты в совпадении экспериментальной и расчётных зависимостей обеспечивает в области $x \le 20$ полином 3-й степени. Однако для всех полиномов ошибка сильно растёт в точках прогноза (в 6-й и в 7-й). Наименьшую погрешность в этих точках также обеспечивает кубическая парабола.

Если увеличить начальный участок до восьми точек, то в результате полиномиальной аппроксимации получаются следующие полиномы второй очереди:

$$y_{p1} = ax = 0,45x;$$

$$y_{p2} = b_1x + b_2x^2 = -0,284x + 0,026x^2;$$

$$y_{p3} = c_0 + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 =$$

$$= -0,408 + 0,535x - 0,044x^2 + 0,0014x^3.$$

Для сравнения точности аппроксимации полиномов 2-й очереди поточечно вычислены значения y_{p1}, ε_1, y_{p2}, ε_2, y_{p3}, ε_3 и построены графики (рис. 2).

Сравнительный анализ аппроксимирующих функций 1-й и 2-й очереди показывает существенное изменение параметров. Оно обусловлено существенным изменением характера экспериментальной зависимости, появлением участка с крутым фронтом роста.

Погрешности кубической параболы во 2-й очереди существенно возросли, но эта функция остаётся наилучшей среди всех исследуемых многочленов.

Анализ графиков показывает также, что погрешности многочленов y_{p1} и y_{p2} настолько велики, что их использование для дальнейших расчетов нецелесообразно. Появление крутого фронта роста в экспериментальной функции может свидетельствовать о *лавинном* характере развития процесса. Если аппроксимировать экспериментальную функцию $y_э$ для $n = 5$ точек дробно-рациональной функцией, то будет получена функция:

$$y_p = \frac{ax - b}{x - c} = \frac{5x}{42,1 - x}.$$

Для неё поточечно вычислены значения y_p и ε, и дальнейший анализ показал, что дробно-рациональная функция наилучшим образом аппроксимирует экспериментальную функцию во всем диапазоне исследования. Полученная на основе пяти начальных экспериментальных точек при табулировании, она показала практическое совпадение для всех точек полного ресурса. В сравнении с этой функцией точность аппроксимирующего полинома y_{p3} существенно ниже.

Таким образом, продемонстрированы проблемы и методы обеспечения реальных прогнозов изменения характеристических показателей, получаемых в эксперименте. Особенно следует подчеркнуть, что для качественного прогнозирования целесообразно сформировать несколько моделей исходных данных, постоянно анализировать их точность и достоверность в процессе эксперимента, при необходимости изменять дискретность контрольных испытаний, корректировать и обоснованно выбрать модели, отражающие реальную динамику процессов с наибольшей достоверностью.

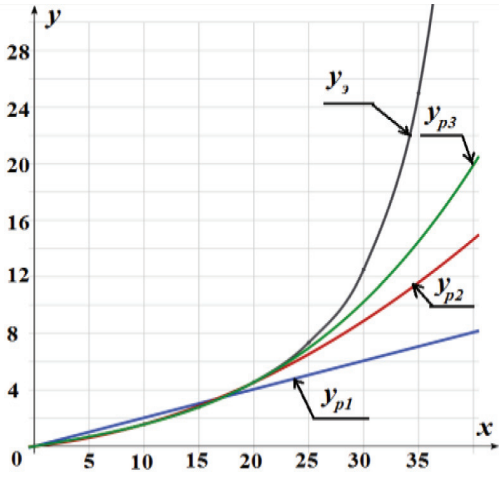


Рис. 1. Сравнительный анализ аппроксимирующих и экспериментальной функций при ограниченном начальном участке. $y_э$ – график экспериментальной функции; y_{p1} – линейная аппроксимация; y_{p2} – квадратичная аппроксимация; y_{p3} – аппроксимация кубической параболой

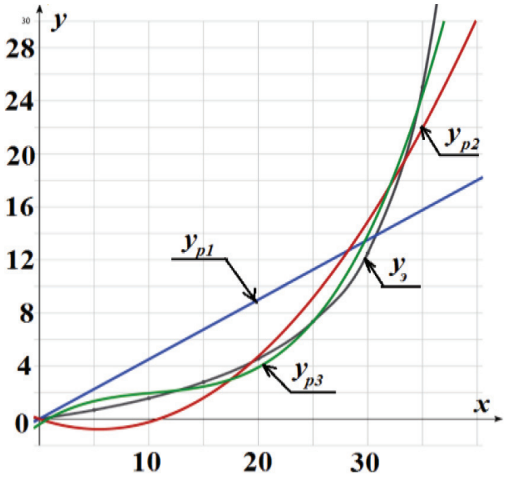


Рис. 2. Сравнительный анализ аппроксимирующих и экспериментальной функций при пролонгированном начальном участке. $y_э$ – график экспериментальной функции; y_{p1} – линейная аппроксимация; y_{p2} – квадратичная аппроксимация; y_{p3} – аппроксимация кубической параболой

Выводы

1. Для решения задач прогноза деградационных изменений характеристических параметров технических объектов эффективен регрессионный МНК к формированию математической модели, с отражением всей последовательности режимов работы объекта и рекуррентным учетом всех предыдущих режимов в каждой последующей точке.

2. Установлена целесообразность формирования нескольких моделей, отражающих закономерности исследуемых процессов. При реализации эксперимента необходим анализ стабильности параметров моделей или учет их изменения, коррекции и даже исключения или замены некоторых моделей в целом.

3. Проведён сравнительный анализ моделей прогноза – аппроксимирующих функций, построенных по МНК. Показано, что параметры этих функций существенно зависят от числа точек наблюдения. Добавление текущей точки может существенно изменить параметры моделирующей функции. С учётом последующих участков наблюдения может измениться вид моделирующей функции. Приведены критерии качества моделей прогноза.

Список литературы

1. Лисов А.А., Чернова Т.А., Горбунов М.С. Моделирование предельных состояний в эксплуатации электромеханических преобразователей // Труды МАИ. 2017. № 95. [Электронный ресурс]. URL: http://trudymai.ru/published.php?ID=84624 (дата обращения: 20.11.2019).

2. Костиков Ю.А., Чернова Т.А. О методологии научного исследования эффективности оценки деградационного изменения технических устройств // Инновации и инвестиции. 2018. № 6. С. 237–243.

3. Самарский А.А. Математическое моделирование: методы, описания, исследования: учебное пособие для вузов. М.: Наука, 2003. 614 с.

4. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики: учебное пособие. 8-е изд. М.: Лань, 2011. 664 с.

5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: ечеб. пособие для вузов. 9-е изд., стер. М.: Высшая школа, 2003. 479 с.

6. Кириллов В.Ю., Клыков А.В., Томилин М.М. Моделирование переходных процессов усилителя тока двигателя рулевого привода самолёта // Вестник Московского авиационного института. 2016. Т. 23. № 2. С. 175–184.

УДК 004.942

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ НА ОСНОВЕ НЕПРЕРЫВНОГО ПОДХОДА

Микшина В.С., Касаткин В.В., Назина Н.Б., Погореловский М.А.

Сургутский государственный университет, Сургут, e-mail: mikshinavs@gmail.com

Первым и необходимым этапом разработки оптимального управления процессом является разработка адекватной математической модели. В случае процессов нефтепереработки математическая модель должна быть многоуровневой, и первым уровнем является моделирование кинетики реакций, протекающих в реакторе на основе изучения детального механизма превращения индивидуальных углеводородов и разработки подхода к описанию превращения многокомпонентного состава углеводородной смеси. Определение оптимальных параметров кинетической модели на основе экспериментальных данных является достаточно трудоемкой работой. В данной работе рассматривается задача оптимизации каталитического процесса на основе непрерывной кинетической модели. В представленной работе задача оптимизации каталитического процесса решается путем построения математической модели кинетики на базе механизма физико-химических реакций гидрокрекинга индивидуальных углеводородов. Особенность математического моделирования заключается в том, что процесс кинетики химических реакций гидрокрекинга индивидуальных углеводородов рассматривается с учетом протекания физико-химического процесса в представлении состава смеси непрерывным. В данной работе представлены результаты моделирования гидрокрекинга парафиновой фракции, а также разработан алгоритм решения дифференциальных уравнений в трехмерном пространстве с визуализацией процесса. Показана адекватность представленной математической модели.

Ключевые слова: кинетика, математическое моделирование, гидрокрекинг, непрерывный подход

MATHEMATICAL METHODS AND MODELS OF PROCESS MANAGEMENT OIL REFINING BASED ON A CONTINUOUS APPROACH

Mikshina V.S., Kasatkin V.V., Nazina N.B., Pogorelovskiy M.A.

Surgut State University, Surgut, e-mail: mikshinavs@gmail.com

The first and necessary step in the development of optimal process control is the development of an adequate mathematical model. In the case of oil refining processes, the mathematical model must be multilevel and the first level is to simulate the kinetics of reactions in the reactor based on the study of the detailed mechanism of conversion of individual hydrocarbons and the development of an approach to describe the transformation of the multicomponent composition of a hydrocarbon mixture. Determining the optimal parameters of the kinetic model on the basis of experimental data is a rather laborious work. In this paper, we consider the problem of optimizing the catalytic process based on a continuous kinetic model. In the present work, the problem of optimizing the catalytic process is solved by constructing a mathematical model of kinetics based on the mechanism of physicochemical reactions of hydrocracking of individual hydrocarbons. The peculiarity of mathematical modeling is that the kinetics of the chemical reactions of hydrocracking of individual hydrocarbons is considered taking into account the course of the physicochemical process in representing the mixture as continuous. This paper presents the results of modeling hydrocracking of a paraffin fraction, and also develops an algorithm for solving differential equations in three-dimensional space with visualization of the process. The adequacy of the presented mathematical model is shown.

Keywords: kinetics, mathematical modeling, hydrocracking, continuo us approach

Повышение глубины переработки нефти – задача государственного значения, которая в настоящее время решается путем широкомасштабной модернизации нефтеперерабатывающих производств [1, 2]. На современном этапе развития нефтеперерабатывающей промышленности повышение глубины переработки нефти достигается за счет введения в эксплуатацию гидрогенизационных процессов, включая процесс гидрокрекинга, позволяющего перерабатывать тяжелые вакуумные дистилляты и получать высокий выход качественных моторных топлив [3–5].

Актуальность моделирования процессов глубокой переработки нефти, в частности гидрокрекинга, подтверждается необходимостью проведения данного процесса в наиболее оптимальных условиях с целью повышения эффективности деятельности предприятий нефтепереработки. В общем балансе предприятий нефтепереработки установка гидрокрекинга приносит до 40 % прибыли предприятия.

Гидрокрекинг – один из методов получения средних дистилляторов из тяжелой нефти и остатков [6].

Определение параметров кинетической модели на основе экспериментальных данных является достаточно трудоемкой работой.

Задачи оптимизации таких сложных процессов эффективно решаются на основе применения современных методов ма-

тематического моделирования с использованием различных упрощений, например группировке индивидуальных реагентов в групповые псевдореагенты и группировке индивидуальных реакций в групповые реакции.

Математическое и компьютерное моделирование процесса гидрокрекинга заключается в систематическом подходе к кинетической и термодинамической подсистемам процесса переработки парафинов. Одна из проблем моделирования – широкий спектр компонентов в сырьевом и в продуктовом потоках.

В связи с этим моделирование сводится к созданию более ёмких псевдокомпонентов. Псевдокомпоненты позволяют осуществить нивелирование по некритичным составляющим, в свою очередь вывести закономерности по кинетике реакций крекинга [7].

Качество продукта переработки смеси углеводородов, предназначенного для использования в качестве бензинового топлива, оценивают с помощью октанового числа.

Октановое число – показатель, который характеризует детонационную стойкость топлива (бензина), применяемого в двигателях внутреннего сгорания с внешним смесеобразованием, то есть его устойчивость к воспламенению под высоким давлением.

Чем больше октановое число, тем выше детонационная стойкость, тем больше давления на него можно оказать, не вызывая детонации, то есть резкого возгорания. В современных автомобилях, где установлены двигатели внутреннего сгорания, октановое число является очень важным параметром, поскольку бензин с более низким ОЧ может серьёзно повредить поршни двигателя.

Октановое число равно содержанию (в % по объему) изооктана (i-C_8H_{18}) в его смеси с н-гептаном (у которого октановое число равно 0) при стандартных условиях испытания [8].

Цель исследования: разработка математической модели кинетики химических реакций гидрокрекинга индивидуальных углеводородов при условии протекания процесса в представлении состава смеси непрерывным

Материалы и методы исследования

Разработка непрерывных по составу моделей предполагает использование функций плотности распределения активации по некоторой выбранной переменной [6].

Выберем такой переменной температуру кипения молекулы.

Стехиометрическая модель реакций смеси н-парафинов при гидрокрекинге в терминах непрерывного состава соответствует схеме:

$$n-P(x)+H_2 \xrightarrow{k_1(x)} n-P(x')+n-P(x-x'), \quad (1)$$

$$n-P(x) \underset{k_{-2}(x)}{\overset{k_2(x)}{\rightleftarrows}} i-P(x), \quad (2)$$

$$i-P(x)+H_2 \xrightarrow{k_3(x)} i-P(x')+n-P(x-x'). \quad (3)$$

Кинетическая модель состоит из трех интегродифференциальных уравнений, первое из которых описывает крекинг и образование парафинов нормального строения, второе – изопарафинов и третье описывает расход водорода в системе:

$$\frac{df_1(x)}{dt} = -k_1(x)f_1(x)f_3(x) + 2f_3(x)\int_x^b k_1(x)v_1(x,x')dx' - k_2(x)f_1(x) +$$

$$+ k_{-2}(x)f_2(x)f_3(x)\int_x^b k_3(x)v_2(x',x'-x)f_2(x)dx, \quad (4)$$

$$\frac{df_2(x)}{dt} = k_2(x)f_1(x) - k_{-2}(x)f_2(x) - k_{-3}(x)f_2(x)f_3(x) +$$

$$+ f_3(x)\int_x^b k_3(x')v_3(x',x)f_2(x')dx', \quad (5)$$

$$\frac{df_3(x)}{dt} = -f_3\int_a^b [f_1(x)k_1(x) + f_2(x)k_3(x)], \quad (6)$$

где x – переменная интервала a, b;
$f_1(x), f_2(x), f_3(x)$ – функции распределения состава нормальных парафинов, изопарфинов и количество водорода, соответственно;

$v_i(x)$ – матрица влияния, имеющая смысл вероятности разрыва связей $C - C$ в молекуле с длиной цепи x' с образованием компонента с длиной цепи x;
$k_i(x)$ – константы скорости в зависимости от числа атомов углерода в реагирующей молекуле [6].

Начальные условия модели: $t = 0$, $f_i\ (0) = f_j\ (x)$, $j = (1, n)^-$, $a \le x \le x^{\wedge\prime} < b$.

Для решения системы уравнений (4–6) использовался сравнительный анализ аналитического решения «Bench-mark experiment». Смысл этого метода заключается в фиксировании ядра компонентов, состоящего из вектора констант скорости математической модели (4)–(6). Фиксация ядра приводит к упрощению систем уравнений, превращая интегро-дифференциальные в обычные дифференциальные уравнения. В нашем случае фиксация происходит в точках $k_1(x)$, $k_2(x)$, $k_3(x)$, $k_{-2}(x)$, $k_{-3}(x)$.

Система уравнений (4)–(6) преобразуется в следующую систему:

$$\frac{df_1(x)}{dt} = -k_1(x) f_1(x) f_3(x) + 2 f_3 \begin{cases} \nu_1(x, x') f_1(x), x < x_1 \\ 0, x \ge x_1 \end{cases} - k_2(x) f_1(x) + k_{-2}(x) f_2(x) f_3 \begin{cases} \nu_2(x', x' - x) f_1(x), x < x_3 \\ 0, x \ge x_3 \end{cases}, \quad (7)$$

$$\frac{df_2(x)}{dt} = k_2(x) f_1(x) - k_{-2}(x) f_2(x) - k_{-3}(x) f_2(x) f_3(x) + f_3(x) \begin{cases} v_3(x', x' - x) f_1(x), x < x_3 \\ 0, x \ge x_3 \end{cases}, \quad (8)$$

$$\frac{df_3(x)}{dt} = q\, f_2(x). \quad (9)$$

Рассмотрим случай, когда $x < x_1, x < x_2, x < x_3, x < x_{-2}, x < x_{-3}$.

Предположим, что $f_2(x) = e^{\alpha_2 t} w(x), a\, f_3(x) = e^{g\alpha_2 t} w(x)$ и подставив f_2 и f_3 в уравнение (8), получим

$$f_1(x,t) = k_2^{-1} \left(\alpha_2 w(x) + k_{-2}(x) w(x)\right) e^{\alpha_2 t} - \left(v_3(x) - k_{-3}(x)\right) e^{\alpha_2 (\delta+1) t} w^2(x).$$

Приравняем уравнения (7) и (8) и подставим найденные ранее $f_1(x), f_2(x)$ и $f_3(x)$. Получим

$$k_2^{-1}(x)\alpha_2 \left(\alpha_2 w(x) + k_{-2}(x) w(x)\right) e^{\alpha_2 t} - \left(v_3(x) - k_{-3}(x)\right) \alpha_2 (\delta + 1) e^{\alpha_2 (\delta+1) t} - w^2(x) =$$

$$= -k_1(x) k_2^{-1}(x) \left[\left(\alpha_2 w(x) + k_{-2}(x) w(x)\right) e^{\alpha_2 t} - \left(v_3(x) - k_{-3}(x)\right) e^{\alpha_2 (\delta+1) t} w^2(x)\right] e^{g\alpha_2 t} w(x)$$

$$+2 e^{2g\alpha_2 t} w^2(x) v_1(x) k \left(\alpha_2 w(x) + k_2 w(x)\right) e^{\alpha_2 t} + \left(v_3(x) - k_{-3}(x)\right) e^{\alpha_2 (\delta+1) t} - w^2(x) +$$

$$+ k_{-2}(x) e^{2\alpha_2 t} w^2(x) e^{\delta \alpha_2 t} w(x) v_2(x).$$

Объединив подобные элементы, уравнение преобразуется к виду

$$k_2^{-1}(x)\alpha_2 \left(\alpha_2 + k_{-2}(x)\right) = -k_1(x) k_2^{-1}(x) \left(\alpha_2 + k_{-2}(x)\right) - \left(\alpha_2 + k_{-2}(x)\right)$$

$$2 e_1^{(2g\alpha_2 t)} w^2(x) v(x) - \left(v_3(x) - k_3(x)\right) \alpha_2 (\delta + 1) = \left(v_3(x) - k_3(x)\right) - k_1(x) k_2^{-1}(x) \left(\alpha_2 + k_{-2}(x)\right). \quad (10)$$

Таким образом, из уравнения (10) вытекают следующие равнозначные решения:

$$-v_1(x) = 0 \Rightarrow v_3(x) \text{ и } \alpha_2(x) = 1 \quad (11)$$

$$-v_2(x) = 0\, \delta = 1. \quad (12)$$

Взяв в качестве примера (12), получим аналитическое решение:

$$f_1(x,t) = \left(1 - k_3(x)\right) - k_1(x) k_2^{-1}(x) \left(1 + k_{-2}(x)\right), \quad (13)$$

$$f_2(x,t) = e^t w(x), \quad (14)$$

$$f_3(x,t) = e^{gt} w(x). \quad (15)$$

Результаты исследования и их обсуждение

В таблице представлены результаты расчета гидрокрекинга парафиновой фракции по модели (4)–(6). Расчет проводились для температуры $T = 389{,}5$ °С и давлении $P = 40$ атм. В первом и втором столбцах таблицы представлены названия и состав исходного сырья многокомпонентной смеси. В столбце 3 – состав продуктов, полученных в результате эксперимента нефтепереработки. В 4 – состав сырья, полученного в результате расчетов по математической модели.

Углеводородный состав сырья и продуктов гидрокрекинга смесей н-парафинов ($T = 389{,}85$ °С, $P = 40$ атм)

Углеводороды	Сырье, % вес	Продукты, % вес	
		Эксперимент	расчетные
водород	100	50	58,356
метан	0	0,55	0
этан	0	2,7	0
пропан	0	15,25	0
изобутан	0	10,87	8,4
бутан	10	14,42	12,4
изопентан	20	9,46	13.56
изогептан	14,42	6,60	10,42
пентан	9,46	0,00	0
изодекан	0	0,00	0
изогексан	0,0	23,57	20,02
гексан	40	7,26	35,054
гептан	20	3,99	15,054
изооктан	3,99	8,00	8,660
октан	8	0,00	7,999
нонан	0	0,00	0
декан	0	0,00	0
ундекан	0	0,00	0

Результат расчета по модели (4)–(6) представлены трехмерным графиком на рисунке. По оси x – название компонент состава, по оси y – количество компоненты в составе и по оси z – время расчета (рисунок).

Алгоритм расчета модели (4)–(6) заключается в следующем:

1. Задать начальное время работы модели $t = 0$, $\Delta t = 0{,}1$.

2. Распределить исходный состав по трем категориям: изопарафины, нормальные парафины и водород.

3. Для каждой категории подобрать функцию плотности распределения вероятностей.

4. Используя значения параметров процесса (констант скоростей). компонентов вектора начального состава смеси, рассчитать результаты процесса.

5. Рассчитать значение октанового числа.

6. $t = t + \Delta t$ и перейти к шагу 2.

7. Если значение октанового числа на каком-то шаге моделирования уменьшится – прекратить расчет

8. Если значение октанового числа не увеличивается в сторону заданного предела – прекратить расчет. Проанализировать результаты. Изменить значения параметров, связанные с технологическими показателями процесса. Вновь запустить расчет.

9. Если $t \geq t_{OPT}$ – прекратить расчет, вывести результат расчетов, проанализировать результаты, изменить значения параметров, связанные с технологическими показателями процесса. Вновь запустить расчет.

Адекватность модели для данного примера проверялась с помощью критерия Фишера:

$$F = \frac{\widetilde{\sigma_X^2}}{\widetilde{\sigma_Y^2}} \sim F(m-1, n-1),$$

где $\tilde{\sigma}^2 = \frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2$ – выборочная дисперсия; σ_X^2 – продукты (эксперимент), σ_Y^2 – продукты (расчет).

Результат проверки на адекватность: $\widetilde{\sigma_X^2} = 147{,}42$, $\widetilde{\sigma_Y^2} = 223{,}18$, $F = 0{,}83$.

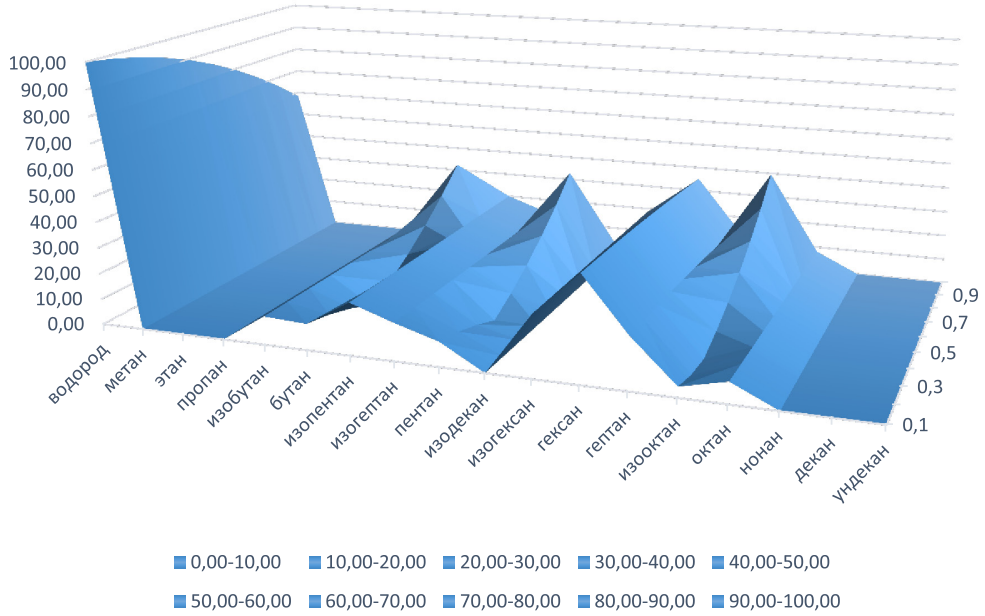
Для выяснения значимости проверки адекватности критерия Фишера использовали шкалу Чеддока:

1) $0{,}1 < F < 0{,}3$: слабая;
2) $0{,}3 < F < 0{,}5$: умеренная;
3) $0{,}5 < F < 0{,}7$: заметная;
4) $0{,}7 < F < 0{,}9$: высокая;
5) $0{,}9 < F < 1$: очень высокая.

Критерий Фишера показал высокую и прямую связь между данными: «продукты (эксперимент)» и «продукты (расчет)», так как значение коэффициента F входит в интервал (0,7; 0,9).

Выводы

Таким образом, разработана математическая модель кинетики реакций процесса гидрокрекинга смеси н-парафинов. Кинетическая модель, представленная в форме интегро-дифференциальных уравнений, позволяет в значительной мере сократить математическое описание процесса в реакторе. Алгоритм решения дифференциальных уравнений в трехмерном пространстве позволил визуализировать результаты процесса. Расчеты на модельной смеси и сравнение результатов расчета с результатами лабораторного эксперимента показали, что на 9-м шаге моделирования при заданных параметрах удается достичь значения октанового числа, равного 70.



Результаты расчета процесса гидрокрекинга н-парафинов фракции

Дальнейшая оптимизация возможна при условии правильно подобранных технологических параметров. Показана адекватность представленной математической модели при заданных начальных условиях.

Работа выполнялась в рамках гранта РФФИ 18-47-860003 р_а «Математическое моделирование процессов нефтепереработки и нефтехимии на основе динамических моделей в терминах смесей непрерывного состава».

Список литературы

1. Капустин В.М. Инновационное развитие нефтепереработки и нефтехимии России // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2011. № 6. С. 3–7.

2. Хавкин В.А., Гуляева Л.А., Винокуров Б.В. Место гидрогенизационных процессов в модернизации нефтеперерабатывающей промышленности России // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2014. № 7. С. 8–11.

3. Хавкин В.А., Винокуров Б.В., Гуляева Л.А., Шмелькова О.И., Виноградова Н.Я. О схемах НПЗ глубокой переработки нефти за рубежом и в России // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2011. № 5. С. 3–7.

4. Галкин В.В., Махиянов В.А., Левинбук М.И. Комплексный анализ эффективности схем переработки нефти в зависимости от мощности НПЗ в условиях изменения законодательства РФ. Часть 2 (с учётом схем глубокой переработки, влияния цены нефти) // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2014. № 2. С. 3–9.

5. Иванова А.С., Корнеева Е.В., Бухтиярова Г.А., Нуждин А.Л., Буднева А.А., Просвирин И.П., Зайковский В.И., Носков А.С. Гидрокрекинг вакуумного газойля в присутствии нанесенных Ni-W-катализаторов // Кинетика и катализ. 2011. Т. 52. № 3. С. 457–469.

6. Погореловский М.А., Микшина В.С., Назина Н.Б. К вопросу математического моделирования кинетики реакций процессов нефтепереработки // Вестник кибернетики. 2017. № 4. С. 129–134.

7. Глик П.А. Этапы моделирования процесса гидрокрекинга тяжелого нефтяного сырья // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых (Томск, 29 мая – 1 июня 2017 г.). Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2017. С. 292–293.

8. Скобелев В.Н., Хотунцова С.В., Благовещенский В.В. К механизму действия октаноповышающих присадок // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2015. № 30 (56). С. 49–52.

УДК 519.854

ЗАДАЧА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Надеждин Е.Н.

Российский государственный гуманитарный университет, Москва, e-mail: en-hope@yandex.ru

В реальных условиях эксплуатации корпоративная информационно-вычислительная сеть (ИВС) подвергается активному воздействию дестабилизирующих факторов различной физической природы. Одним из перспективных направлений обеспечения устойчивости функционирования сети является реализация способов динамического распределения информационных и программных ресурсов. В работе рассмотрены содержательная постановка и особенности формализации задачи распределения программных ресурсов между узлами ИВС. Задача определения оптимального плана размещения программных средств в узлах выделенного сегмента ИВС интерпретирована как задача о назначениях специального типа. Отличительными особенностями разработанной модели задачи распределения ресурсов от канонической задачи о назначениях являются: несоответствие числа размещаемых программных средств и количества узлов, выделяемых для их размещения; наличие логических дисциплинирующих условий, определяющих допустимые правила распределения ресурсов; введение дополнительных нелинейных функциональных ограничений, регламентирующих затраты на обслуживание программных средств и величину риска сокращения номенклатуры информационных услуг. В результате численного решения сформулированной задачи целочисленного программирования получен оптимальный в смысле минимума критерия затрат план распределения программных средств на конечном множестве узлов сегмента информационно-вычислительной сети. Полученное оптимальное решение гарантирует допустимый риск в вопросах снижения функциональности сети из-за реконфигурации программного обеспечения.

Ключевые слова: информационно-вычислительная сеть, распределение ресурсов, комплекс программных средств, план распределения программных средств, задача о назначении

THE TASK OF DISTRIBUTING SOFTWARE RESOURCES OF AN INFORMATION-COMPUTER NETWORK

Nadezhdin E.N.

Russian State University for the Humanities, Moscow, e-mail: en-hope@yandex.ru

Under real operating conditions the corporate information and computer network (IVS) is actively exposed to destabilizing factors of various physical nature. One of the promising directions of ensuring the stability of the network is the implementation of methods for the dynamic distribution of information and software resources. The article discusses the meaningful formulation and features of the formalization of the problem of distribution of software resources between nodes of the ITT. The task of determining the optimal plan for placing software on the nodes of the allocated IVS segment is interpreted as the task of assigning a special type. Distinctive features of the developed model of the resource allocation problem from the canonical assignment problem are: the mismatch of the number of placed software and the number of nodes allocated for their placement; the presence of logical disciplining conditions that determine the acceptable rules for the distribution of resources; the introduction of additional non-linear functional restrictions governing the cost of servicing software and the risk of reducing the range of information services. As a result of a numerical solution of the formulated integer programming problem, an optimal distribution plan for software on the finite set of nodes of the computer network segment is obtained in the sense of a minimum cost criterion. The resulting optimal solution guarantees acceptable risk in terms of reduced network functionality due to software reconfiguration.

Keywords: computer network, resource allocation, software package, software distribution plan, assignment task

В условиях интенсивного развития технологического базиса и информационной инфраструктуры постиндустриального общества на основе комплексного освоения нано-, био-, когнитивных и информационных технологий существенно обострилась проблема информационной безопасности. Закономерным результатом эволюции корпоративных средств защиты информации в информационно-вычислительных сетях (ИВС) стало создание систем комплексной защиты сетевых ресурсов [1], построенных на основе ведущих принципов системного подхода, кибернетики и искусственного интеллекта.

Один из перспективных подходов к задачам информационной безопасности ИВС заключается в осуществлении концепции ситуационного управления информационными рисками [2]. На эффективность реализации технологии управления информационными рисками существенное влияние оказывает используемый способ динамического распределения сетевых ресурсов. В авторской работе [3] с позиций ситуационного управления рисками информационной безопасности выделена частная задача синтеза механизма динамического управления сетевыми ресурсами и показана возможность её решения на основе применения моделей и методов математического программирования. Создание и реализация в ИВС специальных механизмов целенаправленного перераспределения

информационных и программных ресурсов способствуют повышению гибкости и устойчивости информационной инфраструктуры предприятий к воздействию деструктивных факторов различной физической природы.

Цель статьи: обоснование алгоритмического подхода к формализации задачи оптимального распределения компонентов специального программного обеспечения в узлах корпоративной ИВС на основе методов дискретного программирования.

Концепция динамического распределения программных ресурсов

В качестве объекта исследования в настоящей работе рассматривается динамично расширяющийся сегмент корпоративной ИВС. В составе его аппаратной платформы выделим центры обработки данных, телекоммуникационную сеть, включающую каналы связи, узлы связи и комплект дополнительного оборудования, а также узлы подключения коллективных пользователей. Представим с общих позиций постановку задачи распределения программных ресурсов в узлах сегмента корпоративной ИВС.

Пусть на конкретном этапе развития (или модернизации) корпоративной ИВС необходимо решить задачу выбора оптимального плана размещения комплексов специализированных программных средств (КПС) на конечном множестве узлов.

Примем следующие обозначения:

$U = (u_1,...,u_r,...,u_h), r = \overline{1,h}$ – множество узлов сегмента ИВС;

$D = (d_1,...,d_i,...,d_k), i = \overline{1,k}$ – множество информационных услуг (сервисов), предоставляемых конечным пользователям комплексом программных средств, реализованном на аппаратной платформе (в узле) сегмента ИВС;

$B = (b_1,...,b_j,...,b_n), j = \overline{1,n}$ – множество комплексов программных средств, предлагаемых для установки в узлах u_r;

$g_{r,j}$, $r = \overline{1,h}$; $j = \overline{1,n}$ – материальные затраты на установку КПС b_j в узле u_r;

$q_{r,i,j}$, $r = \overline{1,h}, i = \overline{1,k}$ – материальные затраты на предоставление установленным программным средством b_j, размещённым на узле u_r, информационной услуги d_i для реализации соответствующего сервиса.

Дополнительно введём следующие переменные:

$x_{r,j} = \{0;1\}$ – булева переменная, указывающая, входит (1) или нет (0) КПС b_j в состав программного обеспечения узла u_r;

$y_{r,i} = \{0;1\}$ – булева переменная, указывающая на возможность использования оборудования узла u_r для предоставления услуги d_i.

С учётом принятых обозначений для конкретного узла u_r сети определим суммарные затраты на установку, обслуживание и использование программного обеспечения:

$$F_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{n} g_{r,j} \cdot x_{r,j} + \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{k} q_{r,i,j} \cdot y_{r,i}. \qquad (1)$$

Здесь

$$x_{r,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } b_j \text{ входит в состав узла } u_r; \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$y_{r,i} = \begin{cases} 1, & \text{если оборудование узла } u_r \text{ используется для реализации услуги } d_i; \\ 0, & \text{впротивном случае.} \end{cases}$$

Функциональность и производительность конкретного КПС рассчитана на оказание определённого набора информационных услуг пользователям, поэтому следует предусмотреть минимальное c_r^0 и максимальное c_r^1 количество услуг, предоставляемых оборудованием узла u_r конечному пользователю. Для этого введём областное ограничение в виде неравенства

$$c_r^0 \le \sum_{i=1}^{k} y_{r,i} \le c_r^1. \qquad (2)$$

Далее введём дисциплинирующее условие

$$(x_{r,j} = 1) \wedge (y_{r,i} = 1) \to d_i = 1, \qquad (3)$$

которое означает, что услуга d_i может быть предоставлена программным средством b_j, если это средство введено в состав программного обеспечения узла u_r.

Учитывая конечное значение вычислительной мощности каждого узла u_r, предусмотрим ограничение на размещение программных средств:

$$0 \le \sum_{j=1}^{n} x_{r,j} \le \omega_r \quad \forall\, r = \overline{1,h}, \qquad (4)$$

где ω_r – допустимое количество единиц комплексов программных средств, которые могут быть установлены в узле u_r.

Формальная модель задачи выбора плана x^* размещения программных средств b_j $(j=\overline{1,n})$ в узлах сети u_r $(r=\overline{1,h})$ может быть представлена в двух вариантах.

В *первом случае* рассматривается задача поиска оптимального плана x^* размещения программных средств, при котором обеспечивается минимальная величина риска $R(x^*)$ невыполнения запросов пользователей сети, а совокупные затраты $F(x, y)$ на установку и сервисное обслуживание программного обеспечения не превышают допустимого уровня $C_Д$:

$$\begin{cases} x^* = \min\limits_{x\in X} R(x); \\ F(x,y) \le C_Д\ . \end{cases}$$

Во *втором случае* задача выбора оптимального плана заключается в определении такого плана размещения программных средств x^*, при котором совокупные затраты на установку и использование ресурсов минимальны, а величина риска $R(x^*)$ невыполнения запросов пользователей находится в допустимых пределах

$$\begin{cases} x^* = \min\limits_{x\in X} F(x); \\ R(x,y) \le R_Д. \end{cases}$$

Здесь $C_Д$ и $R_Д$ – соответственно допустимое значение затрат и верхний пороговый уровень риска, задаваемые с учётом специфики сети и системных требований к функциональности оборудования и программного обеспечения.

Функцию риска $R(x, y)$ в силу необходимости учёта большого числа факторов и нечёткости задания исходных данных следует отнести к классу невыпуклых функций, которую достаточно сложно представить в явном виде. Поэтому с прагматической точки зрения более предпочтительным является второй вариант постановки задачи. При этом функционал совокупных затрат $F(x, y)$ рассматривается как целевая функция экстремальной задачи, а функция риска $R(x, y)$ может быть интерпретирована либо как количество нереализованных услуг, либо как величина ущерба, обусловленного невыполнением заказа на обслуживание. Иными словами, ограничение на величину риска можно представить как дополнительное функциональное ограничение.

С учётом введённых выше обозначений совокупные затраты на размещение $F_1 = F_1(x)$ и поддержку $F_2 = F_2(x, y)$ программных ресурсов в узлах сети зададим с помощью обобщённого показателя

$$F = F_1 + F_2 = \sum_{j=1}^{n}\sum_{r=1}^{h} g_{r,j}\cdot x_{r,j} + \\ + \sum_{j=1}^{n}\sum_{r=1}^{h}\sum_{i=1}^{k} q_{r,i,j}\cdot x_{r,j}\cdot y_{r,i}\ . \qquad (5)$$

В соответствии с изложенными выше положениями предпочтительным будет такой план размещения программных ресурсов $\pi^* = (x^*, y^*)$ в узлах сети, для которого значение обобщённого показателя совокупных затрат (5) является наименьшим при условии выполнения всех ограничений. В нашем случае для определения плана $\pi^* = (x^*, y^*)$ размещения КПС в узлах ИВС требуется найти численное решение задачи дискретного программирования (в булевых переменных). *Оптимальным* считается такой план размещения заданного набора КПС в узлах выделенного сегмента сети, при котором удовлетворяются все дисциплинирующие условия, а совокупные затраты, определяемые показателем (5), минимальны.

Модель прикладной задачи распределения ресурсов

В соответствии с принятой в теории математического программирования терминологией сформулированная выше задача может быть отнесена к комбинаторным задачам о назначениях [4; 5].

Специфику формальной модели рассматриваемой прикладной задачи определяют следующие особенности:

1) бинарное представление векторов управляемых $\{x_{r,j}\}$ и вспомогательных $\{y_{r,i}\}$ переменных;

2) несоответствие числа КПС и количества узлов ИВС (т.е. $n \neq h$), выделяемых для их размещения; формально это положение отразим в виде областных ограничений, накладываемых на вектор управляемых параметров:

$$0 \le \sum_{j=1}^{n} x_{r,j} \le 1 \quad \forall\ r = \overline{1,h}\ ;$$

$$\sum_{r=1}^{h} x_{r,j} = 1 \quad \forall\ j = \overline{1,n}. \qquad (6)$$

2) наличие логических дисциплинирующих условий, определяющих допустимые правила распределения ресурсов;

3) введение дополнительных нелинейных функциональных ограничений, регламентирующих затраты на обслуживание размещенных в узлах программных средств и на величину допустимого ущерба от нереализованных информационных услуг.

Указанные выше признаки дают основание классифицировать рассмотренную задачу о размещении КПС в узлах сегмента ИВС как специальный вид канонической задачи о назначениях. В настоящее время в литературе нашли отражение различные модификации канонической задачи о назначениях [5; 6].

Для экспериментальной проверки и конкретизации предложенного автором методического подхода выполнена параметризация изложенной модели задачи. Сформулируем прикладную задачу выбора оптимального плана размещения КПС на конечном множестве узлов сегмента ИВС.

Пусть выделен сегмент корпоративной ИВС и задана его конфигурация в виде $n = 8$ узлов и связей между ними. На существующей аппаратной платформе следует разместить $h = 6$ комплексов программных средств, которые могут дополнительно предоставить пользователям $k = 10$ информационных услуг.

Требуется определить такой план размещения КПС $\pi^* = (x^*, y^*)$, для которого показатель затрат принимает минимальное значение $F(x, y) \to \min$, а величина совокупного риска (ущерба) невыполнения запроса на обслуживание не превышает допустимого уровня $R(x, y) = \sum_{i=1}^{m} \mu_i \cdot \overline{d_i} \le R_{\text{Д}}$. Здесь $\overline{d_i}, i = \overline{1,m}$ – нереализованные информационные услуги, μ_i – весовой коэффициент нереализованной услуги d_i.

Процесс определения плана размещения программных средств в комбинаторной задаче существенно зависит от размерности переменных x и y, которые в нашем случае представляют собой прямоугольные матрицы размером (8×6) и (8×10) соответственно. Для указанных условий задачи размерность вектора изменяемых параметров составит $|(x, y)| = 48 + 80 = 128$ единиц. В интересах обеспечения вычислительной устойчивости процесса поиска численного решения уменьшим размерность вектора переменных параметров путём изменения структуры критерия оптимальности (5), исключив из него составляющую $F_2 = F_2(x, y)$, содержащую компоненту $y = \{y_{r,j},\ r = \overline{1,8},\ j = \overline{1,10}\}$. При этом показатель затрат на оказание услуг перемещёнными средствами переведём в разряд функциональных ограничений

$$F_2(x, y) \le F_{\text{Д}}. \qquad (7)$$

Тогда задача дискретной оптимизации будет заключаться в минимизации функционала:

$$F(x) = F_1(x) = \sum_{j=1}^{n} \sum_{r=1}^{h} g_{r,j} \cdot x_{r,j} \to \min \qquad (8)$$

с учётом областных ограничений (2), (3), (6) и дополнительного функционального ограничения (7).

Примем также условие, что затраты на реализацию информационной услуги зависят от конкретного узла, в котором размещено программное средство. Дополнительно будем считать, бинарная матрица $y = \{y_{r,j},\ r = \overline{1,8},\ j = \overline{1,10}\}$ априорно задана. Указанные допущения позволяют заменить трёхмерную матрицу затрат $Q = \{q_{r,i,j}\}$ в выражении (7) на прямоугольную матрицу затрат $Q = \{q_{r,j}\}$.

Результаты численного решения прикладной задачи

Исходные данные для решения сформулированной прикладной задачи представлены в табл. 1–4.

Элемент $G = \{g_{i,j}\}$ матрицы затрат (табл. 1) на установку показывает в абсолютных единицах стоимости величину затрат на установку i-го КПС в j-м узле сегмента ИВС.

Опорному плану закрепления программных средств (табл. 4) соответствует значение показателя совокупных затрат $F(x) = F_1(x) = 209$ у.е., вычисленного по формуле (8). Совокупные затраты на реализацию сервисных услуг составили $F_2(x) = 179$ у.е.

Таблица 1

Матрица затрат на установку оборудования $G = \{g_{r,j}\}^T$

$r \setminus j$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	41	38	58	34	25	30	40	56
2	45	42	52	41	24	24	34	28
3	57	20	45	68	35	25	21	45
4	34	24	72	30	18	50	25	37
5	39	21	38	50	40	38	53	32
6	24	40	15	26	30	12	35	18

Таблица 2

Матрица затрат на предоставление услуг $Q = \{q_{r,i}\}$

$r \setminus i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	10	12	1	14	21	4	6	2	9
2	5	6	10	1	12	12	6	6	8	7
3	6	10	9	2	11	10	5	7	7	6
4	11	12	10	1	15	8	7	5	5	8
5	8	10	12	4	13	10	2	8	1	3
6	4	7	10	5	15	4	8	4	4	5
7	7	6	11	2	14	11	6	1	2	6
8	6	15	10	3	12	8	9	9	3	8

Таблица 3

Опорный план предоставления услуг узлами $y^* = \{y_{r,i}\}$

$r \setminus i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0
2	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1
4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
5	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
6	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1
7	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
8	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0

Таблица 4

Опорный план закрепления оборудования $x_0 = \{x_{r,j}\}^T$

$j \setminus r$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0

Таблица 5

Оптимальный план x^* размещения КПС в узлах сети

$j \setminus r$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	0
5	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0

Для численного решения прикладной задачи определения плана распределения КПС применён метод дискретного случайного поиска, разработанный И.В. Сергиенко [7], многократно показавший на практике высокую эффективность при решении комбинаторных задач целочисленной оптимизации. В ходе вычислительного эксперимента получен план, представленный в виде матрицы x^* закрепления КПС за узлами сегмента сети (табл. 5). Указанному оптимальному решению прикладной задачи соответствует значение критерия затрат $F(x) = F_1(x) = 144$ у.е.

Совокупные затраты на реализацию сервисных услуг по запросам пользователей, как показали расчеты, при реализации оптимального плана распределения не превышают $F_2(x, y) = 171$ у.е.

Таким образом, в результате численного решения специальной задачи о назначениях в булевых переменных был получен оптимальный план размещения КПС в узлах ИВС (табл. 5). Согласно найденному решению предлагается разместить КПС в узлах: 2, 3, 4, 5, 6, и 7. Осуществление полученного плана позволит реализовать заданный комплекс информационных услуг при минимальных затратах на установку КПС (табл. 4) и допустимых ограничениях на стоимость обслуживания программных средств. В случае использования плана x^* размещения КПС уровень затрат на установку КПС снизится (по отношению к исходному опорному плану (табл. 4)) на 31,1 %.

Заключение

В основе предложенного алгоритмического подхода лежит процедура преобразования формальной модели задачи распределения программных средств к задаче о назначениях специального типа. В рассмотренной прикладной задаче минимизируются затраты на установку программных средств с учетом ограничений, которые накладываются на стоимость обслуживания программных средств и величину ущерба, обусловленного сокращением номенклатуры информационных услуг, предоставляемых конечным пользователям. Для получения более корректных результатов и формирования на их основе практических рекомендаций по динамическому распределению компонентов специального программного обеспечения на сегменте ИВС необходимо конкретизировать исходные данные (табл. 1–3), а методику расчета показателей затрат дополнить детализированной топологической моделью сегмента ИВС. В качестве направления дальнейших исследований можно указать обоснование рационального способа дифференцированного учета функциональности отдельных КПС.

Список литературы

1. Сердюк В.А. Организация и технологии защиты информации: обнаружение и предотвращение информационных атак в автоматизированных системах предприятий: учебное пособие. М.: Изд. дом гос. ун-та – Высшей школы экономики, 2011. 572 с.

2. Надеждин Е.Н., Сурков Е.В. Кибернетические аспекты управления рисками информационной безопасности в компьютерных сетях образовательных организаций // Современные наукоёмкие технологии. 2016. № 10–2. С. 279–285.

3. Надеждин Е.Н., Репин Д.С. Механизм защиты от сетевых атак на основе динамического распределения ресурсов // Информатизация образования и науки. 2018. № 1 (37). С. 80–92.

4. Токарев В.В. Методы оптимизации: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2018. 440 с.

5. Хыдырова Г.Д., Душкина А.Ю., Савина А.Г. Математическая модель задачи о назначениях и возможности её использования при принятии управленческих решений // Научные записки ОрелГИЭТ. 2013. № 1 (7). С. 305–310.

6. Медведева О.А., Полетаев А.Ю. Решение задачи о назначениях с дополнительным требованием // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2016. № 1. С. 77–81.

7. Сергиенко И.В. Приближенные методы решения дискретных задач оптимизации. Киев: Наукова Думка, 1980. 275 с.

УДК 004.942

ПРЕДПОСЫЛКИ И ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ МНОГОСВЯЗНЫХ СИСТЕМ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Сабитов М.А., Семенов Б.В., Кузяков О.Н.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет (ТИУ)», Тюмень,
e-mail: marat-030997@mail.ru, semenovbv@tyuiu.ru, kuzjakovon@tyuiu.ru

В статье рассматривается моделирование парового котла как многосвязной системы. Для описания многосвязной системы предлагается использовать декомпозицию системы на функциональные блоки, в пределах которых происходит взаимодействие потоков теплоносителей. На основании связей между блоками предлагается строить структурную схему объекта и с помощью передаточных функций описывать взаимодействие потоков между собой и со средой. Использование передаточных функций вызвано целью создания модели – анализа процессов управления и синтеза управляющих или корректирующих устройств. Поскольку моделируемая система является нестационарной и нелинейной, параметры передаточных функций являются зависимыми от параметров потоков, среды взаимодействия и внешних факторов. Неопределенность в определении указанных зависимостей, сложность использования классических моделей гидродинамики и теплообмена создают предпосылки для использования дискретных моделей описания потоков сплошных сред. При этом принципиальным является получение некоторых интегральных характеристик потоков, замена распределенной системы эквивалентом с сосредоточенными параметрами, кроме того, большое внимание уделяется эффективности вычислительных алгоритмов. Анализируются современные подходы к формированию адекватных моделей потоков теплоносителей, оценивается возможность применения теории вероятностей и математической статистики, искусственных нейронных сетей, аппарата нечеткой логики и клеточных автоматов.

Ключевые слова: теплоэнергетика, паровой котел, имитационное моделирование, многосвязная система, нестационарная система, передаточная функция, структурная схема, неопределенность

BACKGROUND AND DEVELOPMENT OPTIONS OF HYBRID MODELS FOR MULTI-CONNECTED SYSTEMS IN HEAT POWER ENGINEERING

Sabitov M.A., Semenov B.V., Kuzyakov O.N.

Tyumen Industrial University (TIU), Tyumen,
e-mail: marat-030997@mail.ru, semenovbv@tyuiu.ru, kuzjakovon@tyuiu.ru

The article provides models of a steam boiler as a multi-connected system. To describe a multi-connected system, it is proposed to use the decomposition of the system in functional blocks, within which the interaction of heat transfer fluid flows occurs. Based on the relationships between the blocks, it is proposed to create a structural scheme of the object and, using transfer functions, to describe the interaction of flows between themselves and with the environment. The use of transfer functions is caused by the main aim of simulation – the analysis of control processes and the synthesis of control or corrective devices. This model is non-stationary and non-linear, and the parameters of the transfer functions depend on the parameters of the flows, the interaction environment, and external factors. Uncertainty about the dependencies' types, the complexity of using classical hydrodynamics and heat transfer models are the reasons impelling to implement discrete description of continuum mechanics models. In this case, it is fundamentally to obtain some integral characteristics of the flows, replacing the distributed system with an equivalent with lumped parameters. In addition, much attention is paid to the efficiency of computational algorithms. The modern approaches to the formation of adequate flow models are analyzed, the possibility of using probability theory and mathematical statistics, artificial neural networks, fuzzy logic and cellular automata is evaluated.

Keywords: heat power engineering, steam boiler, simulation, multi-connected system, non-stationary system, transfer function, structural scheme, uncertainty

Вся история человечества характеризуется настойчивыми попытками описания окружающего мира в строго фиксированных категориях. Философские рассуждения каждой эпохи сводились к поиску первопричин, литература – к отражению наиболее актуальных проблем своего периода. Широко известные легенды и мифы Древней Греции – это не что иное, как систематизация частичных представлений о мире в художественной форме, выражающая непоколебимую идею об упорядоченности и обусловленности событий. С развитием точных и естественных наук произошел раздел сфер влияния, так что несмежные области знания начали говорить практически на разных языках. Лишь с рождением таких понятий, как «системный подход» и «системные исследования», междисциплинарность и диффузия одних наук в другие стали очевидными и рациональными в научном сообществе. Параллельно с этим начали набирать силу такие направления, как имитационное моделирование, исследование операций, синергетика [1]. К настоящему моменту взаимное влияние преобразило самую суть смежных дисциплин и размыло границы между ними.

Моделирование технологических систем и процессов – несравненно более узкая сфера изысканий, имеющая, тем не менее, колоссальное влияние на жизнь общества. Централизованное производство тепловой и электрической энергии априори требует высокой степени внимания к показателям надежности, безопасности, эффективности и экологичности. Многие объекты топливно-энергетического комплекса относятся к категории многосвязных нестационарных нелинейных объектов управления, и на данный момент разработано множество подходов к моделированию подобных систем. Так, в статье [2] описан классический подход к построению математических моделей многосвязных объектов управления, состоящий в переходе от качественных зависимостей между переменными объекта к структурированной формализации задачи. В работе [3], напротив, предпочтение отдается перспективным методам управления ГТУ – адаптивной САУ с эталонной моделью, САУ с применением нечеткой логики и управляющей системе, основанной на нейронных сетях.

Рассматривая модель с позиции ее использования в процессе автоматического управления, авторы склоняются к использованию гибридной модели, включающей в себя аппарат теория автоматического управления, классического дифференциального исчисления и технологий искусственного интеллекта. Целью данной работы является анализ современных подходов к построению моделей многосвязных объектов, перспектив использования гибридных алгоритмов в данном контексте.

Материалы и методы исследования

В статье [4] авторами рассматривался подход, основанный на декомпозиции технологического объекта или технологического процесса и представлении каждой части в виде некоторого функционального блока. Предполагалось, что блоки воздействуют друг на друга с помощью потоков различной природы – энергии, вещества, а также информации – а потому могут определять некоторые операции над потоками. Рассматриваемая система – паровой котел в составе парогазовой установки – представляет собой многосвязную нелинейную нестационарную систему, в которой основное значение имеют потоки теплоносителей. Эти потоки в системе движутся по индивидуальным траекториям, пересекая блоки в определенном порядке и взаимодействуя в пределах каждого блока между собой, а также напрямую с самой системой, косвенно – с окружающей средой. Таким образом, можно утверждать, что на характер взаимодействий внутри блока оказывают влияние три группы величин:

1. Характеристики потоков.

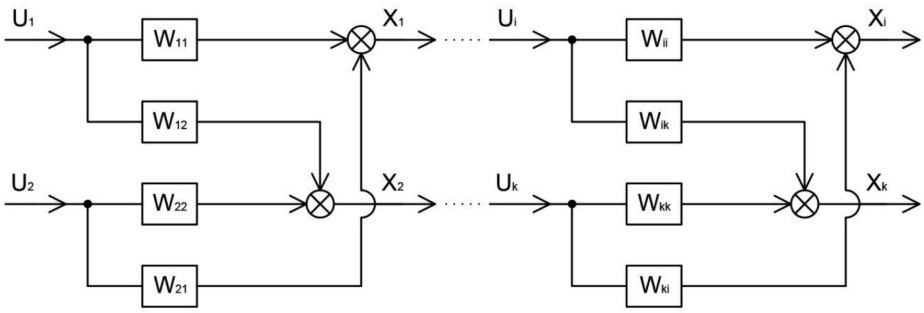
2. Характеристики среды взаимодействия – то есть самого блока.

3. Внешние причины, не относящиеся ни к блоку, ни к рассматриваемым потокам (это могут быть неучтенные факторы, в частности неучтенные потоки).

На данном этапе будем рассматривать каждый поток и сам блок как объекты с сосредоточенными параметрами, но, как отмечалось ранее, нестационарные. Процессы внутри блока могут быть описаны следующей системой уравнений в изображениях по Лапласу:

$$\begin{bmatrix} X_1(p) \\ X_2(p) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(p) & W_{12}(p) \\ W_{21}(p) & W_{22}(p) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} U_1(p) \\ U_2(p) \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $U_1(p)$ – изображения некоторого входного параметра первого потока; $U_2(p)$ – изображения входного параметра второго потока; $X_1(p)$ – изображения некоторого выходного параметра первого потока; $X_2(p)$ – изображения выходного параметра второго потока; $W_{ij}(p)$ – передаточная функция, связывающая изменение выходного параметра i с изменением входного параметра j. Движение потоков теплоносителей в общем случае предполагает прохождение различных последовательностей блоков. В пределах каждого блока процессы взаимодействия могут быть описаны с помощью передаточных функций – по четыре на каждый блок. Для использования этих передаточных функций в вычислительном эксперименте необходимо определить как их типы, так и определяющие параметры. Рассматриваемая многосвязная система может быть описана структурной схемой следующего вида (рисунок).



Структурная схема многосвязного объекта управления с двумя потоками теплоносителей – потоком пара (воды) и потоком дымовых газов

Проанализируем смысловую нагрузку каждой передаточной функции:

– W_{11} (как и W_{ii}) связывает изменение выходного параметра первого потока с входным параметром того же потока – эта передаточная функция не учитывает взаимодействие потоков между собой, но акцентирует внимание на взаимодействии потока со средой;

– W_{22} (как и W_{kk}) связывает изменение выходного параметра второго потока с входным параметром того же потока – по смысловому значению эта передаточная функция аналогична W_{11};

– W_{12} (как и W_{ik}) связывает изменение выходного параметра второго потока с входным параметром первого потока – эта передаточная функция учитывает взаимодействие потоков между собой, не учитывая их взаимодействие со средой;

– W_{21} (как и W_{ki}) связывает изменение выходного параметра первого потока с входным параметром второго потока – по смысловому значению эта передаточная функция аналогична W_{12}.

Будем исходить из физической и химической природы процессов, происходящих в системе, при решении задач структурной и параметрической идентификации. На данном этапе будем рассматривать передаточные функции без запаздывания. Взаимодействие потоков со средой не предполагает теплообмен, однако, поскольку движение теплоносителей происходит в каналах, потоки теряют энергию на преодоление линейных и местных гидравлических сопротивлений. В пределах одного блока линейные участки могут чередоваться с местными сопротивлениями, и общие потери давления в результате движения по такому участка для потоков рассчитываются по формуле

$$\Delta p = \frac{1}{2}\left[\sum_{i=1}^{m}\xi_i w_i^2 \rho_i + \sum_{j=1}^{n}\frac{L_j}{D_j}\lambda_j w_j^2 \rho_j\right], \qquad (2)$$

где w_i, w_j – скорость потока на i-м и j-м участках соответственно, м/с; ρ_i, ρ_j – плотность потока на i-м и j-м участках соответственно, кг/м^3; ξ_i – коэффициент местного гидравлического сопротивления на i-м участке; L_j – характеристическая длина j-го участка, м; D_j – характеристический диаметр j-го участка, м; λ_j – коэффициент Дарси (коэффициент потерь на трение по длине) j-го участка. Перепад давления, испытываемый на участке, может быть измерен при различных скоростях и температурах потока, а затем по экспериментальным значениям Δp, w, T могут быть определены функциональные зависимости. С большой долей вероятности можно предположить, что прямое или косвенное измерение температуры и скорости потока производится не на всех локальных участках, общее количество которых равно $m + n$. Совокупность участков неоднородна, сложна и характеризуется следующими особенностями:

1. Участки неравномерны как по геометрическим, так и по техническим свойствам, а потому вносят различный вклад в изменение параметров потока.

2. Изменение целевого параметра не обязательно является монотонной функцией пройденного поток пути.

3. Количество участков, которое может быть выделено, является произвольным, поэтому необходим некоторый критерий, задающий условие остановки дробления.

Усреднение скорости потока в качестве одного из возможных решений означает постоянство режима течения, что в свою очередь отразится на модели теплообмена между потоками. Уравнения, описывающие турбулентный режим движения жидкости или газа по сравнению с ламинарным режимом имеют корреляции, вызванные не только пульсациями скорости, но и пульсациями плотности и температуры, при этом для замыкания системы уравнений требуются дополнительные соотношения [5]. Очевидно, что эта часть модели требует подробного изучения и принятия специального решения.

Для описания взаимодействия между потоками теплоносителей можно попытаться использовать апериодическое звено первого порядка, что требует на этапе параметрической идентификации вычисления четырех неизвестных параметров (коэффициенты W_{12} и W_{21}). В работе [4] было предложено использовать следующее определения постоянной времени, полученное на основе подобия физических процессов:

$$T = C_p \cdot L \cdot R, \qquad (3)$$

где L – характеристический размер рассматриваемого объема газовой смеси в блоке, м; c_p – изобарная теплоемкость газовой смеси, Дж/(м^3·К); R – термическое сопротивление в блоке, К·с·м^2/Дж. Для расчета изобарных теплоемкостей были аппроксимирующие функции, термическое сопротивление является величиной, обратной коэффициенту теплопередачи, характеристический объем в связи с неопределенностью состояния потока подлежит уточнению.

Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность взаимодействия потоков и определяет теплообмен между ними. Примем за основной параметр потока температуру. Поскольку значения температур потоков на выходе и выходе из блока предполагаются известными или рассчитанными, то коэффициент может быть вычислен, казалось бы, банальным отношением температуры на выходе к температуре на входе. Такой расчет имеет три серьезных недостатка:

1. Не учитываются инерционные свойства потоков.

2. Не учитываются транспортные запаздывания.

3. Коэффициенты передачи зависят от самих температур потоков и от множества других факторов, причем учесть все в полной мере априори невозможно.

Следовательно, процесс теплообмена также требует некоторого приближения.

Результаты исследования и их обсуждение

Нужно отметить, что в целом нас интересует некоторая интегральная характеристика взаимодействия, построенная на основе усредненных параметров потоков. Основная сложность заключается в моделировании самих потоков. Поскольку поток представляет собой ключевую фигуру в предлагаемой концептуальной модели, рассмотрим возможные варианты его описания. На текущий момент в качестве базы имитационного моделирования выделяют четыре парадигмы: дискретно-событийное моделирование, динамическое моделирование, системная динамика в смысле Форрестера и мультиагентный подход. При этом все четыре компонента используют причин-

но-следственный механизм продвижения процессов во времени, а отличия заключаются в оперировании различными наборами объектов [6].

Известно, что параметры, определяющие тепловые процессы, носят неопределенный интервально стохастический характер. В работе [7] предложен метод моделирования, основанный на получении уравнений для статистических мер (математических ожиданий, дисперсий, ковариаций) тепловых процессов при заданных статистических мерах входных интервально стохастических определяющих параметров. Однако в данной работе предполагается разбиение системы на совокупность изотермических элементов, находящихся во взаимодействии между собой, в то время как принятая концепция предполагает изобарные и неизотермические процессы. К тому же предлагаемые изотермические элементы располагаются неподвижно в пространстве, что совершенно отличает их от потоков, которые движутся с переменной скоростью и взаимодействуют друг с другом в различных сечениях.

Очевидно, что описание потока в каждой его точке при заданном уровне дискретизации является избыточным с позиции процесса управления – требуются лишь некоторые интегральные характеристики потоков. Кроме того, следует учитывать зашумленность измеренных сигналов. Все вышеперечисленное наталкивает на мысль использования нечеткой логики для устранения неопределенности в определении характеристик потока. Нечеткая логика особенно уместна, когда процесс сложен, не полностью известен, медленен и труден для моделирования аналитически или экспериментально [8]. Основное требование, однако, заключается в том, что должна быть доступна база знаний. Использование нечетких множеств при высокой степени гранулированности информации позволяет сократить объем обрабатываемой информации и тем самым ускорить вычисления [9]. Для обучения нечеткой модели потока можно использовать методы, основанные на использовании нейронечетких сетей.

В статье [10] рассматривается моделирование поведения газа с помощью клеточного автомата, функционирующего в режиме синхронной работы. На каждом шаге по времени изменение состояния происходит в два этапа: сначала происходит перемещение частиц в соседние узлы (этап сдвига), а затем соударение частиц в узлах (этап столкновения). Эффективность применения клеточных автоматов привела к большому разнообразию их типов, описываемых во множестве публикаций. Так, в исследовании [11] демонстрируется применение нечеткого клеточного автомата для регулирования поля температуры. Показано, что задачу расчета поля температуры в динамических условиях можно решить с помощью нечетких клеточных автоматов без памяти или нечетких комбинационных схем. Матричный подход нечеткой логики позволяет достичь большей гибкости в использовании аппаратных ресурсов, чем вычислительный метод, основанный на решении интегро-дифференциальных уравнений.

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что предлагаемая авторами концепция построения блочной модели парового котла может быть реализована в виде гибридной информационной системы, основанной на применение операторного исчисления и подкрепленной методами искусственного интеллекта. Результаты подобного синтеза будут представлены в последующих работах.

Список литературы

1. Моделирование систем и процессов / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Издательство Юрайт, 2019. 450 с.

2. Саиф Н.М., Матвейкин В.Г., Дмитриевский Б.С., Башкатова А.В., Мамонтов А.А. Математические модели многосвязных объектов управлениям // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2019. Т. 25. № 1. С. 53–62. DOI: 10.17277/vestnik.2019.01.pp.053-062.

3. Зиятдинов И.Р., Кавалеров Б.В. Сравнительный анализ перспективных методов автоматического управления газотурбинной установкой как многосвязным объектом управления // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2018. № 28. С.18–31.

4. Сабитов М.А., Ведерникова Ю.А. Разработка модели установки комбинированного цикла с использованием функциональных блок-диаграмм // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. № 5. С. 38–43.

5. Павловский В.А., Никущенко Д.В. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы: учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2018. 368 с.

6. Кутузов О.И., Татарникова Т.М. К анализу парадигм имитационного моделирования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 3. С. 552–558. DOI: 10.17586/2226-1494-2017-17-3-552-558.

7. Мадера А.Г., Кандалов П.И. Математическое моделирование интервально стохастических тепловых процессов в технических системах при интервальной неопределенности определяющих параметров // Компьютерные исследования и моделирование. 2016. Т. 8. № 3. С. 501–520. DOI:10.20537/2076-7633-2016-8-3-501-520.

8. De Silva C.W. Intelligent control: fuzzy logic applications. N.Y.: CRC Press, 2018. 368 p.

9. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / Пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 801 с.

10. Бобков С. П., Чернявская А. С. Имитация потоков сплошной среды с использованием дискретных моделей // Вестник ИГЭУ. 2019. № 3. С. 68–75.

11. Марценюк М.А., Селетков И.П. Нечеткий клеточный автомат для регулирования поля температуры // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2015. № 2–3 (217–222). С. 125–138. DOI: 10.5862/JCSTCS.217-222.11.

УДК 621.791:539.374

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛАСТИНЕ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ СО СВАРНЫМ НАПЛАВОМ

Ткачева А.В., Абашкин Е.Е., Жилин С.Г., Комаров О.Н.

ФГБУН «Институт машиноведения и металлургии» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМиМ ДВО РАН), Комсомольск-на-Амуре, e-mail: zhilin@imim.ru

Конструкционные углеродистые стали отличаются повышенными физико-механическими свойствами, однако получению сварной конструкции, включающей элементы, выполненные из таких сталей, в немалой степени, препятствует высокий углеродный эквивалент. Этот параметр определяет склонность к образованию пор и трещин, появляющихся в результате внутренних напряжений, что приводит к усложнению технологии получения сварного соединения. В этой связи использование трудносвариваемых углеродистых сталей для получения сварных конструкций ограничено и определяет недостаток информации о влиянии локального нагрева на структуру и физико-механические свойства материала пластины из углеродистой стали. Необходимость получения неразъемного соединения с высокими прочностными и эксплуатационными характеристиками определяет актуальность поиска вариантов формирования и прогнозирования свойств материала, наплавляемого на поверхность стали с высоким углеродным эквивалентом. В работе представлены результаты изучения влияния точечного высокоинтенсивного нагрева на формирование остаточных напряжений в материале пластины, выполненной из стали 45. Приведена математическая модель, построенная на основе модели Прандтля – Рейса, где в качестве закона пластического течения принимается условие Ишлинского – Ивлева, в котором введены слагаемые, учитывающие упрочнение и вязкость. Предел текучести и упругие модули принимаются зависимыми от температуры. В качестве фазового перехода полагается условие фиксирования упругих модулей при наивысшей температуре. Рассчитанные значения остаточных напряжений сравниваются с практическими, полученными с поверхности пластины, деформируемой в процессе нагрева, в ходе натурного эксперимента.

Ключевые слова: электродуговая сварка, углеродистая сталь, температурные напряжения, точечный нагрев, упругость, пластичность, вязкость, условие Ишлинского – Ивлева

FORMATION OF TEMPERATURE STRESSES IN A PLATE FROM CARBON STEEL WITH WELDED FUSION

Tkacheva A.V., Abashkin E.E., Zhilin S.G., Komarov O.N.

Federal state budgetary institution of science Institute of Machinery and Metallurgy of Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Komsomolsk-na-Amure, e-mail: zhilin@imim.ru

Structural carbon steels are distinguished by enhanced physical and mechanical properties, however, a high carbon equivalent impedes the production of a welded structure including elements made of such steels to a large extent. This parameter determines the tendency to form pores and cracks resulting from internal stresses, which complicates the technology for producing a welded joint. In this regard, the use of hard-to-weld carbon steels to obtain welded structures is limited and determines the lack of information about the influence of local heating on the structure and physicomechanical properties of the material of the carbon steel plate. The need to obtain an integral connection with high strength and operational characteristics determines the relevance of the search for options for the formation and prediction of the properties the material deposited on the surface of steel with high carbon equivalents. The paper presents the results of studying the influence of high-temperature heating on the formation of residual stresses in the material of a plate made of steel 45. A mathematical model based on the Prandtl-Reis model is presented, where the Ishlinsky-Ivlev condition is accepted as the law of plastic flow, in which the terms are introduced taking into account hardening and viscosity. The yield strength and elastic moduli are assumed to be temperature dependent. As a phase transition, the condition for fixing elastic modules at the highest temperature is assumed. The calculated values of the residual stresses are compared with the practical that obtained from the surface of a plate deformed during heating received from the full-scale experiment.

Keywords: electric arc welding, carbon steel, temperature stresses, spot heating, elasticity, ductility, viscosity, Ishlinsky-Ivlev condition

Уникальными прочностными и эксплуатационными свойствами конструкционных углеродистых сталей, как правило, пренебрегают при получении сварных конструкций. Причинами отказа от использования этих сталей в сварке являются повышенная трудоемкость процесса, вследствие высокого углеродного эквивалента, который определяет склонность неразъемного соединения к образованию пор и трещин, являющихся следствием внутренних напряжений. Так как использование трудносвариваемых сталей с высоким углеродным эквивалентом ограничено при получении сварных конструкций недостаточно изученным представляется влияние локального нагрева на структуру и физико-механические свойства пластины. Актуальность исследований, связанных с изучением вопросов формирования и прогнозирования свойств материала, наплавляемого на поверхность углеродистой стали, определяется необхо-

димостью получения неразъемного соединения с высокими прочностными и эксплуатационными характеристиками.

Сборка металлоконструкций из неразъемных соединений, полученных сваркой, в ряде случаев затрудняется по причине нарушения геометрической точности, являющейся следствием температурного градиента, приводящего к появлению закалочных структур. Изменения структуры в области активного теплового воздействия свидетельствуют о протекании в металле пластического течения. Температурные напряжения, как правило, концентрируются в окрестности области теплового воздействия, приводя к появлению дефектов. Металл в области пластического течения обладает иными механическими характеристиками в отличие от основного металла. Предварительными исследованиями установлено, что предел текучести в этой области увеличивается, что свидетельствует об упрочнении материала. Также возможно появление области разупрочнение металла [1, 2]. Упругие модули понижаются в области высокой температуры и восстановить прежние значения при остывании не могут, что объясняется фазовыми изменениями [3].

Таким образом, проблемой при проектировании сварных конструкций из указанных видов сталей является определение величины остаточных напряжений и деформаций в зоне интенсивного температурного влияния с целью их регулирования. Этой проблеме посвящено значительное число работ [4–6], в том числе и авторами настоящего исследования [7, 8]. В работе [9] представлены результаты математического моделирования процесса точечного нагрева диска с образованием наплава. Однако такое решение не совпадает со значениями остаточных напряжений, зарегистрированными на поверхности пластины, поэтому было принято решение усложнить математическую модель введением вязкости и упрочнения в пластическое течение и сравнить результаты расчетов с экспериментальными данными.

Недостаточный объем информации об экономической эффективности применения трудносвариваемых углеродистых сталей определяет целый ряд проблем, связанных с оптимизацией таких технологических параметров производства, как расход электродного материала; трудоемкость сварочных и слесарных работ (связанных с разделкой кромок, устранением окалины и т.д.). Недостаток практической составляющей в экономических расчетах такого плана и, как следствие, возможности прогноза расхода материалов, трудовых и временных затрат, определяют актуальность исследований, представленных в настоящей работе.

Цель исследования: разработка и экспериментальное подтверждение адекватной математической модели расчета остаточных напряжений в материале пластины из углеродистой стали со сварным наплавом на основе условия максимальных приведенных напряжений (Ишлинского – Ивлева) с введением слагаемых, отвечающих за упрочнение материала и вязкости при пластическом течении.

Материалы и методы исследования

В расчетах за основу математической модели принята модель Прандтля – Рейса, в которой деформации малы и складываются из обратимых e_{ij}^e и необратимых e_{ij}^p

$$d_{ij} = e_{ij}^e + e_{ij}^p = 0,5\left(u_{i,j} + u_{j,i}\right), \quad (1)$$

где $u_{i,j}$ – компоненты вектора перемещений, d_{ij} – компоненты тензора полной деформации.

Обратимые деформации связаны с напряжениями σ_{ij} и температурой T законом Дюамеля – Неймана [10]

$$\sigma_{ij} = \left(\lambda e_{kk}^e - 3\alpha K\left(T - T_0\right)\right)\delta_{ij} + 2\mu e_{ij}^e, \quad (2)$$

σ_{ij} – компоненты тензора напряжений, T, T_0 – текущая и начальная температура, λ, μ, K – упругие модули, μ – модуль сдвига G, $K = \lambda + \frac{2}{3}\mu$ – модуль всестороннего сжатия.

Необратимые деформации развиваются, если напряженное состояние достигнет поверхности нагружения согласно ассоциированному закону пластического течения [11]

$$\varepsilon_{ij}^p = \frac{de_{ij}^p}{dt} = d\xi\frac{\partial f\left(\sigma_{ij}\right)}{\partial\sigma_{ij}}; d\xi > 0; f\left(\sigma_{ij}\right) = 0, \quad (3)$$

$f\left(\sigma_{kl}, \eta, c, k\right) = 0$ – уравнения поверхности нагружения в пространстве напряжений, k – предел текучести материала, c, η – коэффициенты упрочнения и вязкости.

В качестве наступления пластического течения использовано условие максимальных приведенных напряжений Ишлинского – Ивлева) [12, с. 120]

$$f = \max\left|\sigma_i - \eta\varepsilon_i^p - ce_i^p - \sigma\right| - \frac{4}{3}k = 0,$$

$$\sigma = \frac{1}{3}\sigma_{jj}. \quad (4)$$

Распределение температуры задается законом температуропроводности [13]

$$\frac{\partial T}{\partial t} = aT_{,jj} - \chi\left(T - T_0\right), \quad (5)$$

где a – коэффициент температуропроводности, χ – коэффициент теплоодачи $\chi = 2\beta\left(\varsigma\rho h\right)^{-1}$ β – коэффициент теплоотдачи от деформируемого и проводящего тепло тела в окружающую среду, ς – удельная теплоемкость на единицу массы, ρ – плотность материала пластины, h – толщина пластины.

Принимая во внимание высокую температуру нагрева материала, в отличие от классического случая теории температурных напряжений, задаваемой зависимостями (1)–(3), когда в них λ, μ, η, *k* постоянные величины, связали их зависимости от температуры

$$k(T)=k_0(\tau)^2;\quad \eta(T)=\eta_0(1-\tau);\quad v(T)=0,5-(0,5-v_0)\tau;$$

$$\lambda=\frac{2v\mu}{1-2v};\quad \tau=\frac{T_p-T}{T_p-T_0};$$

$$\mu=\mu_0\left(-65,94\cdot10^{-3}T^2+41,08T+77,82\cdot10^3\right)\cdot84000^{-1}. \qquad (6)$$

В (6) k_0, η_0, v_0, μ_0 – предел текучести, коэффициенты вязкости, коэффициенты Пуассона, модуль сдвига при комнатной температуре, T_p – температура плавления металла.

Завершает систему уравнений (1–6) уравнение равновесия

$$\sigma_{ij,i}=0. \qquad (7)$$

Для проведения натурного эксперимента использовали пластины шириной 100 мм, длиной 200 мм, толщиной 12 мм, выполненные из конструкционной углеродистой стали 45 (ГОСТ 1050-2013). Остаточные напряжения определяли на рентгенодифрактометрическом анализаторе RIGAKU MSF-3M до начала теплового воздействия (с целью подтверждения малых значений напряжений) и после остывания. В центре пластины (рис. 1), помещали источник тепла (электрическая дуга) и производили нагрев до температуры $T(0,t_*)=T_p$ с образованием сварного наплава, вследствие переноса присадочного материала в зону нагрева.

Для проверки теоретических расчетов математической модели и определения влияния теплового воздействия электрической дуги опытные испытания проводили на универсальной машине AG-X plus SHIMADZU при постоянной скорости перемещения захватов 0,05 мм/с.

Результаты исследования и их обсуждение

При постановке задачи с упругим деформированием в цилиндрической системе координат (*r*, φ, *z*) располагаем пластину, которая нагревается от источника тепла, находящегося в центре $r = 0$

$$T(r,t)=Vt,\quad 0\le r\le r_0, \qquad (8)$$

где V – скорость нагрева, r_0 – радиус пятна нагрева. Когда температура в центре пластины станет равной $T(0,t_*)=T_p$ – источник тепла отводится и материал пластины остывает.

Теплоотводом от боковых поверхностей пластины пренебрегаем из-за малой толщины. Распределение температуры в материале пластины во время исследования определяется из закона теплопроводности (5) в цилиндрической системе координат

$$\frac{\partial T}{\partial t}=aT_{,}-\chi(T-T_0). \qquad (9)$$

Поскольку решения температурной задачи (8)–(10) получают с помощью численных методов [13, с. 6] или аналитически [14, с. 53], то переходим к механической задаче.

В условиях плоского напряженного состояния ($\sigma_z = 0$) из зависимостей закона Дюамеля – Неймана имеем

$$\sigma_r=\left(4\mu g u_{r,r}+2\lambda\mu r^{-1}u_r-6K\mu T_0\theta\right)w^{-1},$$

$$\sigma_\varphi=\left(2\lambda\mu u_{r,r}+4\mu g r^{-1}u_r-6K\mu T_0\theta\right)w^{-1},$$

$$w=\lambda+2\mu,\ g=\lambda+\mu. \qquad (10)$$

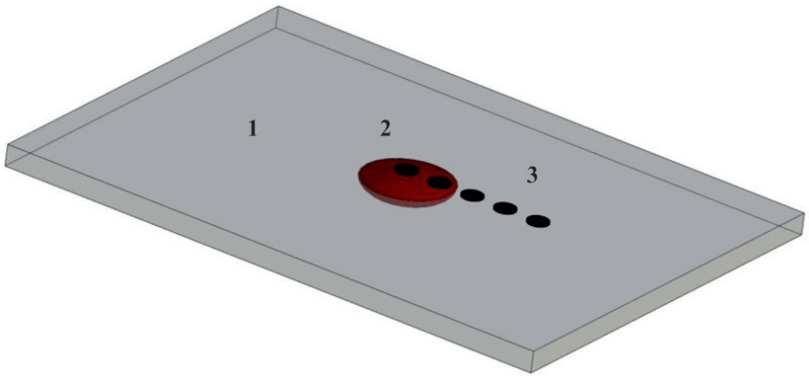


Рис. 1. Схема определения остаточных напряжений:
1 – стальная пластина; 2 – место наплавки; 3 – точки снятия данных

Подстановка (10) в уравнение равновесия

$$\sigma_{r,r} + r^{-1}\left(\sigma_r - \sigma_\varphi\right) = 0 \tag{11}$$

приводит к уравнению для вычисления перемещения u_r

$$\varphi u_{r,rr} + \varsigma u_{r,r} + \omega u_r + \beta = 0, \tag{12}$$

$$\varphi = 4\mu g w^{-1},$$

$$\varsigma = 4\left(\mu^2\lambda_{,r} + \mu_{,r}\left(\lambda^2 + 2\lambda\mu + 2\mu^2\right)\right)w^{-2} + 4\mu g w^{-1}r^{-1},$$

$$\omega = 2\left(2\mu^2\lambda_{,r} + \lambda^2\mu_{,r}\right)w^{-2}r^{-1} - 4\mu g w^{-1}r^{-2},$$

$$\beta = -\theta T_0\left(8\mu^2\lambda_{,r} + 2\left(3\lambda^2 + 4\lambda\mu + 4\mu^2\right)\mu_{,r}\right)\left(\lambda + 2\mu\right)^{-2} - 6K\mu T_0\theta_{,r}\left(\lambda + 2\mu\right)^{-1}.$$

В качестве граничных условий выбираем условия

$$u_r\big|_{r=0} = 0, \;\; \sigma_r\big|_{r=R} = 0, \tag{13}$$

где R – расстояние до края пластины.

В случае зависимости упругих модулей от температуры решить дифференциальное уравнение (12) совместно с граничными условиями (13) возможно только численно. Аналитическое решение при постоянных упругих модулях приведено в [9].

С некоторого момента в центре нагрева выполнится условие пластического течения $2\left(\sigma_z - ce_z^p - \eta\varepsilon_z^p\right) - \left(\sigma_r - ce_r^p - \eta\varepsilon_r^p\right) - \left(\sigma_\varphi - ce_\varphi^p - \eta\varepsilon_\varphi^p\right) = 4k$. Образуется упругопластическая граница $r = n_1(t)$. В области $0 \le r \le n_1(t)$ материал пластически течет, образуются и развиваются необратимые деформации. Закон Дюамеля – Неймана запишется в виде

$$\sigma_r = \left(4\mu g\left(u_{r,r} - e_r^p\right) + 2\mu\lambda\left(r^{-1}u_r - e_\varphi^p\right) - 6K\mu\alpha\left(T - T_0\right)\right)w^{-1},$$

$$\sigma_y = \left(2\mu\lambda\left(u_{r,r} - e_r^p\right) + 4\mu g\left(r^{-1}u_r - e_\varphi^p\right) - 6K\mu\alpha\left(T - T_0\right)\right)w^{-1}. \tag{14}$$

Из ассоциированного закона пластического течения (3) находим $\varepsilon_r^p = \varepsilon_\varphi^p = -\zeta, \quad \varepsilon_z^p = 2\zeta$, $e_r^p = e_\varphi^p = -\zeta\tau + \tilde{e}_r^p, \quad e_z^p = 2\zeta\tau + \tilde{e}_z^p$. Слагаемые $\zeta\tau$ являются приращением необратимой деформации $\tilde{e}_r^p$, существовавшей или зародившейся на предыдущем временном шаге, $\tau = \Delta t$ – шаг по времени. Выражаем ζ:

$$\zeta = -\left(3\mu K\left(u_{r,r} + r^{-1}u_r - 2\alpha\left(T - T_0\right)\right) + 2wk - 3\left(wc + 2\mu K\right)\tilde{e}_r^p\right)\left(\left(3wc - 2g\left(\lambda - 2\mu\right)\right)\tau + 3w\eta\right)^{-1}. \tag{15}$$

Решая численно уравнение равновесия (11) в области пластического течения с учетом (14) и (15) на каждом временном шаге находятся перемещения.

После отвода тепла в центре $r = 0$ необратимые деформации замедляют свой рост, образуется разгружающая упругопластическая граница $r = m_1(t)$. Здесь $\zeta(0,t) = 0$. Эта граница продвигается за границей $r = n_1(t)$, и через некоторый промежуток времени границы соединяются. В области разгрузки $0 \le r \le m_1(t)$ границы определяются из соотношений (14). Упругие модули (6) сохраняют значения при остывании, что моделирует фазовые переходы.

С распределением температуры пластины в области нагрева $r = 0$ выполнится условие $-2\left(\sigma_z - ce_z^p - \eta\varepsilon_z^p\right) + \left(\sigma_r - ce_r^p - \eta\varepsilon_r^p\right) + \left(\sigma_\varphi - ce_\varphi^p - \eta\varepsilon_\varphi^p\right) = 4k$; здесь зарождается повторное пластическое течение с границей $r = n_2(t)$, которое продвигается по материалу пластины до момента остывания. Остывание пластины приводит к затуханию пластического течения. Разгружающая упругопластическая граница $r = m_2(t)$ образуется в центре $r = 0$ ($\zeta(0,t) = 0$). При полном остывании границы $m_2(t)$ и $n_2(t)$ соединятся. Распределения перемещения в материале пластины находятся численно из решения дифференциального уравнения равновесия (11). На рис. 2 показаны распределения напряжений для пластин. Экспериментальные значения остаточных напряжений изображены на графиках точками и лежат в области полученных теоретических кривых, что подтверждает работоспособность математической модели.

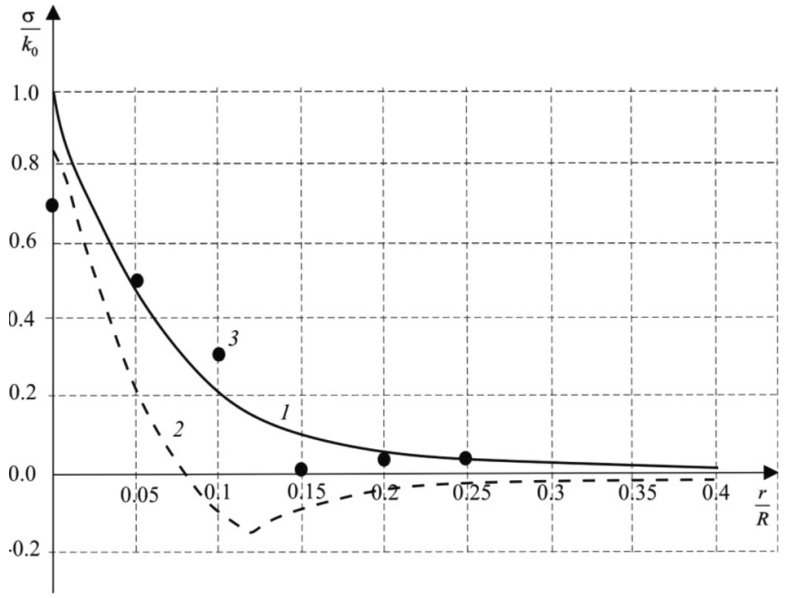


Рис. 2. Распределение остаточных напряжений в материале пластины из стали 45: 1 – σ_{rr}, 2 – $\sigma_{\varphi\varphi}$, 3 – σ_{rr} (полученное в ходе натурного эксперимента)

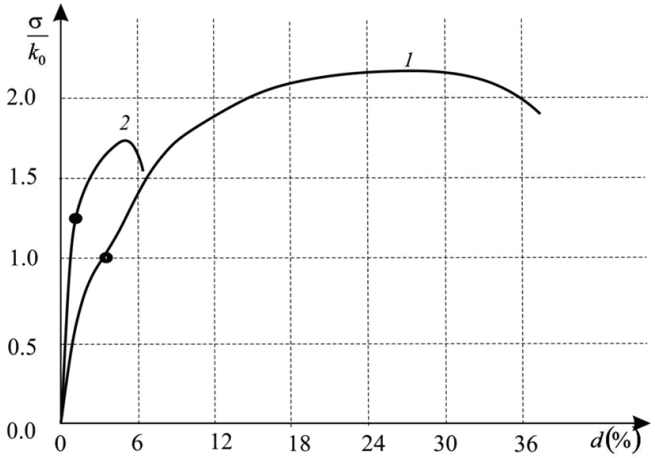


Рис. 3. Диаграмма деформирования: 1 – до нагрева, 2 – после нагрева

Локальный нагрев оказывает влияние на структуру и физико-механические свойства материала пластины из углеродистой стали. Тепловое воздействие электрической дуги нагревает металл до температуры плавления в зоне контакта. При остывании в точке наплавления металла появляются высокие растягивающие напряжения.

Данные изменения происходят из-за перегрева металла и впоследствии его быстрого охлаждения, что приводит к росту остаточных напряжений в металле. Это оказывает влияние на физико-механические свойства материала пластины и приводит к его упрочнению в зоне теплового воздействия. Образцы до и после теплового воздействия подвергались испытанию на растяжение (рис. 3). Из рис. 3 видно, что после воздействия электрической дуги на пластину предел текучести растет со снижением предела прочности.

При расчете экономической эффективности использования результатов, представленных в настоящей работе исследований, следует учитывать снижение трудозатрат при проектировании конструкций, узлы которых получены из сталей с высоким углеродным эквивалентом. Использование

результатов исследований не предполагает замену или модернизацию оборудования, и направлено на получение эффекта в виде снижения затрат на эксперименты при технологической проработке партии изделий из конкретной марки трудносвариваемой стали.

В конечном счете экономическая целесообразность результатов определяется сокращением расхода электрической энергии на получение бездефектного сварного соединения с глубоким проваром и меньшим короблением.

Выводы

С использованием условия максимальных приведенных напряжений (Ишлинского – Ивлева) с введением слагаемого, отвечающего за упрочнение материала и вязкости при пластическом течении, возможен расчет остаточных напряжений в материале пластины из углеродистой стали со сварным наплавом, что подтверждается натурным экспериментом. После проведения наплава в материале пластин повышается предел текучести, но при этом в несколько раз сокращается площадка текучести, что доказывает упрочнение материала пластины в результате проведения наплава.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00414-19-00.

Список литературы

1. Ерофеев В.В., Игнатьев А.Г. Обоснование режимов электронно-лучевой сварки изделий оболочкового типа из нагартованных сплавов АМГ6Н и АМГ6НПП // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2015. Т. 15. № 4. С. 53–61.

2. Полетаев Ю.В., Полетаев В.Ю. Влияние термического цикла сварки и повторного нагрева на структурно-фазовые изменения низколегированной CR-NI-MO-V стали // Вестник Донского государственного технического университета. 2016. Т. 16. № 4 (87). С. 96–103.

3. Никоненко Е.Л., Смирнов А.Н., Попова Н.А., Абабков Н.В., Князьков К.В. Структурно-фазовые изменения в зоне термического влияния стали 12ХН10Т после сварки модулированным током // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2019. Т. 21. № 3. С. 100–109.

4. Лешковцев В.Г., Покровский А.М. Расчёт закалочных напряжений в стальных деталях с учётом упруговязкопластических свойств и изменения фазового состава // Известия Российской академии наук. Механика твёрдого тела. 1999. № 2. С. 101–107.

5. Леонов В.П., Мизецкий А.В. Влияние локальных остаточных сварочных напряжений на начальную стадию развития трещин в сварных соединениях // Вопросы материаловедения. 2008. № 4 (56). С. 54–65.

6. Пазилова У.А., Ильин А.В., Круглова А.А., Мотовилина Г.Д., Хлусова Е.И. Влияние температуры и скорости деформации на структуру и характер разрушения высокопрочных сталей при имитации термического цикла сварки и послесварочного отпуска // Физика металлов и металловедение. 2015. Т. 116. № 6. С. 642.

7. Абашкин Е.Е., Жилин С.Г., Комаров О.Н., Ткачева А.В. Влияние теплового режима совместного электродугового и алюмотермического воздействия на формирование структуры и свойств наплавляемого металла // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2018. Т. 20. № 2. С. 62–74.

8. Буренин А.А., Ткачева А.В., Щербатюк Г.А. К использованию кусочно-линейных пластических потенциалов в нестационарной теории температурных напряжений // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. 2018. Т. 22. № 1. С. 23–39.

9. Буренин А.А., Каинг М., Ткачева А.В. К расчету плоских напряженных состояний в теории неустановившихся температурных напряжений в упругопластических телах // Дальневосточный математический журнал. 2018. Т. 18. № 2. С. 131–146.

10. Величко И.Г. Аналитический метод решения задач термоупругости с периодическими условиями для многослойных оснований // Механика машин, механизмов и материалов. 2015. № 4 (33). С. 42–49.

11. Артемов М.А., Барановский Е.С., Якубенко А.П. Соотношения изотропии и ассоциированный закон течения вестник ВГУ. Серия: Физика. Математика. 2014. № 4. С. 81–90.

12. Быковцев Г.И., Ивлев Д.Д. Теория пластичности // Владивосток: Дальнаука, 1998. 528 с.

13. Хаустов С.В., Харламов В.О., Кузьмин С.В. Численное моделирование тепловых процессов в сварке: учеб.-метод. пособие. Волгоград, 2016. 60 с.

14. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики: Точное решение. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 432 с.

15. Проскурин В.Д., Майстренко Н.Ю. Повышение экономической эффективности дуговой сварки углеродистых сталей в защитной среде путем внедрения смеси газов // Промышленность: новые экономические реалии и перспективы развития: сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием): в 2-х частях. 2017. С. 257–261.

УДК 620.187:669

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ДОБАВОК НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛЬФРАМО-КОБАЛЬТОВЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

[1]Федоров М.В., [2]Васильева М.И., [2]Винокуров Г.Г.

[1]ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр» Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: fedorov.83@mail.ru;
[2]Институт физико-технических проблем севера им. В.П. Ларионова Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск

В статье исследованы изменения структуры и физико-механических свойств опытных буровых пластин из вольфрамо-кобальтовых сплавов с ультрадисперсными добавками шпинели магния. Основными недостатками характеристик твердосплавных буровых пластин являются подверженность к хрупкости и низкий уровень пластичности, которые приводят к недостаточной работоспособности рабочих элементов в условиях интенсивных эксплуатационных нагрузок буровой техники. Для повышения эксплуатационных свойств буровых пластин принципиально новые перспективы предоставляет возможность введения в основной состав материала ультрадисперсных добавок. Цель работы заключается в установлении влияния содержания ультрадисперсных добавок шинели магния на размеры зерен карбида вольфрама и физико-механические свойства опытных образцов вольфрамокобальтовых буровых пластин. Объектом исследования являются опытные образцы буровых пластин из вольфрамо-кобальтового твердого сплава ВК8 с ультрадисперсными добавками. Варьированы процентные содержания ультрадисперсных добавок шпинели магния от 0,1% до 1,0%. Проведены комплексные исследования, включающие электронно-микроскопические методы и механические испытания, которые позволили установить взаимосвязь между средним размером зерен карбида вольфрама и физико-механическими свойствами вольфрамо-кобальтовых буровых пластин с ультрадисперсными добавками. В результате исследований выявлен перспективный состав опытных образцов буровых пластин с определенным процентным содержанием ультрадисперсной добавки шпинели магния.

Ключевые слова: вольфрамо-кобальтовые сплавы, ультрадисперсные добавки, структура, размер зерна, плотность, твердость, микротвердость

THE EFFECT OF ULTRAFINE ADDITIVES ON THE STRUCTURAL STATE AND PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF TUNGSTEN-COBALT HARD ALLOYS

[1]Fedorov M.V., [2]Vasileva M.I., [2]Vinokurov G.G.

[1]Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Research Center «Yakutsk Scientific Center» of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: fedorov.83@mail.ru;
[2]Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionov Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk

The article investigates changes in the structure and physico-mechanical properties of test drilling plates made of tungsten-cobalt alloys with ultrafine magnesium spinel additives. The main lacks of the characteristic of carbide drilling plats are their susceptibility to brittleness and a low level of ductility. These lacks leads to insufficient working capacity of working elements of drilling equipment in the conditions of intensive operational loads. To increase the operational properties of drilling plates, fundamentally new prospects are provided by the possibility of introducing ultrafine additives into the main composition of the material. The purpose of the article is to establish the effect of the content of ultrafine additives of magnesium overcoat on the grain size of tungsten carbide and on physicomechanical properties of prototypes of tungsten-cobalt drilling plates.The object of the study are test drilling plates made of tungsten-cobalt hard alloy VK8 with ultrafine additives. The percentages of ultrafine magnesium spinel additives was varied from 0.1% to 1.0%. Complex study was carried out involving two methods of electron microscopy methods and mechanical tests. Complex study made it possible to establish a correlation between the average grain size of tungsten carbide and the physicomechanical properties of tungsten-cobalt drilling plates with ultrafine additives. As a result of research, a perspective percentage of ultrafine magnesium spinel additive in test samples of drilling plates was revealed.

Keywords: tungsten-cobalt alloys, ultrafine additives, structure, grain size, density, hardness, microhardness

В настоящее время разработаны различные методы повышения физико-механических свойств твердых сплавов для снижения их склонности хрупкому разрушению и обеспечения сопротивления ударным нагрузкам. Одним из перспективных направлений улучшения эксплуатационных характеристик рабочих элементов инструментов из твердых сплавов является целенаправленное воздействие на формирование их структурного состояния [1–3]. Другие направления улучшения качества охватывают исследования в области разработок многогранных неперетачиваемых пластин и пластин с износостойким покрытием; безвольфрамовых и маловольфрамовых твердых сплавов; керамических и оксидно-карбидных твердых сплавов. В работе [2]

установлено, что твердые сплавы с мелкодисперсной карбидной составляющей имеют высокий показатель износостойкости благодаря повышенной твердости.

Однако существуют и другие представления, что измельчение зерна в металлах и сплавах до ультрамелкозернистого и наносостояния может привести как к повышению прочности материала, так и к его разупрочнению [4–6]. Так, в работах [7–9] исследовано влияние размера зерен карбидной составляющей на пластические свойства вольфрамо-кобальтовых твердых сплавов. Сравнительным анализом физико-механических свойств твердых сплавов с нормальной зернистостью и особокрупнозернистых сплавов WC-Co выявлена высокая эффективность использования данных сплавов для оснащения породоразрушающего инструмента горных машин. Исходя из этого, однозначные утверждения повышения механических свойств твердосплавных материалов с мелкозернистой структурой следует считать недостаточно обоснованными [9, 10].

Дело в том, что на работоспособность и длительность эксплуатации твердосплавных материалов влияют многочисленные факторы: состав материала и размер зерен, наличие примесей и локальных напряжений, количество и размер пор, режимы технологии изготовления и др. Поэтому для каждого вида твердого сплава необходимы целенаправленные исследования влияния размера зерен на изменения физико-механических свойств. Анализ исследовательских работ показывает, что для совершенствования твердых сплавов перспективным является использование порошковых добавок из тугоплавких металлов, карбидов, оксидов, нитридов и т.д. [2–4]. Авторами работ [7–9] показано, что легирование сплавов WC-Co приводит к повышению прочности и твердости сплава, так как технология изготовления предусматривает присутствия жидкой фазы, где происходят диффузионные процессы.

Цель работы: установление влияния содержания ультрадисперсных добавок $MgAl_2O_4$ на размеры зерен карбида вольфрама и физико-механические свойства опытных образцов вольфрамо-кобальтовых буровых пластин.

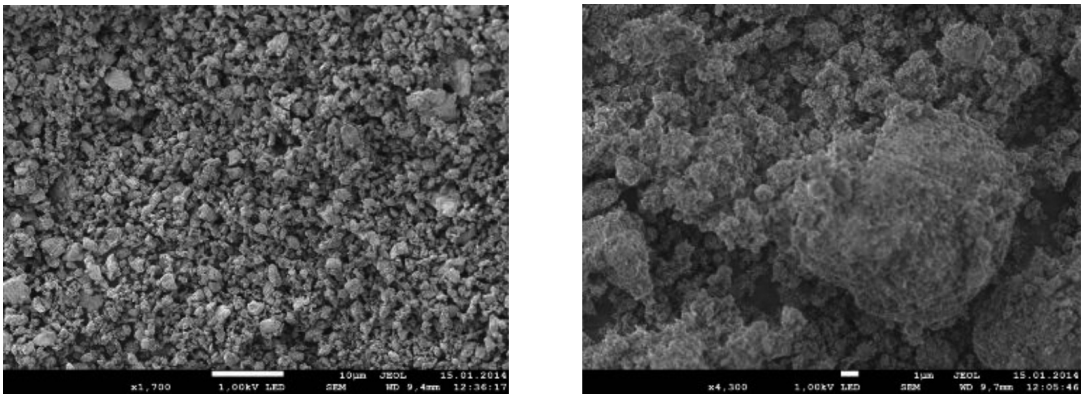
Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются опытные образцы буровых пластин из вольфрамо-кобальтового твердого сплава ВК8 с ультрадисперсными добавками порошков шпинели магния $MgAl_2O_4$ [11]. Морфология порошков ВК8 и добавки $MgAl_2O_4$ приведена на рис. 1. Как видно из изображений, основная масса частиц порошков имеет правильную сферическую форму (рис. 1, а, б).

В работе используется следующая нумерация составов опытных образцов буровых пластин для исследований (в составах указаны процентные содержания ультрадисперсных добавок $MgAl_2O_4$): контрольный образец № 0 – исходный образец без ультрадисперсных добавок; № 1 – ВК8 + 0,1 % $MgAl_2O_4$; № 2 – ВК8 + 0,3 % $MgAl_2O_4$; № 3 – ВК8 + 0,5 % $MgAl_2O_4$; № 4 – ВК8 + 0,8 % $MgAl_2O_4$; № 5 – ВК8 + 1,0 % $MgAl_2O_4$.

Механические испытания для определения физико-механических свойств опытных буровых пластин проведены в соответствии со стандартными методиками [11].

Структурное состояние и распределение элементов в опытных образцах исследовано с помощью сканирующего электронного микроскопа ТМ 3030 с энергодисперсионным рентгеновским спектрофотометром Quantax70, производства фирмы «HITACHI» с интегрированной системой для элементного анализа. Определение среднего размера зерен карбида вольфрама проведено по методу измерения длин хорд в полученных изображениях структуры.



а) *б)*

Рис. 1. Морфология порошков ВК8 (а, х 1700) и $MgAl_2O_4$ (б, х4300)

Результаты исследования и их обсуждение

Для получения материалов с заданными физико-механическими свойствами в порошковой металлургии практикуется введение в основной состав матрицы модифицирующих порошковых добавок. В работах [2, 5, 9] показаны изменения физико-механических свойств металлических материалов при легировании основного состава ультрадисперсными и наноразмерными порошковыми добавками. Как показывает практика, в отечественной промышленности в качестве буровых пластин используются вольфрамо-кобальтовые среднезернистые сплавы с размером зерна ≈4,0–5,5 мкм. По результатам многочисленных исследований установлено, что преждевременный выход из строя рабочего элемента инструмента из твердосплавного материала происходит из-за скола и интенсивного износа [3, 4, 6]. Как отмечено выше, задачи повышения качества твердых сплавов могут быть эффективно решены за счет изменения структурного состояния путем введения добавок порошков карбидов, оксидов, нитридов, некоторые из которых играют роль ингибиторов роста зерна основной фазы – карбида вольфрама [1, 7, 8]. Данный эффект связан с тем, что в присутствии ингибитора снижается скорость растворения и перекристаллизации в расплаве зерен карбида вольфрама и рост их существенно замедляется [12–14].

Особенность применения ультрадисперсных добавок заключается также в получении практически теоретической плотности при более низких температурах спекания благодаря повышенной дисперсности. В работе в качестве добавок использован ультрадисперсный порошок шпинели магния $MgAl_2O_4$ (средний размер ~20 нм) (рис. 1, б). Преимущество малого размера добавки заключается в том, что при спекании они создают благоприятные условия для консолидации более крупных частиц основной матрицы. Ультрадисперсный порошок шпинели $MgAl_2O_4$ имеет основной химический состав с содержанием (в % мас.): MgO – 28,2; Al_2O_3 – 71,8; также присутствуют примеси железа, хрома, цинка, марганца.

В процессе спекания композиции возможны физико-химические взаимодействия между компонентами вольфрамокобальтового сплава и компонентами введенных добавок [7, 9, 15]. На рис. 2 представлены фрагменты структуры исходного образца из ВК8 и образца пластины с ультрадисперсной добавкой шпинели магния 0,8 % мас., а также спектры отражений, снятые в участках кобальтовой связки и карбидной частицы.

В спектрах отражений со снятых участков присутствуют линии основных элементов Co и W, а также элементы введенной добавки. Структуру исследуемых опытных образцов буровых пластин составляют частицы карбида вольфрама и кобальтовые прослойки, что тоже подтверждается проведенным элементным анализом. Проведена идентификация элементного состава участков поверхности опытных буровых пластин с ультрадисперсными добавками и исходного образца из ВК8. Исследование распределения элементов проводится микрорентгеноспектральным анализом в качественном, полуколичественном и количественном виде [3, 4]:

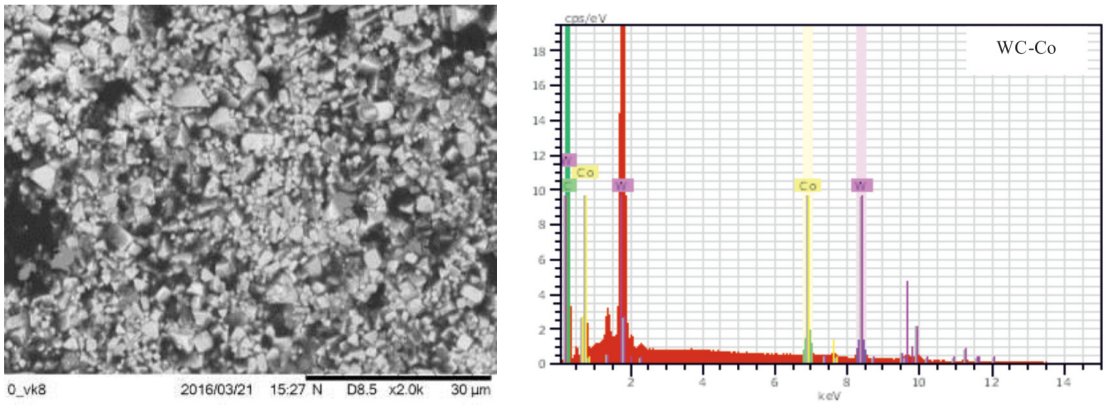
– качественный вид определяет тип элементов в составе исследуемой области (обычно проводят по площади шлифа);

– количественный вид в отдельно выбранной точке (фаза);

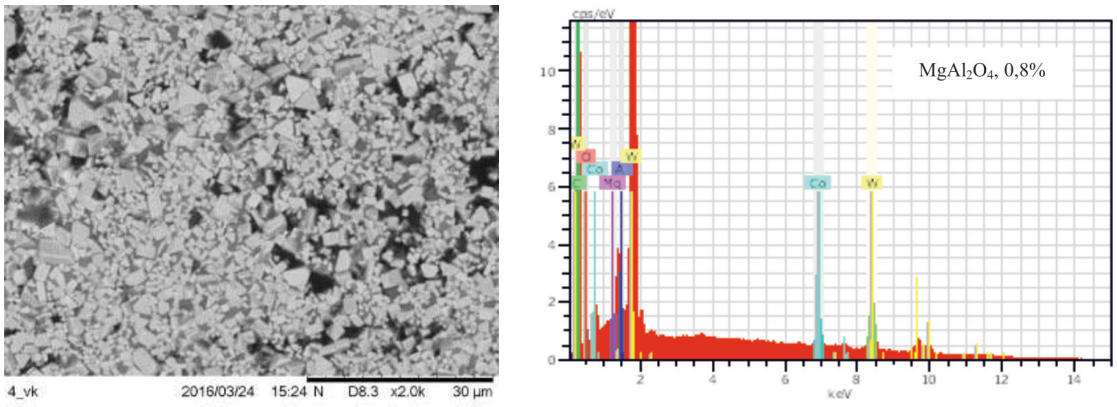
– полуколичественный вид исследования проводится вдоль линии, методом шагового сканирования.

Исследованиями распределения элементов по объему в структуре опытных образцов при варьировании массового содержания ультрадисперсной добавки показано равномерное их распределение, не выявлено существенного скопления одного элемента и пор. По результатам проведенного анализа установлены основные элементы – W, Co, C, O и выявлены вкрапления добавок Mg, Al.

Для оценки размеров карбидных частиц съемки проводились при больших увеличениях (х2000), используя более 20 полей зрения для каждого образца буровой пластины. При этом поля зрения выбраны для получения полного изображения частицы карбида. Известно, что существует классификация класса зернистости по размеру сечения зерен карбидных фаз, соответственно: 1 – 0,5–1,5 мкм; 2 – св. 1,5 до 2,5 мкм; 3 – св. 2,5–3,5 мкм; 4 – св. 3,5 мкм и т.д. [1]. Анализ результатов показал, что при увеличении содержания добавки шпинели магния уменьшается средний размер зерен карбида вольфрама. Так, в составах 0,8 % и 1,0 % мас. шпинели магния уменьшение составляет 20 % от размера зерен образца из ВК8 без добавок. Класс зернистости карбидных зерен опытных образцов буровых пластин, включая исходный образец из ВК8, соответствует 2 классу. Зависимость среднего значения размеров зерен WC от содержания ультрадисперсных порошковых добавок приведена на рис. 3. Как видно из графика, наибольшее уменьшение размера зерна наблюдаются у образцов с ультрадисперсной добавкой шпинели магния № 4 и № 5.



а)



б)

Рис. 2. Структура образцов буровых пластин и спектры отражения: а) контрольный состав без ультрадисперсной добавки; б) состав с ультрадисперсной добавкой 0,8 % мас. $MgAl_2O_4$; х2000

В процессе изготовления порошковых заготовок под влиянием тепловой обработки происходит процесс уплотнения, сопровождающийся увеличением истинной плотности.

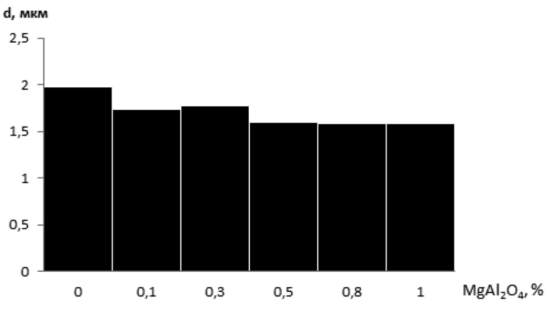
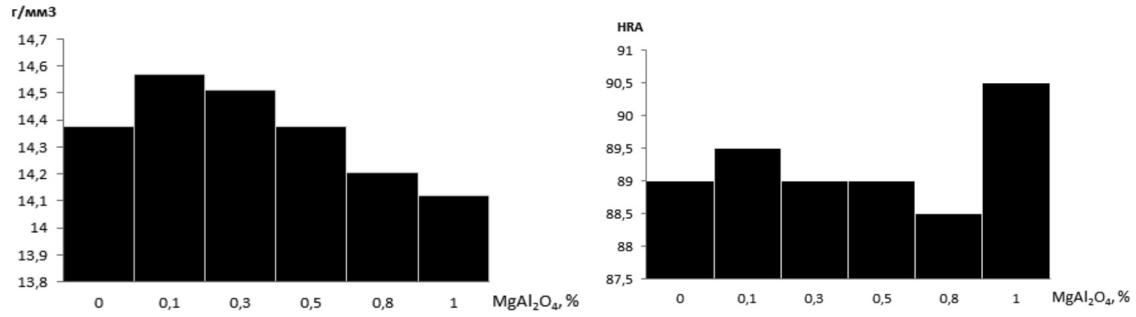


Рис. 3. Зависимость среднего значения размеров зерен WC от содержания ультрадисперсных порошковых добавок $MgAl_2O_4$

Измерением плотности выявлено, что наблюдается повышение плотности у опытных образцов буровых пластин при введении добавки 0,1 и 0,3 % мас.; при 0,5 % плотность остается на уровне контрольного образца; при 0,8 и 1,0 % мас. наблюдается снижение значений плотности (рис. 4, а). Как и предполагалось, у образцов буровых пластин с малым содержанием шпинели магния плотность выше, чем у образца без добавок, это объясняется высокой дисперсностью порошка шпинели магния. В работе исследовалась твердость опытных образцов буровых пластин, которые находятся на уровне твердости контрольного образца (рис. 4, б).

Обнаружено заметное увеличение значения твердости у опытного образца буровой пластины состава № 1 – с 1,0 % мас. шпинели магния. Дальнейшее увеличение содержания добавок не повышает твердость, несмотря на монотонное уменьшение зерна (рис. 3). Для опытного образца буровой пластины состава № 4 наблюдается снижение твердости, это объясняется обнаружением пор в структуре.



а) *б)*

Рис. 4. Изменение плотности (а) и твердости (б) в зависимости от процентного содержания ультрадисперсных добавок

Заключение

1. Установлено, что введение ультрадисперсных добавок шпинели магния $MgAl_2O_4$ в состав твердосплавных вольфрамо-кобальтовых буровых пластин способствует уменьшению размера зерен карбида вольфрама. Это объясняется свойствами ультрадисперсных добавок как ингибиторов роста зерен.

2. Микрорентгеноспектральным анализом опытных буровых пластин с ультрадисперсными добавками шпинели магния $MgAl_2O_4$ установлено равномерное распределение химических элементов. Не выявлено существенных неоднородностей и пор; установлены основные элементы – W, Co, C, O и вкрапления элементов Mg, Al.

3. Выявлен перспективный состав опытных буровых пластин с ультрадисперсными добавками шпинели магния – № 1 – ВК8 + 0,1 % $MgAl_2O_4$. Введение ультрадисперсной добавки $MgAl_2O_4$ в состав основного материала ВК8 способствует повышению твердости и плотности материала.

Таким образом, использование ультрадисперсных добавок шпинели магния ($MgAl_2O_4$) в основной состав матрицы вольфрамо-кобальтовых пластин в определенных концентрациях способствует повышению твердости – основной эксплуатационной характеристики рабочих элементов бурового инструмента.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере («СТАРТ» проект № 6508р/9183).

Список литературы

1. Панов В.С., Чувилин А.М., Фальковский В.А. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий: уч. пособие для вузов. МИСИС, 2004. 464 с.

2. Gille G., Szesny B., Dreyer K., H. Van Den Berg, Schmidt J., Gestrich T., Leitner G. Submicron and ultrafine grained hardmetals for microdrills and metal cutting inserts. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials. 2002. № 20. P. 3–22.

3. Гордеев Ю.И., Абкарян А.К., Зеер Г.М., Лепешев А.А. Влияние добавок легирующих керамических наночастиц на структурные параметры и свойства твердых сплавов // Вестник СибГАУ. 2013. № 3 (49). С. 174–181.

4. Габелков С.В., Тарасов Р.В., Миронова А.Г., Одейчук М.А. Эволюция структурной организации наноразмерного порошка магний-алюминиевой шпинели при размоле и прессовании // Физика и техника высоких давлений. 2010. Т. 20. № 1. С. 33–46.

5. González Oliver C.J.R., Álvarez E.A., García J.L. Kinetics of densification and grain growth in ultrafineWC-Co composites. Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2016. Vol. 59. P. 121–131.

6. Корягин Ю.Д., Карева Н.Т., Мурашов В.В. Исследование структуры и свойств твердосплавных вставок породорежущих резцов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2015. Т. 15. № 3. С. 110–115.

7. Boccarusso L., Scherillo F., Prisco U. Effects of Cr3C2 Addition on Wear Behaviour of WC-Co Based Cemented Carbides. Metals. 2018. Vol. 8 (895). P. 1–9.

8. Cao R.J., Lin C.G., Xie X.C., Lin Z.K. Determination of the average WC grain size of cemented carbides for hardness and coercivity. Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials. 2017. № 64. P. 160–167.

9. Kui Liua, Zhenhua Wanga, Zengbin Yina, Liyan Caoa, Juntang Yuana. Effect of Co content on microstructure and mechanical properties of ultrafine grained WC-Co cemented carbide sintered by spark plasma sintering. Ceramics International. 2018. № 44. P. 18711–18718.

10. Мультанов А.С. Особокрупнозернистые сплавы WC-Co для оснащения породоразрушающего инструмента горных машин // Физическая мезомеханика. 2002. № 5. С. 113–116.

11. Лебедев М.П., Винокуров Г.Г., Кычкин А.К., Васильева М.И., Махарова С.Н., Сивцева А.В., Федоров М.В., Довгаль О.В. Влияние ультрадисперсных добавок на микроструктуру и свойства вольфрамокобальтовых сплавов рабочих элементов буровой техники // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1–2. С. 427–431.

12. Чувильдеев В.Н., Москвичева А.В., Лопатин Ю.Г., Благовещенский Ю.В., Исаева Н.В., Мельник Ю.И. Спекание нанопорошков WC и WC-Co с различными ингибирующими добавками методом электроимпульсного плазменного спекания // Доклады академии наук. 2011. Т. 436. № 5. С. 623–626.

13. Николенко С.В., Верхотуров А.Д., Дворник М.И., Власова Н.М., Пугачевский М.А., Михайлов М.М., Крестьянникова Н.С. Использование нанопорошка Al_2O_3 в качестве ингибитора роста зерна в сплаве ВК8 // Вопросы материаловедения. 2008. № 2 (34) С. 100–105.

14. Лисовский А.Ф. Особенности формирования мезоструктуры в WC-Co твердых сплавах // Сверхтвердые материалы. 2011. № 2. С. 96–98.

15. Тюрин А.Г., Смирнов А.И., Резанов И.Ю., Разумаков А.А., Терентьев Д.С. Исследование особенностей структурообразования вольфрамокобальтовых покрытий, полученных оплавлением высокоэнергетическими источниками // Обработка металлов. 2012. № 1 (54). С. 100–106.

УДК 004.93

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РАСПОЗНАВАНИЮ ОБРАЗОВ И АНАЛИЗУ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Филин Н.Н.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет», Ростов-на-Дону, e-mail: filin_nn@mail.ru

За последние несколько десятков лет благодаря разработкам и исследованиям в области искусственных нейронных сетей достигнуты значительные успехи в решении задач распознавания и классификации образов. Вместе с тем проблемы, связанные с распознаванием сцен и ситуаций, их анализом и пониманием, остаются актуальными. Рассмотренные в статье особенности восприятия у человека позволили сформулировать ряд необходимых принципов построения нейронных сетей в виде концептуального подхода к распознаванию сложных образов и анализу ситуаций: иерархичность; двунаправленность; принцип последовательно-параллельной обработки. Что позволяет реализовать на основе нейросетей ряд новых функций: осуществлять предобработку входных данных с использованием механизма сканирования; рассматривать пространственные и временные паттерны как частный случай пространственно-временных, применяя для их представления в сети один и тот же механизм обработки и кодирования; реализовывать на нейросети быструю параллельную обработку информации одного типа и более медленную – другого (требующего последовательных методов). Предложена оригинальная архитектура сети с сопряженными афферентными и эфферентными каналами обработки информации, в которой воспроизведение входной информации на выходе на каждом шаге сканирования, может рассматриваться как объяснение принимаемого решения.

Ключевые слова: биологический прототип, нейронная сеть, распознавание образов, интериоризация, последовательно-параллельная обработка информации

CONCEPTUAL APPROACH TO PATTERN RECOGNITION AND SITUATION ANALYSIS BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Filin N.N.

Rostov State economic university, Rostov-on-Don, e-mail: filin_nn@mail.ru

Over the past few decades, through the development and research in the field of artificial neural networks, significant progress has been made in solving problems of image recognition and classification. However, problems related to the recognition of scenes and situations, their analysis and understanding remain relevant. The features of human perception discussed in the article made it possible to formulate a number of necessary principles of neural network construction in the form of a conceptual approach to recognition of complex images and analysis of situations: hierarchy; bidirectionality; Principle of serial-parallel processing. This allows a number of new functions to be implemented on the basis of neural networks: to pre-process the input data using the scanning mechanism; Consider spatial and temporal patterns as a particular case of spatial-temporal, applying the same processing and coding mechanism to represent them in the network; Implement fast parallel processing of information of one type and slower – of another (requiring sequential methods) on neural networks. The invention proposes an original network architecture with conjugated afferent and efferent information processing channels, in which reproduction of input information at the output at each scanning step can be considered as an explanation of the decision.

Keywords: biological prototype, neural network, image recognition, interiorization, serial parallel information processing

За последние несколько десятков лет благодаря разработкам и исследованиям в области искусственных нейронных сетей достигнуты значительные успехи в решении задач распознавания и классификации изображений, звуковых сигналов разной природы, распознавании речи, прогнозировании временных рядов и др. Существует точка зрения, что нейронные сети уже превосходят возможности человека в ряде случаев (например, скорости распознавания лиц). Наверное, это так. Но является ли это показателем интеллектуальных «достижений» нейросетей? В работе [1] отмечается, что «…вряд ли задача понимания изображения под силу какому-либо классификатору. Любые из них обладают несколькими существенными ограничениями, которые не позволяют индивидуально применить их для решения задач разбора и понимания изображений». Это утверждение имеет силу применительно практически по всем направлениям использования нейросетевых подходов, идет ли речь о сетях сверточного типа, рекуррентных или же их модификациях.

Как известно, в основе нейросетевой парадигмы лежит биологический прототип. И такие характеристики, как многослойность (перцептроноподобные сети), ассоциативная память (сеть Хопфилда), обучение и правила обучения (например, правило Хэбба), однообразие связей и элементов сети (упрощенная модель реального нейрона) и др., есть тому подтверждение.

Однако, как известно, системы восприятия человека и животных (имеющих существенное сходство), хотя и демонстрируют упомянутые характеристики, но качественно иначе: комплексно, объединяя процессы передачи информации от слоя к слою по прямым и обратным путям (вертикально, двунаправленно), а также внутри и между слоями (горизонтально).

Исследования в направлении комплексного подхода при построении нейронных были и во времена второй волны повышенного интереса к НС (если считать, что первая завершилась проблемой «сложение по модулю 2» в конце 1960-х гг.). Одним из таких результатов было построение многослойной искусственной нейронной сети, частично интегрирующий свойства систем восприятия (с акцентом прежде всего на зрительную систему) стала нейронная сеть сверточного типа неокогнитрон (в развитие когнитрона) К. Фукушимы (1980 г.).

Сегодня ведутся исследования и разработки в направлении интеграции классических методов распознавания и методов концептуального анализа, построения гибридных моделей, комбинации уже упомянутых сверточных и рекуррентных сетей, в которые явно или не явно включаются компоненты структур сетей и связей с новыми характеристиками, способствующими повышению качества распознавания, классификации или прогноза.

Цель исследования: рассмотрение уже известных принципов функционирования систем восприятия биологического прототипа с позиций их комплексного использования при создании искусственных нейронных сетей. Определение необходимого минимума требований к архитектуре и принципам функционирования нейронных сетей, способных если не работать со смыслом, то по крайней мере способных к более глубокому анализу и пониманию сложных объектов, сцен и ситуаций. Построение концептуального подхода распознавания образов и анализа ситуаций на основе искусственных нейронных сетей.

Материалы и методы исследования

В качестве информационной базы исследования были использованы публикации, касающиеся специфики функционирования систем восприятия биологического прототипа. Методологической основой исследования заявленного подхода к распознаванию и анализу ситуаций послужили концепции и парадигмы искусственных нейронных сетей.

Результаты исследования и их обсуждение

Изучение функционирования системы восприятия в живых системах позволило сформулировать ряд особенностей и принципов: многоуровневость организации и функционирования сенсорных и двигательной систем; сопряженность в работе систем обработки афферентной и эфферентной информации; сложное сканирование воспринимаего образа.

Многоуровневость организации и функционирования сенсорных и двигательной систем

Известно, что специфическая часть сенсорной системы состоит из нескольких уровней обработки входной информации: рецепторной системы, центральных нервных путей (стволовые ядра, таламические сенсорные ядра) и корковой сенсорной проекции [2].

Структурным уровням сенсорных систем ставят в соответствие этапы обработки входной информации, которая заключается в выделении все более сложных компонент внешних воздействий по мере продвижения вверх по афферентным каналам к проекционным зонам коры и далее в I, II, III ассоциативные области.

Сходная схема организации характерна и для двигательной системы.

В [3] отмечается, что соединения между эфферентными органами и нервными волокнами, которые их иннервируют, в принципе аналогичны синапсам между нейронами, а также между рецепторами и нейронами.

Если анализаторные системы в качестве обязательного компонента имеют свою собственную подчиненную двигательную подсистему сканирования или реализуют эту функцию, используя любые другие двигательные органы, то двигательная система включает анализаторные системы или свои специфические сенсорные входы для реализации нужной двигательной реакции.

Сопряженность в работе систем обработки афферентной и эфферентной информации

Согласно теории моторного изоморфизма при восприятии образа какой-либо модальности происходит постепенный переход к его моторному образу. Ряд работ [3] посвящен развитию этих идей. В процессе восприятия речи осуществляется переход от слухового образа речевого сигнала к его моторному образу – набору управляющих команд, требуемых для произнесения сигнала, подобного услышанному.

Таким образом, многоуровневость строения и функционирования систем обработки афферентной и эфферентной информации и их взаимодополняемость является принципиальным свойством организации

анализаторных и двигательных систем. Между сенсорной и моторной системами существуют как внутренние, так и внешние взаимосвязи. Каждой структуре возбуждения высших центров, ответственной за инициацию движения, соответствует определенная структура возбуждения сенсорных центров и каждое осуществленное движение вызывает изменение структуры сенсорного входа.

Сложное сканирование воспринимаемого образа

Изучение процессов опознания зрительных объектов взрослыми здоровыми людьми показывает, что в реальных условиях человек пользуется наряду с локальными (первичными) признаками и набором других признаков.

С помощью мыслительных операций категоризации [3, 4], свойственных структурам памяти, первичный код объекта преобразуется этими операциями и из него выделяется группа вторичных признаков. Вторичные признаки характеризуют свойства контура в целом.

Формирование в памяти вторичных признаков приводит к изменению характера обследования объектов при последующем их восприятии, т.е. к изменению стратегии сканирования.

Выделение в памяти вторичных признаков видоизменяет восприятие таким образом, что обследование объекта происходит по-прежнему одноканально, но не последовательно по линии контура, а скачкообразно, по характерным точкам объекта. Траектория сканирования определяется на этом этапе восприятия не только контуром самого объекта, но и хранящейся в памяти обобщенной информацией о классе, к которому он принадлежит.

Таким образом, происходит переход от пассивного осмотра всех точек контура к активной проверке гипотез, связанной с хранящимися в памяти вторичными признаками. Первичный признак характеризует чувственно воспринимаемые свойства объекта, вторичный – отношения между свойствами, а третичный – отношение между этими отношениями. Третичные признаки, так же как вторичные, характеризуют объект в целом, но они еще слабее, чем вторичные, связаны с деталями конфигурации конкретной фигуры. Как видно из изложенного, оперативное поле для выявления первичных признаков определяется размером двух смежных частей фигуры, для вторичных – размером группы частей и становится соизмеримым с «размером» фигуры, для третичных – это поле увеличивается еще больше: оно включает не только весь объект, но и часть внешнего поля.

В процессе формирования признаков любого уровня важнейшее место занимает природа операций по обработке воспринятых свойств объекта [3, 4]. Число и состав этих операций и определяют в основном каждый уровень иерархии и его отличие от предыдущего и последующего. Чем выше уровень, тем большая часть операций (в том числе и сканирование) производится мысленно, в памяти, с отрывом во времени от восприятия объекта, предъявленного для узнавания. Движение от низшего уровня к все более высоким соответствует постепенному переходу при узнавании от использования информации, полученной только при взаимодействии с объектом, через включение в процесс, кроме того, мыслительных операций, (вычленяющих различную информацию о взаимодействии элементов объекта) к полному исчезновению внешних действий на мыслительные операции обобщения и абстрагирования. Поскольку наиболее медленные операции – внешние сканирующие действия – занимают все меньшее место при формировании обобщенных признаков, то по мере овладения человеком признаками более высоких уровней повышается скорость узнавания и возрастает скорость реакции на изменение внешних событий.

Рассмотренные нейрофизиологические аспекты восприятия у человека и животных позволяют сформулировать ряд необходимых принципов построения искусственных нейронных сетей на основе биологического прототипа.

Три принципа или механизма распознавания в живых системах:

1. Иерархичность. Существует, по меньшей мере, три уровня системы и процесса распознавания: на первом уровне определяются элементарные признаки среды, свойства, атрибуты; на втором уровне – объекты, как композиции или конструкции из элементарных признаков; на третьем уровне – сцены, объекты + контекст.

2. Двунаправленность. В процессах восприятия, распознавания объектов и понимания ситуаций окружающей среды учувствуют афферентные и эфферентные каналы в равной степени. Проходя по афферентным каналам от уровня к уровню, информация об окружении определяется и записывается на языках внутреннего представления. По эфферентным каналам каждого уровня проверяется на соответствие внутреннего представления об объектах и процессах среды.

3. Принцип последовательно-параллельной обработки. При распознавании задействованы два механизма снятия, обработки и воспроизведения информации: параллельный анализ и синтез элементарных стимулов и простейших конструкций из них (т.е. их восприятие и воспроизведение), на нижних уровнях; последовательный перебор и сборка сложных объектов и сцен (восприятие, анализ, синтез, восприятие), на верхних уровнях.

На рис. 1 схематично отображены уровни и каналы потока афферентной и эфферентной информации, соответствующие нейрофизиологическим особенностям строения и функционирования сенсорных систем человека. Схема включает упомянутые выше особенности биологического прототипа: многоуровневость организации и функционирования сенсорных и двигательной систем; сопряженность в работе систем обработки афферентной и эфферентной информации.

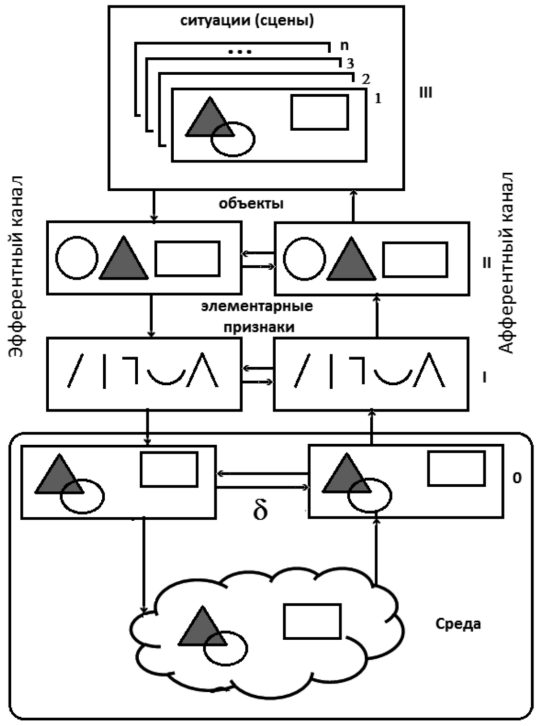


Рис. 1. Концептуальная схема распознавания образов и анализа ситуаций. Где δ – степень расхождения результатов распознавания и воспроизведения

На первом уровне выполняется детекция по афферентному и отображение по эфферентному каналу элементарных признаков (предварительно обученной сети). Замыкание осуществляется по контуру: среда – афферентный блок 1-го уровня – эфферентный блок 1-го уровня – среда. Параметр δ указывает на степень расхождения результатов распознавания и воспроизведения и может быть использован как критерий обученности.

На втором уровне выполняется распознавание и воспроизведение пространственно-временных объектов (состоящих из элементарных признаков). В результате интериоризации замыкание осуществляется по контуру: афферентный блок 1-го уровня – афферентный блок 2-го уровня – эфферентный блок 2-го уровня – эфферентный блок 1-го уровня.

На третьем уровне формируются сцены (ситуации) в виде семантической сети или онтологии предметной области. Описание отношений между объектами или процессами осуществляется на базе пространственно-временной логики (включающей отношения расстояния и взаимного положения и причинно-следственные связи в условиях времени). В результате интериоризации замыкание осуществляется по контуру: афферентный блок 2-го уровня – афферентный блок 3-го уровня – эфферентный блок 3-го уровня – эфферентный блок 2-го уровня.

Таким образом, анализ нейрофизиологических оснований восприятия и распознавания образов позволяет сформулировать не бесспорное, но при решение сформулированных задач в исследовании достаточно обоснованное утверждение: с нашей точки зрения, распознать – значит суметь воспроизвести.

Система распознавания и анализа ситуаций, построенная на основе сформулированных принципов, включает четыре уровня: РП-среду и три нейросетевых модуля. Каждый нейросетевой модуль соответствует определенному уровню обработки образов и устроен однотипно: состоит их двух подсетей афферентной (классифицирующей, работающей со входной информацией) и эфферентной (воспроизводящей, работающей с выходной информацией).

Рассмотрим на конкретном примере функционирование нейронной сети, с реализацией некоторых принципов распознавания и воспроизведения биологического прототипа.

Как уже отмечалось, предлагаемая архитектура сети имеет два канала афферентный и эфферентный. Эфферентный канал для задач распознавания служит как вспомогательный или подчиненный. Для решения задач моделирования двигательной активности каналы меняются ролями. В данном исследовании мы рассматриваем только проблемы касающиеся распознава-

ния образов и их комбинаций, находящихся в среде внешней по отношению к системе распознавания.

На вход первого афферентного уровня поступает информация непосредственно из среды анализа как результат сканирования; для второго – входом являются выходы элементов первого уровня; для третьего – входом являются выходы элементов второго уровня, активность которых соответствует распознаванию объектов (структур связных элементарных признаков).

Таким образом, уровни системы распознавания отличаются по объему и качеству обрабатываемой информации: элементарные признаки, объекты и сцены. Из этого следует, что скорость обработки, поступающей на вход разных уровней информации, имеет и разную длительность, зависящую от количества шагов сканирования. Этот факт отражается в постоянной времени τ уравнений динамики состояний элементов. Так для первого уровня постоянная $\tau = \tau 1$ близка к нулю, поскольку детекция элементарных признаков (по крайней мере в данной модели) происходит практически за один шаг. Для обнаружения объекта (структуры связных признаков) и определения сцены (композиции объектов) необходимо больше шагов сканирования, что определяет соотношение $\tau 1 << \tau 2 << \tau 3$, где $\tau 2$ и $\tau 3$ – постоянные времени для элементов сети второго и третьего уровня соответственно.

Пусть среда (в дальнейшем РП-среда – рецептивная поверхность – среда) на рисунке 2 – это область, подлежащая анализу на предмет наличия объектов (как структур связных признаков) и/или сцен (т.е. объектов, находящихся в определённых отношениях).

Выделим три области анализа среды.

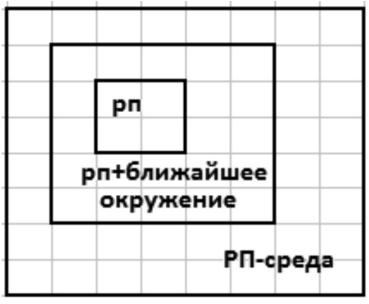


Рис. 2. Рецептивная поверхность – среда

Рецептивное поле, «рп» – локальный участок, обрабатываемый параллельными процедурами. Область, состоящая из участков связных с «рп» («рп + ближайшее окружение») обрабатывается с использованием локальной процедуры сканирования (стохастической или детерминированной). По этой области производится последовательный скользящий перебор параллельно обрабатываемых локальных областей.

«РП-среда» – обрабатывается посредством сложного сканирования (зависящего от результатов распознавания) областями «рп+ближайшее окружение».

Пусть элементарные признаки, которые детектируются на первом уровне, представляют собой линейно разделимое множество (рис. 3): 16 элементарных признаков – полный набор возможных состояний активности «рп» размером 2х2. Соответственно первый слой состоит из 16 элементов настроенных (или обученных) на детекцию элементарных признаков.

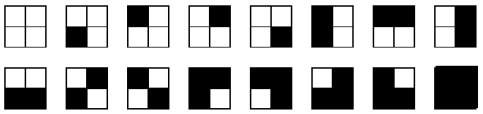


Рис. 3. Элементарные признаки

Сканирование «РП-среды» осуществляется областями размером 5х5 («рп + ближайшее окружение»), сканирование «рп + ближайшее окружение» осуществляется областями 2х2 («рп») одним из возможных способов или их комбинацией в зависимости от результатов распознавания или воспроизведения (например, линейным, стохастическим, по развертке Гильберта). В демонстрационной модели ограничимся линейным скользящим сканированием. На сканирование среды анализа демонстрационной модели потребуется не менее 250 шагов ((4х4)х16).

Известно, что использование сканирования со сложной разверткой в системах распознавания в качестве процедуры предобработки может обеспечить их информацией инвариантной к группе движения твердого тела [5].

Рассмотрим процессы, происходящие вдоль афферентного и эфферентного каналов второго уровня. Каждый уровень состоит из линейки взаимосвязанных тормозными связями нейроподобных элементов (рис. 4).

Обозначения афферентного канала второго уровня: Y_{1ai} – входы к афферентной сети (линейки связанных элементов), Y_{2ai} – выходы афферентной сети, C_{ij} – веса связей (тормозных) линейки элементов, W_{1aij} – веса связей входов к афферентной сети второго уровня от перового уровня, $A_{2a\ni i}$ – коэффициент связи афферентных с соответствующими эфферентными элементами.

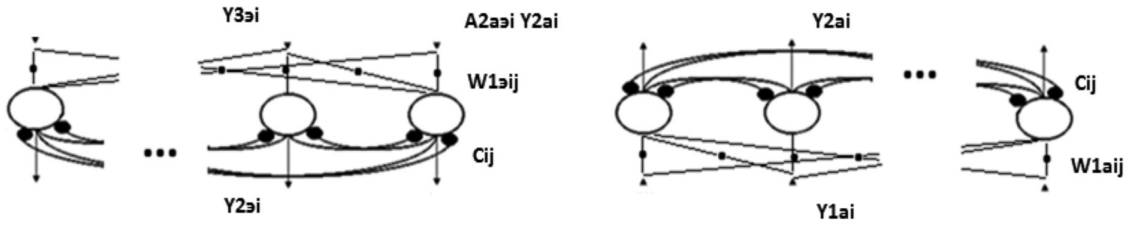


Рис. 4. Архитектура второго уровня демонстрационной модели

Обозначения эфферентного канала второго уровня: $Y_{3эi}$ – входы к афферентной сети (линейки связанных элементов), $Y_{2эi}$ – выходы эфферентной сети, C_{ij} – веса связей (тормозных) линейки элементов, $W_{1эij}$ – веса связей выходов эфферентной сети второго уровня к перового уровня.

Динамика состояний элементов второго уровня описывается следующим уравнением:

$$\tau_2 \frac{dy_{2ai}}{dt} = -y_{2ai} + \sum_{j \neq i} C_{ij} Y_{2aj} + \sum_{j=1} W_{1aij} Y_{1aj}, \qquad (1)$$

где y_{ai} – уровень состояния элемента детектора i, C_{ij} – матрица тормозных связей внутри слоя, Y_{aj} – выход элемента конкурента j, такой что

$$Y_{2aj} = \begin{cases} 0, \text{ если } y_j \le h \\ y_{2aj}, \text{ если } h < y_{2aj} \le h+1, \\ 1, \text{ если } y_{2aj} > h+1 \end{cases} \qquad (2)$$

W_{1aij} – веса связей между выходами Y_{1aj} элементов предшествующего и элементами текущего уровней, которые формируются в процессе обучения по правилу подобному правилу Хэбба, с той разницей, что связь рассматривается как односторонняя (от элементов предшествующего к элементам текущего уровня):

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \Delta W, \qquad (3)$$

где ΔW – приращение, величина и знак которого зависит от активности элементов, между которыми устанавливается связь.

Теперь рассмотрим строение и назначение сетей эфферентного канала второго уровня.

Каждая сеть эфферентного канала повторяет архитектуру афферентного канала соответствующего уровня. Отличия в направлении связей и уравнениях описывающих состояние элементов. То есть связи в эфферентных каналах направлены от верхних уровней к нижним, при этом значения весов сохраняются. Кроме того, каждый элемент афферентной сети имеет одностороннюю положительную связь со своим двойником в эфферентной сети.

Динамика состояний элементов описывается следующим уравнением:

$$\tau \frac{dy_{2эi}}{dt} = -y_{2эi} + \sum_{j \neq i} C_{ij} Y_{2эj} + A_{2aэi} Y_{2ai}, \qquad (4)$$

где $y_{2эi}$ – уровень состояния элемента сети воспроизведения i, $Y1_{aj}$ – выход элемента сети распознавания, $A_{2aэi}$ – технический коэффициент, предназначенный для выбора алгоритма функционирования сети, C_{ij} – матрица тормозных связей внутри слоя, $Y_{2эj}$ – выход элемента конкурента j, такой, что

$$Y_{2эj} = \begin{cases} 0, \text{ если } y_j \le h \\ y_{2эj}, \text{ если } h < y_{2эj} \le h+1. \\ 1, \text{ если } y_{2эj} > h+1 \end{cases} \qquad (5)$$

На рис. 5 графически представлена активность элементов афферентного и эфферентного каналов второго уровня при тестировании после обучения сети распознанию объектов «С», «Т» и «Х» (моделирование демонстрационных процедур проведено в VBA MS Excel). Стрелками на графиках отмечены моменты распознавания и воспроизведения объектов.

На рис. 6 представлена анализируемая среда на входе и результат воспроизведения на выходе. Цифрами 1, 4 и 16 обозначены шаги сканирования и соответствующие им результаты распознавания и воспроизведения объектов анализируемой среды.

Реальные объекты и сцены значительно сложнее, поэтому при сохранении общей логики работы сети необходимо усложнение сетевых структур уровней системы. Например, в качестве сетей распознавания линейно неразделимых объектов могут потребоваться многослойные перцептроноподобные структуры или ассоциативные нейронные сети, восстанавливающие по искаженному и/или зашумленному образу ближайший к нему эталонный.

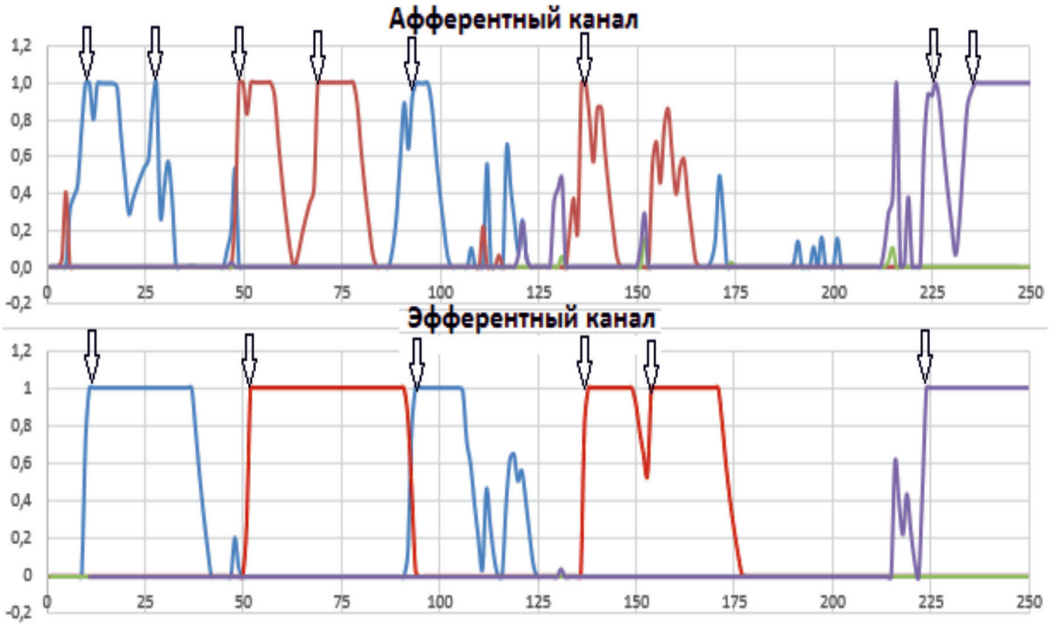


Рис. 5. Активность элементов афферентного и эфферентного каналов второго уровня

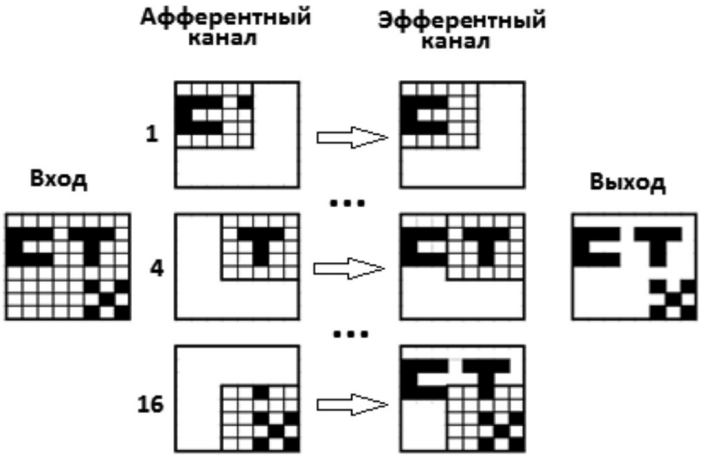


Рис. 6. Шаги сканирования 1, 4 и 16 входной информации и соответствующие им результаты распознавания и воспроизведения объектов анализируемой среды

Выводы

В рассмотренном подходе построения нейросетей распознавания образов и анализа ситуаций предлагается использовать взаимодополняющие принципы присущие системам восприятия биологического прототипа: иерархичность; двунаправленность; механизм последовательно-параллельной обработки.

Эти механизмы позволяет реализовать на нейросети ряд комплексных функций:

– осуществлять предобработку входных данных с использованием механизма сканирования;

– рассматривать пространственные и временные паттерны как частный случай пространственно-временных, применяя для их представления в сети один и тот же механизм обработки и кодирования;

– реализовывать на нейросети быструю параллельную обработку информации одного типа и более медленную – другого (требующего последовательных методов).

Предложена оригинальная архитектура сети с сопряженными афферентными и эфферентными каналами обработки информации, в которой воспроизведение входной информации на выходе на каждом шаге сканирования может рассматриваться как объяснение принимаемого решения.

Список литературы

1. Хахалин Г.К., Лобзин А.П. Комплекс для гетерархической системы разбора и понимания изображений // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (г. Смоленск, 3–7 октября 2016 г.). Труды конференции. В 3-х т. Т. 1. Смоленск: Универсум, 2016. С. 121–131.

2. Ковалева А.В. Нейрофизиология, физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем: учебник для академического бакалавриата. М.: Издательство Юрайт, 2018. 365 с.

3. Моисеева Л.А. Основы нейрофизиологии: учебное пособие для студентов психологических и медицинских учебных заведений. М.: Московский институт психоанализа, 2014. 200 с.

4. Шевелев ИЛ. Нейроны-детекторы зрительной коры: ревизия свойств и механизмов. М.: Наука, 2010. 182 с.

5. Федотов Н.Г. Методы стохастической геометрии в распознавании образов. М.: Радио и связь, 1990. 144 с.

УДК 004.932:535.361.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАЖЕННЫХ И МАЛОКРАТНО РАССЕЯННЫХ ФОТОНОВ ПОСРЕДСТВОМ ПОСТРОЕНИЯ МАТРИЦЫ ДИСПЕРСИЙ ОКТ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Черешнев В.О., Абдулкарим С.Н., Проскурин С.Г.

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, e-mail: spros@tamb.ru

В настоящей работе представлены результаты исследования структурных изображений кожи и кровеносных сосудов человека *in vivo*, полученные оптическим когерентным томографом (ОКТ) на базе интерферометра Майкельсона. Полученные данные подвергнуты компьютерной обработке, при помощи которой рассчитана матрица дисперсий между соседними А-сканами. Структурное ОКТ изображение сравнивается с изображением матрицы дисперсий. Для минимизации шумов и определения областей, соответствующих отражённым и рассеянным назад фотонам использовано усреднение исходных данных по соответствующим пикселям. На полученной матрице дисперсии соответствующего структурного изображения определяется значительное уменьшение интенсивности, соответствующей области воздуха и поверхностных слоёв кожи. При увеличении глубины когерентного зондирования (ГКЗ) определяется уменьшение показателя анизотропии и увеличение коэффициента рассеивания среды и спекл-шума. Область кровеносного сосуда обладает высокими показателями рассеивания, что отражается на результатах построения матрицы дисперсии в виде низких показателей интенсивности. В качестве отладки результатов эксперимента была построена зависимость отношения сигнал/шум при малоугловом растровом сканировании с последующим усреднением. Также проанализированы средние значения сигнал/шум в зависимости от количества усреднений и соответствующих областям воздуха, кожи и сосуда человека *in vivo*. На графиках зависимостей отношений сигнал/шум от количества усреднений А-сканов наблюдается логарифмическое увеличение без асимптотического насыщения ($R^2 \sim 0{,}85$). Как следствие увеличения значений отношения сигнал/шум происходит экспоненциальный спад интенсивности матрицы дисперсий для областей кровеносного сосуда и воздуха ($R^2 \sim 0{,}9$). Однако область кровеносного сосуда и крови остается практически неизменной по количеству усреднения и аппроксимируется линейно ($R^2 \sim 0{,}5$). Аналогичные расчёты проведены при усреднении по 2–10 соседним А-сканам, и наблюдается экспоненциальный спад соответствующих зависимостей, кроме области кожных покровов. Последняя аппроксимируется соответствующей линейной зависимостью.

Ключевые слова: матрица дисперсий, оптическая когерентная томография (ОКТ), обработка изображений, спекл-структуры, глубина когерентного зондирования (ГКЗ)

A STUDY OF REFLECTED AND LEAST SCATTERED PHOTONS BY CONSTRUCTION OF THE VARIANCE MATRIX CORRESPONDENT TO OCT STRUCTURAL IMAGES

Chereshnev V.O., Abdulkarim S.N., Proskurin S.G.

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

This paper presents the results of an in vivo study of structural images of human skin and blood vessels obtained by an optical coherent tomograph (OCT) based on a Michelson interferometer. The data obtained were subjected to computer processing, by which the dispersion matrix between adjacent A-scans was calculated. The structural OCT image is compared with the image of the dispersion matrix. To minimize the noise and determine the areas corresponding to the reflected and scattered back photons, averaging of the initial data over the corresponding pixels was used. On the obtained dispersion matrix of the corresponding structural image, a significant decrease in the intensity corresponding to the region of air and the surface layers of the skin is determined. With an increase in the depth of coherent sounding (GKZ), a decrease in the anisotropy index and an increase in the dispersion coefficient of the medium and speckle noise are determined. The region of the blood vessel has high dispersion rates, which is reflected in the results of constructing the dispersion matrix in the form of low intensity indicators. As a debugging of the experimental results, a signal-to-noise ratio was constructed for small-angle raster scanning with subsequent averaging. The average signal-to-noise values were also analyzed depending on the number of averages and the corresponding regions of the air, skin, and human vessel in vivo. In the graphs of the dependences of the signal-to-noise ratios on the number of a-scan averages, a logarithmic increase is observed without asymptotic saturation ($R^2 \sim 0.85$). As a result of an increase in the signal-to-noise ratio, an exponential decrease in the intensity of the dispersion matrix occurs for the regions of the blood vessel and air ($R^2 \sim 0.9$). However, the region of the blood vessel and blood remains almost unchanged in the amount of averaging and is approximated linearly ($R^2 \sim 0.75$). Similar calculations were carried out with averaging over 2-10 neighboring A-scans, and an exponential decline in the corresponding dependences was observed, except for the skin integument. The latter is approximated by the corresponding linear dependence.

Keywords: variance matrix, optical coherence tomography (OCT), image processing, speckle structure, coherence probing depth (CPD)

Оптическая когерентная томография (ОКТ) – это быстро развивающаяся методика медицинской визуализации, активно внедряемая в клиническую практику. Основываясь на принципах низкокогерентной интерферометрии, ОКТ используется в офтальмологии, где рассеивание света в исследуемых слоях ткани сравнительно низкое, и, следовательно, интерпретация изображения относительно проста. И на-

оборот, интерпретация изображений ОКТ в большинстве других тканей часто страдает от смешанного вклада рассеяния зондирующего излучения в ткани. Помимо размытия структурных особенностей ткани на изображениях ОКТ, сильное рассеяние приводит к интенсивному перекрытию интерференционных картин, создаваемых зондирующими фотонами с одинаковой длиной оптического пути. Это явление проявляется через пеструю структуру изображения ОКТ, что способствует сложности интерпретации изображения. Таким образом, спекл-структура изображения ОКТ определяется оптическими свойствами отображаемого образца, а именно локальным распределением коэффициента обратного отражения [1]. Теоретические возможности систем ОКТ при изучении рассеивающих структур могут быть проверены путем соответствующего анализа [2].

Цель работы: дифференцирование отражённых и малократно рассеянных назад фотонов при увеличении глубины когерентного зондирования (ГКЗ) посредством построения матрицы дисперсий.

При увеличении глубины залегания структур исследуемого образца получение его достоверного структурного изображения при помощи ОКТ затруднено в связи с появлением спекл-шумов, многократным рассеиванием оптического излучения, особенностями применяемого источника излучения и особенностями сканирования в плече образца. Для совершенствования технических особенностей методики, лежащих в основе взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями и лучшего представления структур тканей необходимо увеличение глубины когерентного зондирования (ГКЗ) [3].

Решение поставленной задачи сводится к определению средних изменений свойств рассеивателей исследуемого биообъекта, использующих локальные вариации интенсивности пикселей изображения ОКТ. Соответствующие количественные и метрические методы использовались для выявления различий структурных и функциональных изображений *in vivo* [4]. Пространственное изменение структуры спеклов и пикселей возможно количественно определять путем расчета матрицы дисперсий между последовательными B-сканами или соседними A-сканами увеличенного изображения.

Материалы и методы исследования

В настоящем эксперименте использовался ОКТ на базе интерферометра Майкельсона, использующий малоугловое растровое сканирование в плече образца для уменьшения спекл-шума и увеличении отношения С/Ш. Подобный подход даёт возможность увеличить ГКЗ на 20–30 % [3].

Основными объектами для исследования выступали поверхностные слои кожи человека с подкожными кровеносными сосудами *in vivo*. Для исследования было взято изображение – результат сложения 900 A-сканов (рис. 1, слева). На рисунке отчетливо виден роговой слой эпидермиса, различимы границы структур фасции и стенки кровеносного сосуда. Изображение содержит подкожный кровеносный сосуд диаметром ~1 мм, визуализируемый до глубины 1,3–1,8 мм.

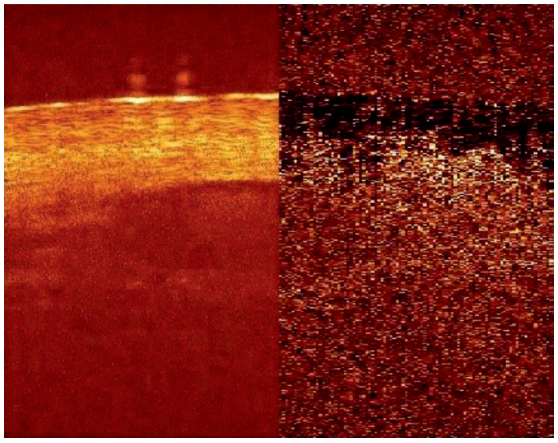


Рис. 1. Структурное ОКТ изображение кожи, сосуда и крови человека in vivo (слева) и изображение матрицы дисперсий (справа). Усреднение проведено по 5 соответствующим пикселям; размер изображения 2×2 мм

Оптические характеристики ткани и сосудов сильно различаются, а, следовательно, им соответствует различная интенсивность пикселей конечного изображения [4], что выражается разностью между соседними A-сканами изображения. Для проверки данной гипотезы были рассчитаны дисперсии интенсивности соответствующих пикселей изображения.

Дисперсия была рассчитана по стандартной формуле

$$\overline{\sigma^2} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \overline{x}\right)^2}{n-1},$$

изначально, n было взято равное 5. A-скан исходного изображения и дисперсия для пяти соседних сканов представлена на рис. 2.

На полученном графике выделение отдельных областей затруднено, в связи с равномерным распределением дисперсии по структурным областям, как следствие эффектов рассеивания, отражения и спекл-шумов [5]. Для более объективной оценки изображения на основе полученных данных были построены матрицы дисперсий для исходного изображения и изображений усредненных по 2–10 соседним сканам. Результаты второй части матрицы дисперсии приведены на рис. 3, слева.

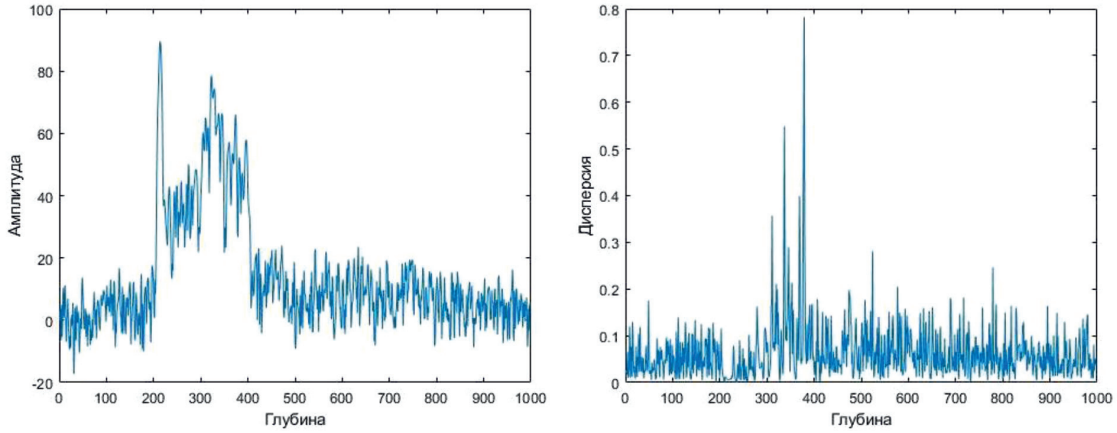


Рис. 2. А-скан кровеносного сосуда человека (слева); и дисперсия пяти соседних сканов (справа)

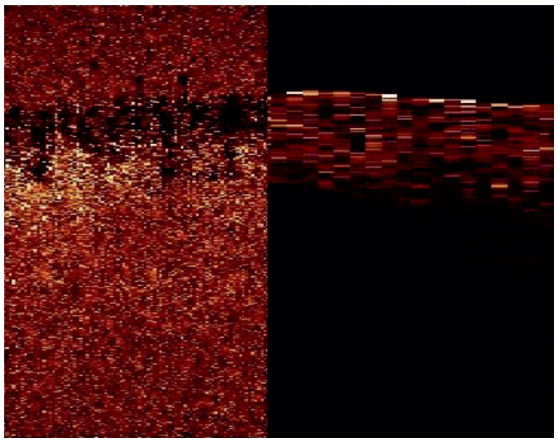


Рис 3. Матрица дисперсии исходного структурного изображения (слева); и изображения усредненного по пяти соседним А-сканам (справа)

Полученная матрица дисперсий для исходного изображения отличается высокой пространственной интенсивностью, что затрудняет выявление структурных областей. Для минимизации шумов и артефактов, оказывающих влияние на результаты построения матрицы дисперсии, произведено усреднение по соседним А-сканам изображения.

Матрица дисперсии структурного ОКТ-изображения, усредненного по пяти соседним А-сканам представлена на рис. 3, справа. Отмечается значительное уменьшение интенсивности в области воздуха, области кровеносного сосуда и области ниже реализуемой глубины когерентного зондирования. Область кожных покровов, в свою очередь, обладает наибольшей интенсивностью на матрице дисперсий. Это объясняется тем, что ткани, обладающие наименьшими показателями анизотропии g и наибольшими коэффициентами рассеяния μ_s, отличаются наибольшими интенсивностями изображения. В то же время ткани с высоким показателем коэффициента анизотропии, в которых сравнительно небольшая часть фотонов отражается назад, имеют относительно небольшую интенсивность на структурном изображении [6, 7].

Для количественного представления результатов эксперимента была построена зависимость отношения сигнал/шум от количества усреднений, а также проанализированы средние значения интенсивности области кожных покровов, воздуха и сосудов в зависимости от количества усреднений ОКТ-изображения (рис. 4).

График зависимости отношения сигнал/шум от числа усреднений аппроксимирован логарифмической зависимостью ($R^2 = 0{,}85$), наблюдается логарифмическое увеличение без асимптотического насыщения [8]. Как следствие, увеличения отношения сигнал/шум происходит логарифмический спад интенсивности матрицы дисперсии областей кровеносного сосуда и воздуха ($R^2 = 0{,}9$). Однако область кожных покровов матрицы дисперсий остается практически неизменной по количеству усреднения и аппроксимируется линейно ($R^2 = 0{,}75$). Подобные расчёты проведены при вычислении дисперсий по 2–10 соседним А-сканам. Во всех областях наблюдается логарифмический спад интенсивности, кроме области кожных покровов, соответствующий линейной зависимости.

Результаты исследования и их обсуждение

Матрицы дисперсий, полученные в ходе обработки изображений, представляют собой отраженные и малократно рассеянные фотоны в процессе построения структурного изображения в оптической когерентной томографии. Под малократным рассеянием в данном контексте подразумевается рассеяние назад, которому предшествовало относительно небольшое количество событий рассеяния. В отличие от отраженных фотонов, которые несут максимум информации о строении исследуемого биообъекта, малократно рассеянные фотоны с увеличением числа событий взаимодействия с тканью предшествовавших детектированию несут все меньше полезного сигнала.

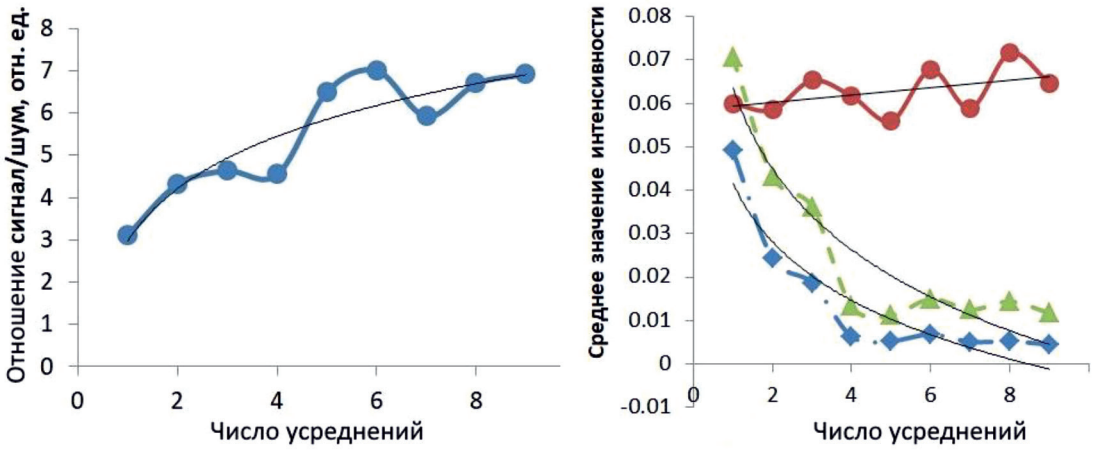


Рис. 4. График зависимости отношения сигнал/шум от числа усреднений (слева); график среднего значения интенсивности для области кожи (сплошная красная линия), воздуха (синяя штрихпунктирная линия) и крови (зелёная пунктирная линия) от числа усреднений (справа)

Такой подход объясняет падение пространственного разрешения на ОКТ-изображениях с глубиной и создает предпосылки для разработки эффективных методов идентификации потоков биологических жидкостей в толще исследуемой ткани. Сложная пространственная структура потока, в сочетании с ее флуктуациями во времени, теоретически должны приводить к изменениям в траекториях фотонов из области внутрисосудистого пространства, в частности к увеличению кратности рассеяния, что можно наблюдать при помощи построения матрицы дисперсий.

На представленной матрице дисперсий (рис. 3, слева), выделение границ между различными структурами затруднено в связи с высокой общей интенсивностью, что отчетливо видно на рис. 4. Высокая дисперсия связана с наличием спекл-шума на исходном изображении, поэтому для его минимизации использован метод усреднения изображения по соседним А-сканам при малоугловом сканировании.

Изображение, усредненное по пяти соседним А-сканам, имеет большую величину отношения сигнал/шум (рис. 4) и отличается от исходного меньшим влиянием спекл-шумов. На матрице дисперсий данного изображения (рис. 3), яркость пикселей областей воздуха, кровеносного сосуда и области ниже глубины когерентного зондирования минимальная. В свою очередь, область кожных покровов имеет наибольшие показатели дисперсии. Это объясняется минимальным влиянием спекл-шума, оптическими свойствами ткани и рассеянием (отражением).

Также были проведены расчеты дисперсий по 2–10 А-сканам, результаты полученных зависимостей практически не отличаются, наблюдается логарифмический спад интенсивностей областей сосуда и воздуха и линейная зависимость для области кожных покровов.

Недостатком представленного метода является уменьшение пространственного разрешения получаемого изображения, как следствие расчета дисперсии, что мешает высокоточному позиционированию меняющихся структур. Уменьшение или увеличение количества анализируемых пикселей уменьшают общую контрастность матрицы дисперсий и уменьшают адекватность анализа изображения. Для решения этой проблемы и дальнейшего построения структурных и функциональных анатомических карт предлагается использовать матрицу дисперсий совместно с дифференцированием структур кожи, сосудов и крови при помощи анализа распределения гистограммы интенсивности пикселей [9].

Таким образом, построение матрицы дисперсий структурных ОКТ изображений (В-сканов) позволяет производить моделирование влияния отраженных и малократно рассеянных назад фотонов, демонстрирует возможность дифференциации различных типов структурных изображений *in vivo*, обладает потенциалом для увеличения ГКЗ и визуализации глубоких структур глубоких слоёв тканей. Представленный метод предназначен для проведения биофизических экспериментов по изучению оптического просветления, компенсации рассеяния, компрессионных воздействий на биологиче-

ские ткани, исследование знакопеременных потоков крови, минимизации спекл-шума и дифференциации различных более глубоких структур биообъектов *in vivo*.

Выводы

В настоящей работе описаны результаты исследования, в котором при помощи цифровой обработки были построены структурные ОКТ изображения слоёв кожи и кровеносного сосуда человека *in vivo*. Также были получены матрицы дисперсий, отражающие процессы обратного рассеяния и отражения когерентных фотонов. Выявлено, что при низких значениях отношения сигнал/шум расчет разности между пикселями пяти последовательных изображений отражает артефакты построения томографического изображения, такие как спекл-шум, отражение и рассеяние. При больших значениях отношения сигнал/шум влияние шумовых компонент минимально, а вычисление дисперсии позволяет обнаруживать изменения гетерогенности среды, например слоёв кожи и кровеносного сосуда.

Дальнейшие исследования будут связаны с обработкой 2D и 3D изображений ОКТ, а также созданием автоматизированного программного комплекса, основанного на результатах приведённых вычислений. Развитие этого алгоритма совместно с дифференцированием структур кожи, сосудов и крови при помощи анализа распределения гистограммы интенсивности пикселей позволит создать анатомические карты подкожных кровеносных сосудов человека и животных *in vivo.*

Список литературы

1. Kirillin M.Y., Farhat G., Sergeeva E.A., Kolios M.C., Vitkin A. Speckle statistics in OCT images: Monte Carlo simulations and experimental studies. Optics Letters. 2013. vol. 38. P. 1280–1282.

2. Proskurin S.G., Meglinski I.V. Optical coherence tomography imaging depth enhancement by superficial skin optical clearing. Laser Physics Letters. 2014. vol. 39. no. 12. P. 3472–3475.

3. Проскурин С.Г., Фролов С.В., Визуализация кровеносных сосудов при помощи оптической когерентной томографии // Медицинская техника. 2012. № 3. С. 9–14.

4. Проскурин С.Г. Растровое сканирование и усреднение для уменьшения влияния спеклов в оптической когерентной томографии // Квантовая электроника. 2012. № 6. С. 495–499.

5. Lindenmaier A.A., Conroy L., Farhat G., DaCosta R.S., Flueraru C., Vitkin I.A. Texture analysis of optical coherence tomography speckle for characterizing biological tissues in vivo. Optics Letters. 2013. vol. 38. P. 1280–1282.

6. Bashkatov A.N., Genina E.A., Tuchin V.V. Optical properties of skin, subcutaneous, and muscle tissues. Journal of Innovative Optical Health Sciences. 2011. vol. 4. P. 9–38.

7. Hartinger A.E., Nam A.S., Chico-Calero I., Vakoc B.J. Biomed. Monte Carlo modeling of angiographic optical coherence tomography. Opt. Express. 2014. vol. 5. no. 12. P. 4338–4349.

8. Проскурин С.Г., Потлов А.Ю., Галеб К.И.С., Абдулкарим С.Н. Построение структурного изображения биообъекта с использованием растрового усреднения в оптической когерентной томографии // Известия ЮФУ, Технические науки. 2012. № 9. С. 129–134.

9. Черешнев В.О., Романенко И.М., Кулешов И.В., Проскурин С.Г. Дифференциация структур кожи, кровеносных сосудов и крови посредством построения вариационной матрицы ОКТ изображения // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 10. С. 319–323.

УДК 621.7-5

К ВОПРОСУ О ВЗАИМОСВЯЗЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОЛУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО ИСХОДНОГО РЕЛЬЕФА И ШЕРОХОВАТОСТИ ПОКРЫТИЙ ТВЕРДОГО ЖЕЛЕЗА В ПРОЦЕССЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Яшков В.А.

Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Муром, e-mail: zirjd@mail.ru

При восстановлении деталей машин широко применяется метод гальванического нанесения твердого железа. Популярность данного метода объясняется равномерным распределением припуска, малой глубиной дефектного слоя и небольшой шероховатостью. Механическая обработка покрытий твердого железа в основном ведется тонким точением или шлифованием. Долговечность восстановленных деталей во многом определяется совокупным рельефом и глубиной слоя с разрушенной микроструктурой, оказывающим решающее влияние на показатели, внешнего трения, износа и развития явлений усталости. Формирование исходного рельефа и шероховатости наиболее эффективно в процессе шлифования. При данном виде обработки идет интенсивное теплообразование, основная доля которого (до 80 %) переходит в деталь, что сопровождается структурными превращениями в обрабатываемом материале. По указанной причине и проводится исследование взаимосвязи технологических факторов, обеспечивающих получение качественного исходного рельефа и шероховатости покрытий твердого железа. В результате исследования построена схема связи факторов, обеспечивающих получение качественного исходного рельефа и шероховатости покрытий, наиболее качественные исходные слои формируются при использовании абразивного круга 24А40СМ26К1 с введением ограничений по режимам резания; VK = 20–30 м/с, VД = 0,6–1,16 м/с, t = до 0,12 мм, S = (0,2–0,3)Вк, i до 2. Для повышения качества исходного слоя и гидроочистки абразивного круга рекомендуется обработку вести с подачей смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) в объеме свыше 0,1 л/с.

Ключевые слова: гальванические покрытия, качество поверхностного слоя, шлифование, технологические факторы, шероховатость, микротвердость

THE QUESTION OF THE INTERACTIONS OF TECHNOLOGICAL FACTORS FOR OBTAINING HIGH-QUALITY INITIAL TOPOGRAPHY AND ROUGHNESS OF COATINGS OF SOLID IRON IN THE MACHINING PROCESS

Yashkov V.A.

Murom Institute (branch) Federal state budgetary Educational Institution of Higher Education «Vladimir State University named after Alexader Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs», Murom, e-mail: zirjd@mail.ru

When restoring machine parts, the method of galvanic application of solid iron is widely used. The popularity of this method is explained by the uniform distribution of the allowance, the small depth of the defective layer and the small roughness. Machining of hard iron coatings is mainly carried out by fine turning or grinding. The durability of the restored parts is largely determined by the combined relief and depth of the layer with the destroyed microstructure, which has a decisive influence on the indicators of external friction, wear and development of fatigue phenomena. The formation of the initial relief and roughness is most effective in the grinding process. At this type of processing there is an intensive heat formation, the main part of which (up to 80 %) passes into the part, which is accompanied by structural transformations in the processed material. For this reason, the study of the relationship of technological factors that provide quality initial relief and roughness of coatings of solid iron. The study built scheme of factors for obtaining high-quality initial topography and roughness of coatings, the highest quality source layers are formed when using abrasive wheel 24A40CM26K1 with the introduction of restrictions on cutting parameters; $V_к$ = 20-30 m/s, $V_д$ = 0.6 and 1.16 m/s, t = to 0.12 mm, S = (0,2–0,3)$V_к$, i to 2. To improve the quality of the initial layer and hydrotreatment of the abrasive wheel, it is recommended that the treatment be carried out with the supply of lubricating and cooling technological means (LCTM) in a volume of more than 0.1 l/s.

Keywords: electroplating, surface layer quality, grinding, technological factors, roughness, microhardness

Эксплуатационные свойства деталей машин, восстановленных осталиванием (гальваническим нанесением твёрдого железа) во многом определяются комплексом свойств, полученных в процессе механической обработки, особенно во время финишной обработки (тонкое точение или шлифование) [1]. Это объясняется высокой микротвердостью гальванопокрытий, равномерным распределением припуска, малой глубиной дефектного слоя после электролиза и небольшой шероховатостью.

Шлифование сопровождается высокой температурой в зоне контакта [2, 3]. Согласно данным [4], около 80 % всей механической работы, возникающей при шлифовании, переходит в тепло, а 20 % преобразуется в потенциальную энергию деформации кристаллической решетки. Для этого процесса характерно образование рас-

тягивающих напряжений, которые практически возможно уменьшить, но не удается ликвидировать [5, 6].

Наиболее полно в настоящее время решены вопросы обрабатываемости шлифованием покрытий хрома. На основе комплексных исследований в работе [7] установлено, что получить в покрытиях хрома сжимающие напряжения при электролизе или технологическими методами при механической обработке не представляется возможным, за исключением методов «поверхностно-пластической деформации» (ППД).

По обработке покрытий твердого железа известно небольшое число работ, которые не раскрывают всей сущности специфики их обрабатываемости. По данным этих исследований режимы шлифования тяготеют к нормативам резания сталей. Причиной является недостаточный учёт специфики физико-механических свойств покрытий твердого железа, которые по химическому составу весьма близки к чистому железу, насыщенному водородом, а со стороны механических свойств микротвердость покрытий близка к твердости закаленных сталей, но отличается тем, что у покрытий имеется микротрещиноватая структура и при шлифовании стружка не сгорает из-за отсутствия достаточного количества углерода, а просто оплавляется. Следует учитывать также, что покрытия твердого железа имеют наивысший коэффициент теплопроводности по сравнению со сталями и покрытиями хрома, а следовательно, они более чувствительны к тепловым полям, возникающим при механической обработке.

Цель исследования: изучить и выявить связи, обеспечивающие получение качественного исходного рельефа и шероховатости покрытий твердого железа в процессе механической обработки.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на универсальных круглошлифовальных станках мод. 312М и мод. 3Б151. Диаметр образцов соответствовал 40 мм, толщина исходного покрытия 0,5 мм, исходя из размеров восстанавливаемых поверхностей деталей автомобилей. Величина снимаемого припуска принималась от 0,1 до 0,2 мм.

Исходя из условий специфики микроструктуры твердого железа, для окончательных испытаний были выбраны абразивные круги «Волжского абразивного завода» марок 24А, 34А и 64С, которые широко применяются для обработки простых углеродистых сталей. Структура инструмента среднеплотная № 5, 6 на керамической связке К, прямого профиля, с зернистостью 20, 25, 32, 40.

Правка кругов: черновой режим – твердосплавным диском с поперечной подачей – 0,5 м/мин; окончательный режим правки – алмазнометаллическим карандашом типа «С» с поперечной подачей – 0,01 мм/дв. Ход и продольной подачей – 0,06 м/мин.

Минутный съём металла определялся расчетным путем по изменению геометрических параметров обрабатываемых поверхностей. От весового метода отказались ввиду возникающих больших погрешностей. Выхаживание поверхности не проводилось. Дополнительно исследовалась шероховатость получаемого рельефа и микротвердость наружных слоев.

Результаты исследования и их обсуждение

Предварительные исследования по обрабатываемости покрытий твердого железа показали, что частицы металла, снимаемые при шлифовании, не сгорают, а оплавляются. Отработка покрытий шлифовальными кругами с материалами абразивных зерен 24А, 34А и 64С показала, что самую низкую режущую способность имеют круги с абразивным зерном 64С (табл. 1). Мягкое железо весьма интенсивно за короткое время работы шлифовального круга адгезирует на режущие грани абразивных зерен. Особенно наглядно адгезия продуктов резания проявляется у абразивных зерен 64С из-за их высокой теплопроводности. При этом поры у круга свободны от частиц металла. Итак если при шлифовании сталей шлифовальный круг работает с затуплением, то при обработке твёрдого железа круг работает с засаливанием мягким железом по вершинам зерен абразива.

Таблица 1

Влияние материала абразивных зерен на показатели процесса шлифования ($V_К$ = 30 м/с, $V_Д$ = 0,6 м/с, S = 2 Вк, зернистость абразива 25, твердость СМ2)

Материал абразивных зерен	Глубина шлифования, t (мм)	Шероховатость, Ra (мкм)	Снижение микротвердости, α (%)
24А	0,005	0,38	3,7
	0,012	0,50	6,4
34А	0,005	0,36	7,7
	0,012	0,42	12,8
64С	0,005	0,27	4,6
	0,012	0,43	6,4

При постоянстве глубины шлифования t = 0,005 мм шероховатость поверхности в начальной стадии обработки возрастает с изменением материала зерна от 64С к 34А и 24А. За короткий промежуток времени (порядка 2 мин) шероховатость наружного слоя при воздействии зерна 64С начинает огрубляться из-за залипания круга. Круги с зернами 24А и 34А в это время работают стабильно и не проявляют признаков засаливания. Похожие характеристики процесса шлифования сохраняются и при переходе к глубине шлифования t = 0,012 мм. Шероховатость возрастает в 1,2–1,6 раза. Дефектность наружных слоев возрастает в среднем в два раза.

Важной характеристикой в процессе шлифования является величина абразивного зерна (зернистость круга) (табл. 2).

Величина шероховатости возрастает с Ra = 0,3 мкм до Ra = 0,42 при t = 0,005 мм), с увеличением зернистости от 20 до 40. Снижение микротвердости в наружном слое с изменением зернистости невелика и составляет 3,7–4,7 %. При глубине шлифования t = 0,012 мм снижение микротвердости составляет 9,4 % зернистость 20 и наименьшая 5,2 % при зернистости 40.

На качество обработки и производительность процесса оказывает влияние твердость шлифовальных кругов (табл. 3).

Наилучшие показатели при шлифовании покрытий твердого железа получены при обработке кругами твердости СМ2. На основе исследований шлифовальный круг марки 24А40СМ6К1 признан наиболее рациональным для обработки покрытий твердого железа и рекомендован в производство. С использованием данного круга были проведены исследования по выявлению режимов шлифования покрытий.

Расчет или выбор режимов обработки чаще всего начинают с глубины резания (в шлифовании поперечная подача). Поперечная подача ($S_{ПОП}$) оказывает влияние на величину внедрения абразивных зерен в покрытие, что сопровождается ростом температур контакта (табл. 4).

Увеличение поперечной подачи с 0,005 до 0,025 мм вызывает следующие изменения: температура зоны контакта повышается в 1,75 раза и шероховатость в 2,9 раза, а разупрочнение активизируется в 2,87 раза.

Таблица 2

Влияние зернистости абразивов на показатели процесса шлифования
($V_К$ = 30 м/с, $V_Д$ = 0,6 м/с, S = 0,2 Вк, круг 24А, твердость СМ2, структура № 6)

Зернистость	Глубина шлифования, t, (мм)	Шероховатость, Ra (мкм)	Снижение микротвердости, α (%)
20	0,005	0,36	4,8
	0,012	0,40	9,4
25	0,005	0,38	3,7
	0,012	0,50	6,4
32	0,005	0,40	4,7
	0,012	0,45	7,5
40	0,005	0,42	4,6
	0,012	0,48	5,2

Таблица 3

Влияние твердости кругов на показатели процесса шлифования
($V_К$ = 30 м/с, $V_Д$ = 0,6 м/с, S = 0,28, материал зерна 24А, зернистость 25)

Твердость круга	Глубина шлифования, t (мм)	Шероховатость, Ra (мкм)	Снижение микротвердости, α (%)
СМ1	0,005	0,41	4,8
	0,012	0,44	10,0
СМ2	0,005	0,38	3,7
	0,012	0,50	6,4
С1	0,005	0,39	4,7
	0,012	0,48	9,5
С2	0,005	0,40	5,0
	0,012	0,43	11,0
СТ1	0,005	0,41	5,2
	0,012	0,44	13,0

Таблица 4

Влияние поперечной подачи на параметры шлифования
($V_к$ = 30 м/с, $V_д$ = 0,6 м/с, S = 0,2В, СОТС отсутствует)

Глубина шлифования, t (мм)	Температура контакта, t°C	Шероховатость, Ra (мкм)	Снижение микротвердости, α (%)
0,005	245	0,40	4,6
0,007	275	0,43	5,2
0,012	320	0,48	6,4
0,020	400	0,82	10,5
0,25	435	1,15	13,2

Таблица 5

Влияние круговой подачи на параметры шлифования
($V_к$ = 30 м/с, i = 1, t = 0,005 мм, S = 0,2$В_к$, СОТС отсутствует)

Круговая подача, $V_д$ м/с	Температура контакта, t°C	Шероховатость, Ra (мкм)	Снижение микротвердости, α (%)
0,220	230	0,33	4,3
0,433	245	0,42	4,6
0,883	280	0,60	5,5
1,000	290	0,60	5,5
1,333	330	0,71	6,8

Таблица 6

Влияние продольной подачи на процесс шлифования
($V_к$ = 30 м/с, $V_д$ = 0,6 м/с, t = 0,005 мм, СОТС отсутствует)

Продольная подача в полях ширины абразивного круга, (ВК)	Температура контакта, t°C	Шероховатость, Ra (мкм)	Снижение микротвердости, α (%)
0,1 ВК	170	0,29	–
0,2 ВК	245	0,42	4,6
0,3 ВК	310	0,53	5,1
0,4 ВК	390	0,72	8,0

Таблица 7

Влияние СОТС на показатели процесса шлифования
($V_к$ = 30 м/с, $V_д$ = 0,4 м/с, t = 0,010 мм, S = 0,3 Вк)

Количество подаваемой	Шероховатость, Ra (мкм)	Снижение микротвердости, α (%)
0	1,25	16
0,032	0,62	6,3
0,064	0,52	3,6
0,096	0,48	2,4
0,320	0,44	2,4
0,670	0,40	1,9

На параметры шлифования оказывает влияние круговая подача (скорости вращения детали) (табл. 5).

Экспериментом было установлено, что при $V_д$ = 1,16 м/с и выше наступает качественное изменение параметров процесса резания, которое сопровождается ростом сил резания, интенсификацией температур и активным налипанием металла на грани зерен абразива. На основе изложенного значение $V_д$ = 1,16 м/с следует считать допустимым пределом.

Количество абразивных зерен, участвующих в процессе резания элементарного сечения обработки, во многом зависит от величины продольной подачи (S) влияющей на параметры качества поверхностного слоя деталей (табл. 6).

Анализ влияния продольной подачи и требований к шероховатости восстановленных деталей показывает, что задавать величину S более 0,3 Вк нецелесообразно.

Современное шлифование металлов в основном производится с подачей СОТС. Подача 5% раствора эмульсола из насадки, равной ширине круга, падающей струёй показала эффективность до ~0,1 л/с (табл. 7).

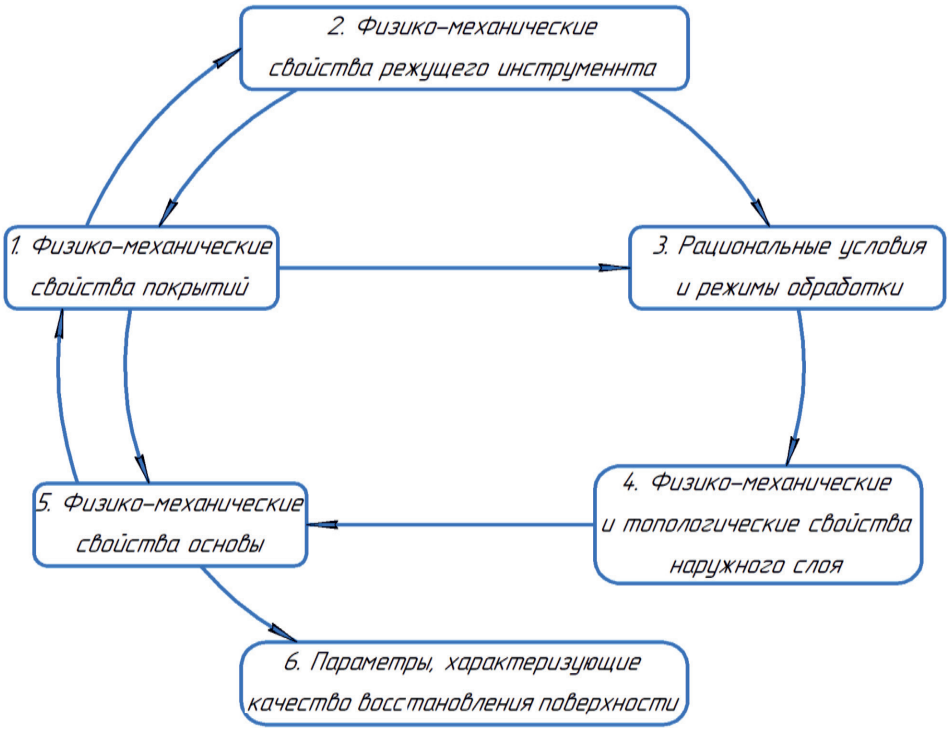


Схема связи факторов, обеспечивающих формирование исходных слоев твердого железа

Повышение количества СОТС свыше 0,1 л/с менее ощутимо для снижения шероховатости и дефектности наружного слоя, но оно резко улучшает условия резания шлифовального круга.

Механическая обработка сопровождается противоборством между обрабатываемым металлом и прочностными свойствами режущего инструмента. Физико-механические свойства твердого железа (фактор 1) оказывают влияние на физико-механические свойства режущего инструмента (фактор 2), это: материал и величина зерна абразива, твердость, вид связки и структура и др. Результатом взаимодействия покрытия и инструмента является рациональные режимы и условия обработки (рисунок) (фактор 3), выходными параметрами которых являются физико-механические и топологические свойства наружного слоя. Выходные параметры характеризуются комплексом показателей качества восстановленной поверхности детали (фактор 6).

Параметры (фактор 6) могут быть равны утраченными или превзойти их (лучший вариант), а возможно и уступать утраченным свойствам (худший вариант). Из рассмотренной схемы взаимосвязи групп факторов следует, что фактор 4 формируется в процессе механической обработки. Он является заключительной стадией в восстановительной технологии и одной из ответственных.

Выводы

1. Установлено, что применимость режущего инструмента для механической обработки твердого железа находится в прямой связи с адгезионной инертностью к железу. Обработка шлифованием сопровождается оплавлением частиц твердого железа и их налипанием на вершины абразивных зерен. Данные эксперимента показывают, что наибольшей универсальностью обладает шлифовальный круг с материалом абразивных зерен белого электрокорунда 24А.

2. С целью повышения работоспособности навощённого слоя при его обработке необходимо сохранять неизменной величину микротвердости, полученную в процессе электролиза, поэтому на операции чистового шлифования твердого железа эффективнен припуск до 0,2 мм.

3. Выявлено, что шлифованием получаются наиболее качественные исходные слои при использовании абразивного круга 24А40СМ26К1 с введением ограничений по режимам резания; $V_К$ = 20–30 м/с, VД = 0,6–1,16 м/с, t = до 0,12 мм, S = (0,2 – 0,3)Вк, i до 2. Для повышения

качества исходного слоя и гидроочистки абразивного круга рекомендуется обработку вести с подачей СОТС в объеме свыше 0,1 л/с.

Список литературы

1. Гречишников В.А., Яшков В.А., Пивкин П.М., Романов В.Б., Исаев А.В., Маслов А.Р. Абразивные инструменты для обработки отверстий в деталях робототехнических комплексов // СТИН. 2016. № 9. С. 11–14.

2. Яшков В.А., Силин Л.В. Технология внутреннего шлифования без тепловых эффектов // СТИН. 2012. № 3. С. 22–25.

3. Худобин Л.В., Михайлин С.М., Унянин А.Н., Веткасов Н.И. Контактные температуры и силы шлифования кругами, термообработанными по микроволновой технологии // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2010. № 4 (14). С. 81–86.

4. Веткасов Н.И., Крупенников О.Г., Улитин С.И. Исследование механизмов проникающего и смазочного действий тсм при шлифовании кшк // Инновационные технологии в металлообработке Всероссийская научно-практическая заочная конференция с международным участием: сборник научных трудов (посвящается 90-летию Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д.т.н., профессора Л.В. Худобина). Отв. ред. Н.И. Веткасов. 2019. С. 381–386.

5. Степанов А.В., Веткасов Н.И. Повышение качества поверхностного слоя шлифованных заготовок путем применения многослойных смазочных покрытий // Техника и технологии машиностроения: материалы IV международной студенческой научно-практической конференции. Редакционная коллегия: Е.Н. Еремин (отв. ред.), Ю.О. Филиппов, А.Г. Анатольев. 2015. С. 226–229.

6. Маталин А.А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. Киев: Техника, 1971. 210 с.

7. Худобин Л.В., Михайлин С.М., Унянин А.Н., Веткасов Н.И. Технологическая эффективность композиционных шлифовальных кругов на бакелитовой связке // СТИН. 2012. № 7. С. 20–24.

СТАТЬИ

УДК 373.2

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ Е.Н. ВОДОВОЗОВОЙ В СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Аммосова В.Г., Николаева Л.В.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, e-mail: pimdo@mail.ru

В статье проведен анализ педагогических трудов Е.Н. Водовозовой с позиций современности. Е.Н. Водовозова – русский педагог, ученица и последовательница К.Д. Ушинского, детская писательница. Внесла значительный вклад в теорию русской дошкольной педагогики. В августе 2019 г. исполнилось 175 лет со дня рождения выдающегося педагога. В связи с этим событием проведены мероприятия о ее творчестве со студентами 2 курса кафедры дошкольного образования. Вначале были исследованы знания студентов о творчестве Е.Н. Водовозовой, которые показали низкий уровень. В результате были разработаны занятия о творчестве педагога. Рассмотрены педагогические взгляды Е.Н. Водовозовой, сформировавшиеся в XIX в., применительно к образовательным областям федерального государственного стандарта дошкольного образования. Анализ направлений современного дошкольного образования и педагогических взглядов Е.Н. Водовозовой позволил прийти к выводу об актуальности идей и творчества педагога в условиях модернизации дошкольного образования. Педагогические взгляды Е.Н. Водовозовой гармонично сочетаются с современной гуманистической парадигмой образования. Педагогическое наследие Е.Н. Водовозовой успешно внедряется в теорию и практику современного дошкольного образования, является актуальным в сфере воспитания одаренного ребенка, семейном воспитании, роли матери в раннем развитии ребенка, в воспитании нравственных качеств у подрастающего поколения.

Ключевые слова: дошкольное образование, умственное развитие, нравственное воспитание, раннее развитие, развитие речи, гуманизм

PEDAGOGICAL HERITAGE OF E.N. VODOVOZOVA IN MODERN THEORY AND PRACTICE OF PRESCHOOL EDUCATION

Ammosova V.G., Nikolaeva L.V.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: pimdo@mail.ru

The article analyzes the pedagogical works of E.N. Vodovozova from the standpoint of modernity. E.N. Vodovozova is a Russian teacher, student and follower Of K.D. Ushinsky, a children's writer. She made a significant contribution to the theory of Russian preschool pedagogy. In August 2019, 175 years have passed since the birth of the outstanding teacher. In connection with this event, events were held about her work with the 2nd year students of the Department of preschool education. Initially, students ' knowledge about the work of E.N. Vodovozova was investigated, which showed a low level. As a result, classes were developed about the creativity of the teacher. The pedagogical views of E.N. Vodovozova, formed in the XIX century, in relation to the educational areas of the Federal state standard of preschool education are considered. The analysis of directions of modern preschool education and pedagogical views of E.N. Vodovozova allowed to come to a conclusion about relevance of ideas and creativity of the teacher in the conditions of modernization of preschool education. The pedagogical heritage of E.N. Vodovozova is successfully being introduced into the theory and practice of modern preschool education, they are relevant in the field of raising a gifted child, family education, the role of the mother in the early development of the child, and moral qualities of the younger generation.

Keywords: preschool education, mental development, moral education, early development, speech development, humanism

В августе 2019 г. исполнилось 175 лет со дня рождения Водовозовой Елизаветы Николаевны. Е.Н. Водовозова – русский педагог, детская писательница, ученица и последовательница К.Д. Ушинского.

Е.Н. Водовозова родилась в Смоленской губернии, в небогатой дворянской семье**.** Окончила Смольный институт, была ученицей и последовательницей К.Д. Ушинского и В.И. Водовозова.

С 1860 г. изучала детские сады в Германии и Швейцарии. Е.Н. Водовозовой написано одно из первых пособий в России для родителей и воспитательниц детских садов «Умственное развитие детей от первого появления сознания до восьмилетнего возраста» (1871).

Сохранились ее произведения – рассказы для детей, мемуары и др.

Цель статьи: сформировать у студентов знания о педагогическом наследии Е.Н. Водовозовой и понимание вклада педагога в современную теорию и практику дошкольного образования.

Задачи исследования:

– познакомить студентов-бакалавров с педагогическим наследием Е.Н. Водовозовой;

– показать значимость педагогических идей и взглядов педагога с современными

тенденциями дошкольного образования в условиях реализации ФГОС дошкольного образования.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на кафедре дошкольного образования в процессе занятий студенческого научного кружка «Студенческий научный форум». Цель работы кружка – активизировать научно-исследовательскую деятельность студентов, формировать навыки исследовательской работы.

В плане работы кружка запланированы следующие научные мероприятия: 175-летие Е.Н. Водовозовой, участие в ярмарке студенческих кружков, участие в конференциях кафедры, Педагогического института, университета, проведение конференции в рамках Международного студенческого научного форума 2019 РАЕ, выезд лауреатов конференции на очное итоговое участие Международного студенческого форума – 2019 в Москве. На проведение каждого мероприятия назначены ответственные студенты. Работа кружка началась с ознакомления с творчеством Е.Н. Водовозовой в связи с 175-летием со дня рождения. Тьютором мероприятия является студентка 2 курса В.Г. Аммосова

В начале исследования было проведено анкетирование студентов о педагогическом наследии Е.Н. Водовозовой. В анкетировании приняли участие студенты 2 и 4 курсов. В анкетировании были представлены вопросы по следующим темам: «Знание трудов Е.Н. Водовозовой», «Значение педагогических взглядов Е.Н. Водовозовой в современном дошкольном образовании.

Критерии ответов:

Высокий уровень: студент знает труды Е.Н. Водовозовой. В своем ответе подробно раскрывает ее педагогические взгляды. Может сопоставить ее педагогические идеи в свете ФГОС ДО, проанализировать их с точки зрения современного дошкольного образования.

Средний уровень: студент знает только одно произведение Е.Н. Водовозовой. С затруднением отвечает на наводящие вопросы, дает неполный анализ педагогических взглядов педагога.

Низкий уровень: студент не знает трудов Е.Н. Водовозовой.

Ответы студентов показали следующие результаты: средний уровень – 10%, низкий уровень – 90%. Высокого уровня не оказалось. Выявлено, что студенты не знают педагогических взглядов Е.Н. Водовозовой.

Далее были проведены циклы занятий кружка по следующим темам: «Педагогическое наследие Е.Н. Водовозовой», «Педагогические взгляды Е.Н. Водовозовой в теории и практике современного дошкольного образования», «Е.Н. Водовозова о семейном воспитании детей раннего возраста».

Результаты исследования и их обсуждение

После проведенных занятий состоялся круглый стол «Педагогическое наследие Е.Н. Водовозовой в теории и практике дошкольного образования». При проведении круглого стола была использована технология «Перевернутый класс». Данная технология предусматривает два этапа работы: внеаудиторный и аудиторный. В процессе внеаудиторной работы студенты осуществляют самостоятельный поиск информации по заданной проблеме, готовят презентации, выступления. На круглом столе обмениваются информацией, обсуждают, резюмируют ситуацию и делают выводы. На обсуждение были поставлены следующие темы:

– Педагогическая деятельность Е.Н. Водовозовой.

– Педагогическое наследие Е.Н. Водовозовой.

– Педагогические идеи и взгляды Е.Н. Водовозовой в теории и практике современного дошкольного образования.

– Е.Н. Водовозова о воспитании детей раннего возраста в семье.

– Идеи Е.Н. Водовозовой о воспитании одаренных детей

– Социально-коммуникативное развитие детей в трудах Е.Н. Водовозовой..

– Гуманизм педагогики Е.Н. Водовозовой.

– Взгляды Е.Н. Водовозовой на проблему умственного развития детей.

– Реализация идей Е.Н. Водовозовой в ФГОС дошкольного образования.

В результате обсуждения тем студенты пришли к выводу, что педагогическое наследие Е.Н. Водовозовой актуально и востребовано в современной теории и практике дошкольного образования. Педагогические идеи Водовозовой можно использовать по всем пяти образовательным областям ФГОС ДО.

Так, социально-коммуникативное развитие по ФГОС направлено на усвоение норм и ценностей, нравственное, патриотическое воспитание. Основная цель – «позитивная социализация детей дошкольного возраста, приобщение детей к социокультурным нормам, традициям семьи, общества и государства» [1]. Педагогические принципы Е.Н. Водовозовой находят практическое отражение в современных теориях гуманистического воспитания, в которых ребенок рассматривается как субъект воспитания,

равноправный партнер, достойный уважительного и гуманного отношения.

Она считала, что «педагог должен найти что-то положительное в каждом ребёнке, вычленить эту позитивную составляющую и усилить своим доверительным отношением. В качестве мотива любви к детям выступает потребность педагога в самореализации личности ребёнка. Воспитатель должен стараться внушить ребёнку веру в свои силы, надежду на него. Позиция Е.Н. Водовозовой убедительно доказывает гуманизм в отношениях с детьми. Она считает, что старшим необходимо уважительно относиться к любому суждению ребёнка» [2]. Данные взгляды педагога реализуются в настоящее время в современных подходах к обучению и воспитанию детей дошкольного возраста. Современные образовательные технологии, такие как личностно-ориентированные технологии, интерактивные технологии, развивающие, проектные, исследовательские, гуманно-личностные технологии и др., требуют отношения к ребенку как к субъекту деятельности. Педагог и ребенок выступают как равные партнеры на основе сотрудничества и уважения друг к другу. Ребенка учат не бояться высказывать свои мысли, принимается любое мнение.

Данный подход Е.Н. Водовозовой находит также свое применение при использовании технологии успеха. Большое значение здесь имеет прогнозирование развития ребенка в будущем и создания педагогических условий для раскрытия его творческого потенциала и развития его способностей.

В своей работе «Умственное развитие детей от первого проявления сознания до 8-летнего возраста» (1871) она подчеркивала: «Основная идея воспитания – раскрепощение детской личности, признание ее прав на известную самостоятельность, необходимость свободно высказывать свои суждения, всестороннее умственное и нравственное развитие ребенка и требование от родителей гуманного внимательного отношения к нему» [2].

Педагогические взгляды Е.Н. Водовозовой пронизаны любовью к детям, стремлением формировать у них такие нравственные качества, как доброта, эмпатия, открытость, дружелюбие. «Научить детей любить – это, по её мнению, первая заповедь в воспитании.

Е.Н. Водовозова призывала воспитывать в ребёнке такие качества, как забота о людях, любовь к ним, стремление разделить горе и радость товарища, доброжелательность. Педагог считала, что нужно «исключить принуждение и насилие над ребёнком», развивать добрые качества, без всяких наказаний» [3]. Эти педагогические взгляды перекликаются с этнопедагогическими основами воспитания детей дошкольного возраста. Недаром Г.Н. Волков назвал этнопедагогику «педагогикой любви» [4].

«Главной целью воспитания Е.Н. Водовозова считала гармоничное развитие ребенка, а основы семейного воспитания видела в приобщении детей к культурным традициям своего народа» [3]. Елизавета Николаевна отмечала, что главная цель воспитания – это «воспитывать человека – будущего общественного деятеля и гражданина своей родины, проникнутого идеей человечества» [2].

Большое внимание Елизавета Николаевна уделяла развитию речи детей. Как преемница Ушинского, она исходила из идеи народности воспитания. Ею составлена программа развития у детей дошкольного возраста родной речи на основе русского фольклора.

Развитие речи имеет огромное значение в личностном развитии детей, в социализации в обществе, со сверстниками, взрослыми, в подготовке к обучению в школе. Родной язык, язык матери, при этом является основным.

В современных условиях характерно билингвальное обучение и развитие детей, так как дети осваивают одновременно родной и русский языки. Использование якутского и русского фольклора для развития речи имеет огромное значение. Это – ознакомление детей с устным народным творчеством – сказками, легендами, стихами, пословицами, скороговорками, загадками, народным эпосом. Важное значение имеют детские народные песни, начиная с колыбельной. Песни-забавы, пестушки, потешки имеют нравственную направленность для маленьких детей. Они наполнены любовью и нежностью. Например, «Сорока», воспитавшая чуть ли не все поколения малышей. С возрастом меняются формы и тексты народных песенок. Появляются песенки об одевании, умывании, кормлении, заботе о близких, играх и др. У народа много песен, воспевающих красоту природы, доброго утра, восхода солнца, заката, стихи и песни о радуге, дожде, белом снеге. С раннего возраста детей учат любить и восхищаться природой, окружающим миром.

Затем начинается знакомство с памятниками устного народного творчества, к которым относятся мифы, легенды, героический эпос.

В мифах раскрываются представления народа о явлениях природы, которые люди не могут научно объяснить и придумывают фантастические сюжеты. В мифологии якутского народа жизнь на Земле представлена тремя мирами, Верхний, Средний,

Нижний и объединяет их огромное дерево Аал – Лук – Мас. По поверьям якутов, в Верхнем мире живут боги, в Среднем мире – люди, а в Нижнем мире – чудовища – абаасы, олицетворяющие зло. Мифические сюжеты заложены также в героическом эпосе олонхо.

В РС (Якутия) востребована в настоящее время педагогика Олонхо. Олонхо – народный героический эпос. Выдающийся памятник якутского устного народного творчества олонхо признан ЮНЕСКО устным культурным нематериальным шедевром мира. Педагогика Олонхо призвана формировать у детей чувство любви и гордости за культуру, традиции, обычаи родного народа. В олонхо перед детьми предстают народные герои, их героические поступки. В эпосе дается описание старинного уклада жизни, жилища, одежды, утвари, обычаев и традиций народа. Г.Н. Волков писал: «Эпос служил одновременно и школой, и педагогической энциклопедией, и педагогическим шедевром» [4]. В образе народных героев запечатлена многовековая мечта народа о совершенстве человека, народного идеала. Народ украшал народный идеал самыми лучшими качествами. Герои Олонхо – якутские богатыри, красивые, сильные, благородные, готовые защитить Родину и народ от врагов. Туйаарыма Куо представляет собой идеал якутской девушки.

Героический эпос русского народа представлен былинами о русских богатырях. Певцов, исполнителей эпоса, называли сказителями.

Дети нередко осваивают также и третий язык – иностранный. Чем больше языков изучает ребенок, тем больше он развивается. Получают интенсивное развитие память, мышление, звукопроизношение, фонетические и фонологические навыки, познавательная активность.

«Актуально звучат идеи Е.Н. Водовозовой о личностной культуре ребенка, развитии эстетического чувства, использовании в воспитании произведений художественной литературы, в частности произведений устного народного творчества, приобщения ребенка к творческой деятельности» [3].

Большое значение Е.Н. Водовозова уделяла физическому воспитанию ребенка. Она подчеркивала, что «организация человека, как духовная, так и физическая, его органы и способности слабеют, разрушаются и атрофируются при покое, при недостатке упражнений, – это такой же неопровержимый закон, как и закон наследственности» [5].

Елизавета Николаевна подчеркивала, что начать воспитание ребенка надо с самого рождения. «Главные неудачи в воспитании, – писала она, – происходят преимущественно от того, что оно начинается только со школьной скамьи, когда характер ребенка уже более или менее сложился, а ум, привыкший к бездействию, принял известное направление. Давно уже всеми признано, что соответственное возрасту умственное и нравственное развитие должно начинаться с первого проявления сознания в ребенке» [1, с. 232].

Данное положение учения Е.Н. Водовозовой мы можем использовать в практике воспитания одаренного ребенка. В настоящее время наиболее актуальной становится проблема психолого-педагогического сопровождения одаренных детей. В программе СВФУ «С самого начала…» говорится о том, что одаренного ребенка надо взращивать уже с перинатального возраста, до рождения и с самых первых дней рождения начать заниматься с ним [6].

В качестве основной проблемы семейного воспитания Е.Н. Водовозова выделяет факт, что родители мало уделяют времени для занятий, игр и бесед с детьми. Многие дошкольники большую часть времени предоставлены сами себе и занимают себя гаджетами и компьютерными играми. Дети не могут организовать свой досуг эффективно и мучаются бездельем и скукой. Ребенок страдает, так как его информационные запросы не удовлетворяются. По этой причине новые запросы на новые знания поступают реже и развитие ребенка замедляется. А детям необходима деятельность: игровая, творческая, изобразительная, конструкторская, познавательная. Не секрет, что многие мамы, сунув ребенку телефон или планшет, не разговаривают с ним, а сидят, уткнувшись в свой телефон. Результат очевиден.

А между тем в современном дошкольном образовании уделяется большое внимание раннему развитию детей с самого рождения, так как именно дошкольный возраст, начиная с раннего возраста до 7 лет, является самым сензитивным в плане развития. И важно не упустить эти уникальные моменты и наполнить жизнь ребенка эффективными педагогическими условиями. Поэтому именно от мамы зависит, как будет развиваться ребенок. Сама мама должна быть творческой, увлеченной в развитии малыша, неустанно общаться с ним, играть и заниматься. И тогда мы можем говорить о воспитании одаренных детей. И об этом говорила в свое время Е.Н. Водовозова. В своей книге она писала рекомендации, как организовать непрерывный ежедневный цикл разнообразных занятий, развивающих детей по различным направлениям.

Сравнительный анализ результатов викторины о педагогическом наследии Е.Н. Водовозовой в начале и в конце исследования

Уровни знаний	Констатирующий этап		Контрольный этап	
	Знание трудов Е.Н. Водовозовой	Знание педагогических взглядов Е.Н. Водовозовой в современном дошкольном образовании	Знание трудов Е.Н. Водовозовой	Знание педагогических взглядов Е.Н. Водовозовой в современном дошкольном образовании
Высокий	–	–	80%	90%
Средний	10%	10%	20%	10%
Низкий	90%	90%	–	–

Проведенный анализ работ Е.Н. Водовозовой показывает актуальность и востребованность ее работ в современной системе дошкольного образования.

Повторное анкетирование показало повышение знаний студентов о педагогическом наследии Е.Н. Водовозовой. Сравнительный анализ результатов показан в таблице.

На контрольном этапе по первому заданию высокий уровень показали 80% студентов, средний уровень 20%. По второму заданию высокий уровень – у 90%, средний – у 10% студентов. Низкого уровня не оказалось. Таким образом, цель исследования по данной проблеме достигнута.

Заключение

Проведенный научно-исследовательский анализ работ Е.Н. Водовозовой позволил прийти к выводу о том, что труды педагога имеют неоценимый вклад в теории и практике дошкольного образования и необходимости изучать и использовать ее педагогические идеи и взгляды в практике дошкольного образования. В перспективе считаем необходимым разработать факультативный курс «Педагогическое наследие Е.Н. Водовозовой в современной теории и практике дошкольного образования» для направления подготовки «Педагогическое образование» профиль «Дошкольное образование», а также включить данную тему в программу курсов повышения квалификации педагогов дошкольного образования для распространения педагогического опыта в практику ДОО, что будет способствовать повышению качества дошкольного образования в работе с родителями.

Список литературы

1. ФГОС дошкольного образования. [Электронный ресурс]. URL: https://pravobraz.ru/federalnyjgosudarstvennyj-obrazovatelnyj-standart-doshkolnogo=obrazovaniya/ (дата обращения: 17.11.2019).

2. Водовозова Е.Н. Умственное и нравственное развитие детей от первого проявления сознания до школьного возраста. 7 изд., пер. и доп. СПб., 1913. 365 с.

3. Фролова О.А. Е.Н. Водовозова о воспитании детей дошкольного возраста. М., 1949 [Электронный ресурс]. URL: http://pedagogic.ru/pedenc/item/f00/s00/e0000373/index.shtml (дата обращения: 18.12.2019).

4. Волков Г.Н. Педагогика любви. Избранные этнопедагогические сочинения. Т. 2. М.: Изд. Дом МАГИСТР-ПРЕСС, 2002. 460 с.

5. Водовозова Е.Н. Царство свободного ребенка. Избранные статьи о воспитании. М.: ООО«Карапуз», 2009 [Электронный ресурс]. URL: https://www.labirint.ru/books/239976/ (дата обращения: 18.12.2019).

6. Николаева Л.В. Роль матери в воспитании одаренного ребенка // Женщины и вызовы современности: сборник статей НПК с международным участием. Киров: МЦНИП, 2013. С. 197–200.

УДК 378.14:004.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОШЕНИЯ УЧАЩИХСЯ К СЛУЧАЙНОМУ ВЫБОРУ ВОПРОСОВ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ ТЕСТИРОВАНИИ

Барыктабасов К.К., Жумабаева Ч.Н., Бримкулов У.Н.

Кыргызско-Турецкий Университет «Манас», Бишкек, e-mail: ulan.brimkulov@manas.edu.kg

Целью данной работы является исследование отношения учащихся к случайному выбору вопросов при компьютерном тестировании в высших учебных заведениях. Исследование проводилось в виде опроса студентов. Респондентам предлагалось указать степень их согласия на применение в компьютерном тестировании случайного выбора вопросов на промежуточных (модулях), финальных, вступительных экзаменах, а также в целях самостоятельного определения уровня знаний. В исследовании приняли участие 1034 студента, представляющих 6 высших учебных заведений Кыргызстана. По результатам исследования получены следующие выводы: несмотря на то, что более 50% респондентов одобрительно относятся к случайному выбору вопросов, количество тех, кто не одобряет данный подход, увеличивается в зависимости от важности экзамена. Так, больше всего отрицательных отзывов на применение данной методики получено для вступительных экзаменов. Другими словами, 23,1% респондентов предпочитают, чтобы были одинаковые вопросы для всех, когда по результатам тестирования составляется рейтинг экзаменуемых для последующего отбора лучших из них. Тогда как для промежуточных экзаменов эта цифра составляет 16,1%. Кроме того, выявилась статистически значимая разница во мнении учащихся по инженерным направлениям в сравнении с мнением учащихся по гуманитарным и экономическим направлениям. Так, выяснилось, что респонденты, учащиеся по инженерным направлениям, более лояльно относятся к применению метода случайного выбора вопросов при компьютерном тестировании, по сравнению с учащимися по другим направлениям. Статистически значимой разницы во мнении между учащимися различных высших учебных заведений не выявлено.

Ключевые слова: университет, учебный процесс, компьютерное тестирование, случайный выбор вопросов

RESEARCH OF THE STUDENTS' PERCEPTION OF RANDOM SELECTION OF QUESTIONS IN COMPUTER BASED LEARNING ASSESSMENT

Baryktabasov K.K., Zhumabaeva Ch.N., Brimkulov U.N.

Kyrgyz-Turkish «Manas» University, Bishkek, e-mail: ulan.brimkulov@manas.edu.kg

The objective of this work is to study the students' perception of random selection of questions from the question banks during computer based learning assessment in higher educational institutions. The study was conducted in a form of survey. Respondents were asked to indicate the degree of their consent to use a random selection of questions for computer based learning assessment. The study involved 1034 students representing 6 higher education institutions in Kyrgyzstan. According to the results of the study, the following conclusions were drawn: despite the fact that more than 50% of respondents approve of a random selection of questions, the number of those who do not approve random selection increases depending on the importance of the exam. The most negative reviews on the application of this technique were received for entrance exams. In other words, 23.1% of respondents prefer the same questions for everyone. Whereas for intermediate exams the percentage is 16.1%. In addition, a statistically significant difference was found in the opinion of students of engineering specialties compared with the opinion of students in humanitarian and economic specialties. It was established that respondents from engineering specialties are more loyal to the random selection of questions in computer based learning assessment, compared with students of other specialties. There was no statistically significant difference in opinion between students of various higher educational institutions.

Keywords: university, educational process, computer testing, random choice of questions

В рамках данной статьи рассматриваются системы оценки знаний, ведь «оценивание знаний является неотъемлемым компонентом образования, так как позволяет судить и улучшать как обучение, так и преподавание» [1]. Более того, «исследования и практический опыт показывают важность оценивания знаний в высшем образовании. Это формирует опыт студентов и оказывает большее влияние на их поведение, чем сами уроки» [2].

В англоязычной литературе использование информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) для оценки знаний называют по-разному. Например, в [3] авторы используют термин «оценка с помощью компьютеров» (computer assisted assessment – CAA) что подразумевает: «использование компьютеров для оценивания знаний учащегося». Кроме того имеется такое понятие, как э-оценивание (e-assessment) [4]. В [5] используется термин «computer-based assessment» (CBA), т.е. «оценивание знаний на основе компьютеров».

На сегодняшний день ИКТ-средства могут быть использованы на вступительных экзаменах, в целях предварительной проверки или промежуточной оценки знаний, заключительных экзаменов, а также для самостоятельной оценки знаний [5]. Вне

учебных заведений в целях определения уровня знаний тестируемого для последующего приема на работу, для выдачи сертификатов, прав на вождение и т.д.

Использование ИКТ для оценки знаний имеет ряд преимуществ по отношению к письменным экзаменам с использованием бумаги, поэтому развитие средств онлайн оценки знаний имеет очень важное значение с точки зрения педагогики [5]. Появляется возможность исключения человеческого фактора при подсчете итоговых баллов (ошибки при совершении арифметических операций, а также объективность проверяющего), имеется возможность автоматической манипуляции вопросами (изменение порядка вопросов, а также вариантов ответов, можно использовать метод случайного выбора вопросов).

Недостатками использования ИКТ для оценки знаний являются: зависимость от технических средств обеспечения проведения экзамена (наличие и исправность источников электроэнергии, компьютерной техники, средств телекоммуникации и т.д.), зависимость от количества имеющихся компьютеров, необходимость подготовки большого количества вопросов при использовании метода случайного выбора. Также важно рассмотрение вопросов безопасности, зависящих от многих факторов [6].

В целом системы оценки знаний можно поделить на следующие виды: оптические считыватели (optical mark readers – OMR) [5], э-портфолио [5, 7], электронные средства рецензирования (системы основанные на коллегиальной оценке) [8], системы основанные на критериях оценки [7, 9], а также компьютерное тестирование [10, 11]. Кроме того, в последнее время появляются системы оценки знаний, использующие виртуальную реальность, а также искусственный интеллект.

Системы компьютерного тестирования, когда предоставляется вопрос с несколькими вариантами ответов, впервые появились в 1970-х гг. С развитием систем тестирования, кроме простых вопросов, когда надо указать правильный ответ, появились такие виды вопросов, где необходимо переместить объект на нужное место, ввести слово или текст, нарисовать объект и т.д. [3]. Для эффективного использования компьютерного тестирования необходимо заранее приготовить большое количество вопросов. В этих целях в [10] обсуждается исследование, связанное с генерированием случайных вопросов.

В случаях, когда необходимо оценить знания очень большого количества людей (например, при проведении Единого государственного экзамена в Российской Федерации, Общереспубликанского тестирования в Кыргызской Республике и т.д.), требуется значительное использование человеческих, временных и материальных ресурсов. Хорошей альтернативой в данном случае является компьютерное тестирование. Однако в случае использования случайного выбора вопросов при компьютерной оценке знаний у тестируемых может сложиться мнение, что при другом наборе вопросов они могли бы получить более высокий балл.

В связи с этим целью данной работы стало исследование отношения учащихся к случайному выбору вопросов при компьютерном тестировании в высших учебных заведениях.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось с мая 2018 г. по май 2019 г. в виде опроса студентов. В качестве инструмента использовался инструмент «Google forms». Для проведения исследования была подготовлена анкета на русском, кыргызском и турецком языках, состоящая из раздела, включающего вопросы для получения информации о респонденте, а также раздела, содержащего основные вопросы исследования (табл. 1).

Последние 3 вопроса позволили убедиться в осознанности полученных ответов в процессе анкетирования.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного анекетирования были получены данные, показывающие, что чуть более половины респондентов положительно относятся к использованию метода случайного выбора вопросов (промежуточный экзамен – 58,2%, финальный экзамен 57,7%, вступительный экзамен 56,4%). По мере повышения важности экзамена уменьшается количество поддерживающих метод случайного выбора вопросов.

В целях сравнения мнений респондентов в зависимости от общего направления их обучения, был проведен дисперсионный анализ, результаты которого приведены в табл. 2.

Согласно табл. 2, респонденты, обучающиеся по инженерным направлениям, чаще указывали положительный ответ на использование метода случайного выбора вопросов в промежуточных и вступительных экзаменах, а также в целях самостоятельной подготовки или самообучения.

Для того чтобы определить, имеется ли разница во мнении респондентов в зависимости от высшего учебного заведения, была проведена проверка, основанная на распределении Стьюдента (t-критерий Стьюдента) (табл. 3).

Таблица 1

Содержание раздела «Основные вопросы»

Вопрос	Варианты ответов				
Проходили ли Вы когда-либо компьютерное тестирование?	– Да – Нет				
Укажите степень Вашего доверия к результатам компьютерного тестирования	1 Совсем не доверяю	2	3	4	5 Полностью доверяю
ПРИМЕР. Допустим, в компьютере имеется 500 вопросов по одной и той же теме. Уровень сложности всех вопросов одинаковый. Во время экзамена компьютер в случайном порядке выбирает 50 вопросов. Таким образом, для каждого студента формируется персональный набор вопросов					
Пожалуйста, укажите степень Вашего согласия со следующими утверждениями:					
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше), будет правильно использовать для проведения ПРОМЕЖУТОЧНЫХ экзаменов (модулей)	1 Совершенно НЕ согласен	2	3	4	5 Полностью согласен
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше) будет правильно использовать для проведения ФИНАЛЬНЫХ (итоговых) экзаменов	1 Совершенно НЕ согласен	2	3	4	5 Полностью согласен
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше) будет правильно использовать для проведения ВСТУПИТЕЛЬНЫХ экзаменов	1 Совершенно НЕ согласен	2	3	4	5 Полностью согласен
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше) будет правильно использовать для САМОПРОВЕРКИ (самостоятельной подготовки или обучения)	1 Совершенно НЕ согласен	2	3	4	5 Полностью согласен
Результаты экзамена со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше) не будут справедливыми	1 Совершенно НЕ согласен	2	3	4	5 Полностью согласен
Для сравнения уровня знаний тестируемых между собой необязательно им всем давать полностью одинаковый набор вопросов	1 Совершенно НЕ согласен	2	3	4	5 Полностью согласен
Результаты данного опроса полезны для улучшения качества компьютерного тестирования	1 Совершенно НЕ согласен	2	3	4	5 Полностью согласен

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа по определению разницы во мнениях респондентов в зависимости от их направления обучения

	df	F	Sig.	Mean difference
Проходили ли Вы когда-либо компьютерное тестирование?	(2, 1031)	1.693	.184	
Укажите степень Вашего доверия к результатам компьютерного тестирования	(2, 1031)	1.023	.360	
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше), будет правильно использовать для проведения ПРОМЕЖУТОЧНЫХ экзаменов (модулей)	(2, 1031)	9.479	.000	$\mu_{eng} - \mu_{econ} = ,248$ $\mu_{eng} - \mu_{hum} = ,394$
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше) будет правильно использовать для проведения ФИНАЛЬНЫХ (итоговых) экзаменов	(2, 1031)	2.723	.066	
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше) будет правильно использовать для проведения ВСТУПИТЕЛЬНЫХ экзаменов	(2, 1031)	4.650	.010	$\mu_{eng} - \mu_{econ} = ,409$ $\mu_{eng} - \mu_{hum} = ,201$
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше) будет правильно использовать для САМОПРОВЕРКИ (самостоятельной подготовки или обучения)	(2, 1031)	3.991	.019	$\mu_{eng} - \mu_{hum} = ,248$
Результаты экзамена со случайным выбором вопросов для каждого студента (смотрите пример выше) не будут справедливыми	(2, 1031)	2.802	.061	
Результаты данного опроса полезны для улучшения качества компьютерного тестирования	(2, 1031)	.191	.826	

Примечание. В табл. 1 и 2 значения в столбце, обозначенном «Sig.», указывают на наличие или отсутствие статистически значимой разницы. Так, если значение меньше 0,05, это означает что имеется статистически значимая разница. В противном случае статистически значимой разницы нет.

Таблица 3

Результаты проверки на основе t-критерия Стьюдента

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Укажите степень Вашего доверия к результатам компьютерного тестирования	Equal variances assumed	.084	.772	1.198	1032	.231	.135	.113	-.086	.357
	Equal variances not assumed			1.210	101.450	.229	.135	.112	-.087	.357
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента будет правильно использовать для проведения ПРОМЕЖУТОЧНЫХ экзаменов (модулей)	Equal variances assumed	.182	.670	-.135	1032	.893	-.018	.136	-.284	.248
	Equal variances not assumed			-.138	101.949	.891	-.018	.133	-.282	.245
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента будет правильно использовать для проведения ФИНАЛЬНЫХ (итоговых) экзаменов	Equal variances assumed	.064	.801	-1.343	1032	.180	-.199	.148	-.489	.092
	Equal variances not assumed			-1.334	100.783	.185	-.199	.149	-.494	.097
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента будет правильно использовать для проведения ВСТУПИТЕЛЬНЫХ экзаменов	Equal variances assumed	.006	.936	-.739	1032	.460	-.115	.156	-.422	.191
	Equal variances not assumed			-.722	100.183	.472	-.115	.160	-.432	.201
Экзамен со случайным выбором вопросов для каждого студента будет правильно использовать для САМОПРОВЕРКИ (самостоятельной подготовки или обучения)	Equal variances assumed	1.458	.227	.579	1032	.563	.076	.131	-.181	.332
	Equal variances not assumed			.526	97.656	.600	.076	.144	-.210	.361
Результаты экзамена со случайным выбором вопросов для каждого студента не будут справедливыми	Equal variances assumed	.692	.406	.294	1032	.769	.046	.157	-.263	.355
	Equal variances not assumed			.301	102.079	.764	.046	.153	-.258	.351

Как видно из табл. 3, между мнением респондентов, обучающихся в различных высших учебных заведениях, статистически значимой разницы нет.

Заключение

В результате можно сделать следующие выводы по отношению к методу случайного выбора вопросов при компьютерном тестировании:

– Использование данного метода поддерживают в среднем 57,43 % респондентов, в то время как среднее количество не поддерживающих данный метод респондентов составило 21 %.

– Чем важнее экзамен, тем меньше количество поддерживающих метод случайного выбора вопросов и больше тех, кто высказывает отрицательное мнение. Так, выявилась статистически значимая разница в количестве поддержавших вышеуказанный метод на финальных и вступительных экзаменах по сравнению с промежуточными экзаменами.

– Использование данного метода в целях самопроверки, самостоятельной подготовки или обучения поддержало подавляющее большинство респондентов (77.2 %). Только 10,7 % отметили отрицательное отношение в данном случае.

– Отношение респондентов к данному методу не зависит от вуза, в котором они учатся.

– Однако респонденты, обучающиеся по инженерным направлениям, более склонны поддерживать данный метод, по сравнению с респондентами, обучающимися по экономическим и гуманитарным направлениям.

Относительно малое количество поддержавших метод случайного выбора вопросов при компьютерном тестировании среди учащихся по гуманитарным и экономическим направлениям, вероятно, можно объяснить распространенным мнением о том, что нельзя оценить знание человека в данных направлениях науки, используя только тесты, где предоставляется вопрос с несколькими вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько вариантов. Часто знания и навыки человека можно лучше оценить с помощью сочинения, собеседования или практического экзамена. В то же время при оценке знаний по естественнонаучным направлениям использование тестов типа «вопрос – несколько вариантов ответов» имеется больше возможностей обеспечить одинаковую сложность и объективность результатов тестирования.

Опираясь на результаты данного исследования авторы считают, что в вузах с естественнонаучным уклоном имеет смысл организовать центр тестирования для автоматизации оценки знаний учащихся с помощью компьютерного тестирования. Однако по гуманитарным и другим направлениям, возможно, следует подождать появления более продвинутых систем оценки знаний, использующих искусственный интеллект с возможностью анализа и понимания человеческой речи, оценки сочинений и т.д.

Список литературы

1. Ferrari A., Cachia R., Punie Y. Innovation and creativity in education and training in the EU member states: Fostering creative learning and supporting innovative teaching. JRC Technical Notes. 2009. [Electronic resource]. URL: http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC52374_TN.pdf (date of access: 13.12.2019).

2. Bloxham S., Boyd P. Developing Effective Assessment In Higher Education: A Practical Guide: A Practical Guide. UK: McGraw-Hill Education, 2007. 272 p.

3. Gavin Sim, Phil Holifield, Martin Brown. Implementation of computer assisted assessment: lessons from the literature. ALT-J. 2004. V. 12. № 3. P. 215–229. DOI: 10.1080/0968776042000259546.

4. Joint Information Systems Committee (JISC). (2006) e-Assessment Glossary (Extended). [Electronic resource]. URL: https://wayback.archive-it.org/all/20130308215932/http:/www.jisc.ac.uk/media/documents/themes/elearning/eassess_glossary_extendedv101.pdf (date of access: 11.12.2019).

5. Gráinne Conole, Bill Warburton. A review of computer-assisted assessment. ALTJ. 2005. V. 13. № 1. P. 17–31. DOI: 10.1080/0968776042000339772.

6. Rita Ismailova, Gulshat Muhametjanova, Tunc Durmus Medeni, Ihsan Tolga Medeni, Demet Soylu & Omar Azimbek Dossymbekuly. Cybercrime risk awareness rate among students in Central Asia: A comparative study in Kyrgyzstan and Kazakhstan. Information Security Journal: A Global Perspective. 2019. № 28 (4–5). P. 127–135. DOI: 10.1080/19393555.2019.1685142.

7. Williams E. Contreras-Higuera, Francesc Martı´nez-Olmo, M. Jose´ Rubio-Hurtado, Ruth Vila`-Ban˜os. University Students' Perceptions of E-Portfolios and Rubrics as Combined Assessment Tools in Education Courses. Journal of Educational Computing Research. 2016. V. 54. № 1. P. 85–107. DOI: 10.1177/0735633115612784.

8. Michael Fullan, Maria Langworthy. Towards a New End: New Pedagogies for Deep Learning. Seatle (USA): Collaborative Impact. 2013. [Electronic resource]. URL: http://www.newpedagogies.nl/images/towards_a_new_end.pdf (date of access: 13.12.2019).

9. Christie M.F., Grainger P., Dahlgren R., Call K., Heck D., Simon S. Improving the quality of assessment grading tools in master of education courses: a comparative case study in the scholarship of teaching and learning. Journal of the Scholarship of Teaching and Learning. 2015. V. 15. № 5. P. 22–35. DOI: 10.14434/josotl.v15i5.13783.

10. Kruger D., Inman S., Ding Z., Kang Y., Kuna P., Liu Y., Wang Y. Improving teacher effectiveness: Designing better assessment tools in learning management systems. Future Internet. 2015. V. 7. № 4. P. 484–499. DOI: 10.3390/fi7040484.

11. Brimkulov U., Baryktabasov K., Jumabaeva Ch., Information Technologies in Education: The Learning Assessment Tools. MANAS Journal of Engineering. 2017. V. 5. № 2. P. 27–33.

УДК 379.82

СОЦИАЛЬНО-КУЛЬТУРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КЛУБНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ КАК ФАКТОР САМОРЕАЛИЗАЦИИ ПОДРОСТКОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Белецкая Е.А., Бовкунова Ю.В., Ефремова Н.В.

ГБОУ ВО «Белгородский государственный институт искусств и культуры», Белгород, e-mail: 280177@inbox.ru

В статье представлен анализ социокультурной ситуации в рамках самореализации личности подростка в условиях клубных формирований. Спецификой деятельности клубных формирований является предоставление возможности естественного вхождения в систему открытых гражданских отношений. Представлен спектр теоретических подходов к рассматриваемой проблематики, а также – раскрыт региональный компонент, направленный на формирование творческой личности в условиях МБУК «Культурно-досуговый центр Масловопристанского сельского поселения» Шебекинского района Белгородской области. Авторы выделяют, что главной чертой клубных формирований является получение подростками всестороннего развития в процессе творческой деятельности, что влияет на формирование различных свойств личности: социальных, психологических и др. Дана характеристика структуры клубных формирований, приведены комплексные примеры. Определен социокультурный потенциал клубных формирований в становлении и развитии подрастающего поколения. Раскрыты условия формирования творческой активности подростков, лидерских, организаторских качеств личности. Исходя из цели исследования, были поставлены следующие задачи: изучить сущность и специфику деятельности клубных формирований; выявить факторы, влияющие на самореализацию подростков в современных клубных формированиях; проанализировать условия развития деятельности клубных формирований на базе МБУК «Культурно-досуговый центр Масловопристанского сельского поселения». Методы, применяемые в ходе исследования: теоретические – библиографический, синтез, обобщение, сравнение, структурно-функциональный анализ; эмпирический – беседа, наблюдение (непосредственное, опосредованное). В статье представлено взаимодействие муниципального бюджетного учреждения культуры «Культурно-досуговый центр» с социокультурной инфраструктурой Масловопристанского сельского поселения.

Ключевые слова: самореализация, клубные формирования, свободное время, социально-культурная деятельность, индивидуальный подход, коллектив, социокультурные потребности

SOCIAL AND CULTURAL ACTIVITY OF CLUB FORMATIONS AS A FACTOR OF SELF-REALIZATION OF TEENAGERS IN MODERN CONDITIONS

Beletskaya E.A., Bovkunova Yu.V., Efremova N.V.

Belgorod State Institute of Arts And Culture, Belgorod, e-mail: 280177@inbox.ru

The article presents the analysis of the socio-cultural situation in the framework of self-realization of the personality of a teenager in the conditions of club formations. The specifics of the activities of club formations is the possibility of natural entry into the system of open civil relations. Presented a range of theoretical approaches to the considered problem, and also revealed regional component aimed at the formation of creative personality in terms of «Cultural-leisurecentre Maslopressovogo rural settlement» Shebekinskiy district of the Belgorod region. The authors emphasize that the main feature of club formations is the receipt by teenagers of comprehensive development in the process of creative activity, which affects the formation of various personality traits: social, psychological, etc. the characteristic of the structure of club formations is given, complex examples are given. The socio-cultural potential of club formations in the formation and development of the younger generation is determined. Conditions of formation of creative activity of teenagers, leadership, organizational qualities of the person are revealed. Based on the objectives of the study were the following objectives: to study the nature and the specifics of club groups; to identify factors that affect self-actualization of teenagers in modern club formations; to analyse the conditions for the development of activities club groups on the basis of the «Cultural center Maslopressovogo rural settlement». Methods used in the study: theoretical-bibliographic, synthesis, generalization, comparison, structural and functional analysis; empirical-conversation, observation (direct, indirect). The article presents the interaction of the municipal budget institution of culture «Cultural and leisure centerя» with the socio-cultural infrastructure of Maslovopristan rural settlement.

Keywords: self-realization, club formations, free time, social and cultural activity, individual approach, collective, sociocultural needs

Каждая эпоха требует активной и целенаправленной работы с подрастающим поколением и одной из составляющих данной работы являются клубные формирования. Теоретической основой статьи послужили труды по философско-социологическим, культурологическим, психолого-педагогическим исследованиям свободного времени и культуры досуга М.А. Ариарского, М.М. Бахтина, И.В. Бестужева-Лады и другие [1].

В разное время ученые, теоретики и практики клубной работы многоаспектно изучали данный блок. Среди них можно от-

метить имена таких российских ученых, как В.В. Туев, А.В. Сасыхов, Ю.А. Стрельцов, В.Е. Триодин, М.А. Ариарский, А.С. Запесоцкий, Л.Л. Новикова, В.Э. Хазанова, Н.Ф. Максютин, В.В. Полукаров и другие [1].

Для создания клубного формирования «…необходима реальная потребность некоторого числа подростков в соответствующей деятельности по интересу. На возникновение разнообразных интересов и распространение тех или других любительских занятий влияет школа и детские внешкольные учреждения, передачи радио и телевидение, мода на какие-либо формы досуга. В таких случаях клубному формированию необходимо выявить уже существующие потребности и бытующие формы неорганизованного досуга» [2].

Таким образом, одна из приоритетных задач современного общества – это формирование разносторонней личности на основе базовой культуры и активной гражданской позиции через творческую самореализацию в рамках деятельности клубных формирований.

Цель исследования: выявление социально-культурных условий, направленных на формирование личности подростка и способствующих ее развитию, а также самореализации в современных условиях.

Материалы и методы исследования

Методы исследования: теоретический – библиографический метод; эмпирический – наблюдение, сравнение, беседа.

В работе клубного формирования нужно не только руководствоваться интересами, вкусами и модой, уже получившими распространение, но активно и предметно направлять и организовывать интересы, потребности подрастающего поколения.

Правомерными и необходимыми представляются следующие пути: выявление имеющихся досуговых потребностей и их направленное формирование. Первый важен потому, что позволяет внести организацию в неконтролируемые, спонтанные процессы досуга; второй – потому что превращает клубное формирование в активную созидательную «силу» [3].

Для того чтобы подросток откликнулся на предложение вступить в какое-либо клубное формирование, его позиция должна отвечать следующим требованиям: подросток должен обладать такой потребностью или таким глубоким и устойчивым интересом, чтобы систематически уделять ему часть свободного времени, предпочитая его некоторым другим. Подросток, не заинтересованный в контактах с другими людьми по своему интересу, не вступит в какое-либо формирование. Интересы могут удовлетворяться в индивидуальном порядке или в крайне узком кругу. Например, любитель музицирует в одиночестве и не заинтересован ни в публике, ни в коллегах по этому увлечению. Можно очень любить литературу, но, будучи замкнутым человеком, не хотеть общения с другими людьми на почве своего интереса [4].

Подросток должен допускать возможность организации этой деятельности или потому, что ощущает потребность в учебе и руководстве, или потому, что готов подчиниться некоторому регламенту, ради преимуществ, которые дают занятия в клубном формировании. Например, ему необходима поддержка коллектива в разработке рационализаторской идеи; формирование предоставляет возможность пользования дорогой музыкальной аппаратурой; человек убедился в бесперспективности индивидуальных попыток создания любительских кинофильмов и т.п. Из-за этих или других причин подросток хочет участвовать в работе в роли ведущего или ведомого, выполнять некоторые требования, подчиняться определенному порядку. Если такой готовности к организации нет, соответствующие потребности и интересы могут реализоваться в неорганизованной приятельской компании [5].

Следует отметить, что возможности клубного формирования существенно расширяются в результате включения в систему его работы групповых, коллективных форм. Их педагогические возможности обусловлены, прежде всего, длительностью участия людей в клубных объединениях, следовательно, и воздействие на них может быть организовано как систематический, последовательный и более активный педагогический процесс.

Всестороннее гармоничное развитие предполагает формирование разнообразных биологических, психических и социальных свойств личности, которые развиваются в процессе деятельности.

Делая комплексный анализ социокультурных возможностей клубных формирований, необходимо отметить, что деятельность каждого клубного формирования имеет познавательный аспект. Так, в театральном коллективе участник знакомится с драматургическими произведениями, расширяет и углубляет свои знания об эпохе, к которой принадлежит это творение, постигает психологию людей. Так как театр – синтетический вид искусства, то участник знакомится также с музыкой, пластическими искусствами и т.д.

Деятельность любого клубного формирования происходит в форме общения с руководителем, лекторами, с приглашаемыми в формирование интересными людьми и между самими участниками, то есть по своему существу она является деятельностью коммуникативной. Дополняя и обогащая сферу общения личности, деятельность в объединении опять-таки непосредственно содействует ее всестороннему развитию [6].

Во многих объединениях основной деятельностью оказывается учебная, связанная с приобретением участниками определенных практических навыков и умений (работа фотокружков, различных курсов, классов игры на музыкальных инструментах).

Эти характеристики не претендуют на полноту, но делают возможным вывод, что в каждом клубном формировании есть по-разному представленный комплекс видов деятельности, а потому участие в объединении обязательно всесторонне развивает подростка.

Однако деятельность в клубном объединении не сама по себе приводит к формированию творческой личности подростка. Способность к самостоятельности, реализации индивидуальности может и подавляться руководителем. Это зависит от сознательного направления работы на решение задачи развития творческих способностей и от умения руководителя организовать деятельность как творческий процесс, представляющий возможность для индивидуальной самореализации.

Коллектив и его создание не самоцель для руководителя, а средство превращения индивидуальной активности в активность общественно значимую, средство воспитания общественно ценных качеств участников: их готовности к взаимопомощи, способности ориентировать индивидуальную деятельность на общие и общественно важные задачи.

Процесс самореализации, его изучение и разработка социально-культурных условий подростка в современном клубном формировании вызывают сегодня большой интерес ученых и практиков [7].

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве примера остановимся на МБУК «Культурно-досуговый центр Масловопристанского сельского поселения» Шебекинского района Белгородской области. Масловопристанский Центр культурного развития связывает многолетнее сотрудничество с различными структурами и организациями сельского поселения.

В 2019 г. в Масловопристанском Центре культурного развития функционируют клубные формирования различной жанровой направленности в количестве – 36 (2018 г. – 35), число участников в них – 433 человека (2017 г. – 508 чел.) Число формирований для детей до 14 лет – 22, число участников – 279 человек, для молодежи – 10 формирований, число участников 98.

Из общего числа формирований число формирований самодеятельного народного творчества – 18 (2018 г. – 17), число участников в них – 153 человека (2017 г. – 182 чел.).

В 2019 г. творческие коллективы Масловопристанского Центра культурного развития приняли участие в 32 конкурсах и фестивалях.

Центр досуга проводит работу с разными категориями и группами населения, основываясь на календаре государственных праздников и знаменательных дат принятом в России. В годовой план работы включены также праздники местного значения.

Основными задачами являются:

– проведение мероприятий, направленных на осуществление культурного досуга, удовлетворение запросов различных социальных и возрастных групп населения;

– внедрение и развитие новых форм культурно-досуговой деятельности;

– изучение общественных потребностей в сфере культуры;

– сохранение и поддержка самодеятельного художественного творчества.

Работа с подростками в Масловопристанском ЦКР ведется совместно с Масловопристанской общеобразовательной школой, детским садом № 2, детским садом № 3, детским садом «Акварель», детской школой искусств, физкультурно-оздоровительным комплексом «Пристань спорта», библиотекой, настоятелем храма Архангела Михаила отцом Сергием.

Досуг и отдых подростков на базе Масловопристанского Центра культурного развития включают следующие виды деятельности: развлекательные программы, спортивные мероприятия, танцевальные вечера, беседы, акции, конкурсные программы.

Специалисты Масловопристанского Центра культурного развития активно привлекают подростков в подготовку и проведение концертных и праздничных программ, совместными работами стали такие мероприятия, как Народное гуляние «Широкая масленица», конкурсно-развлекательная программа «Осенний бал-маскарад», народное гуляние, посвященное Дню поселка Маслова Пристань и другие.

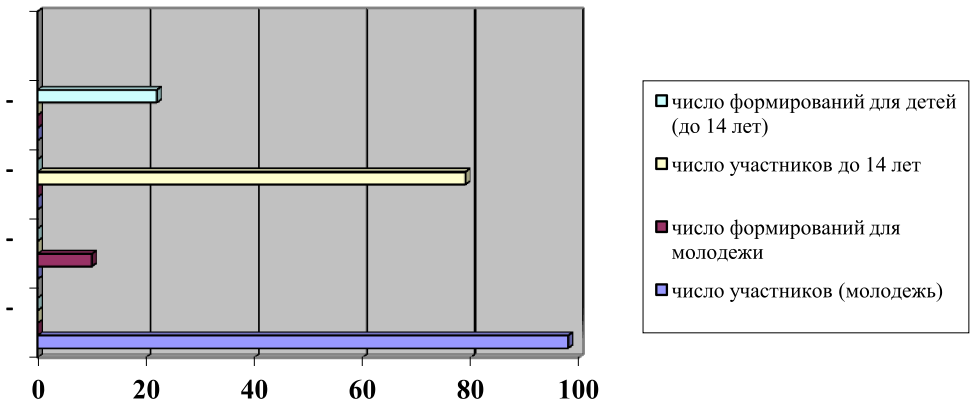


Рис. 1. Количество клубных формирований на базе Масловопристанского Центра культурного развития

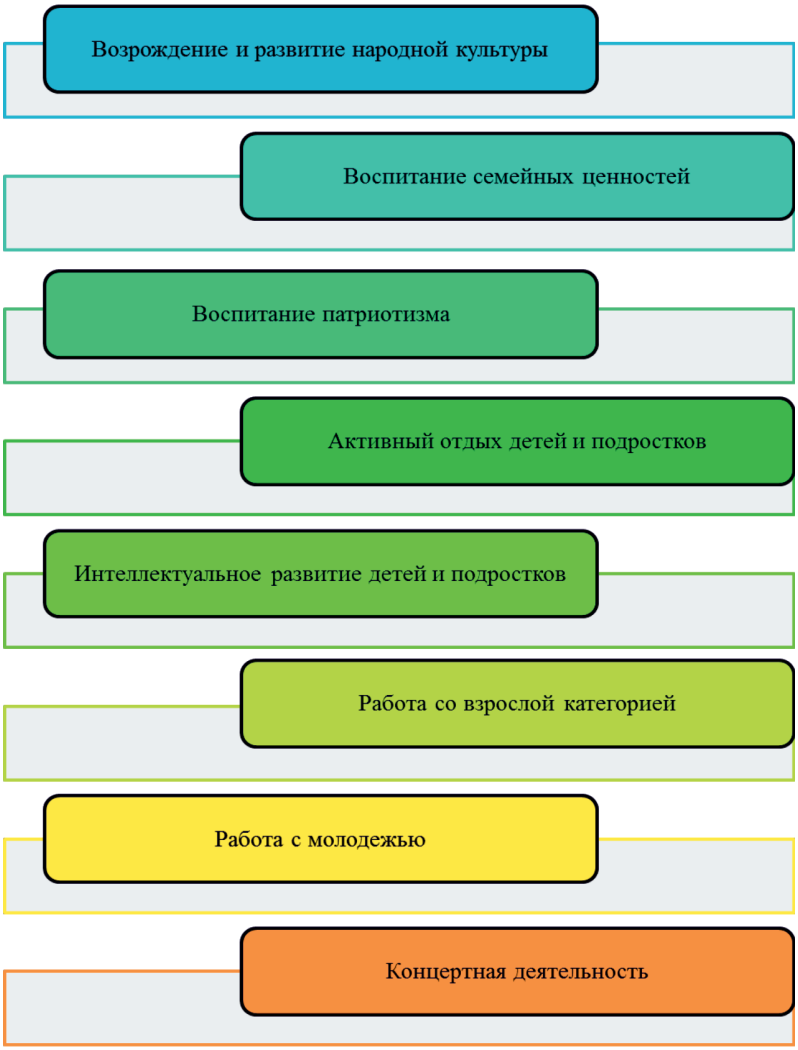


Рис. 2. Основные направления работы Масловопристанского Центра культурного развития

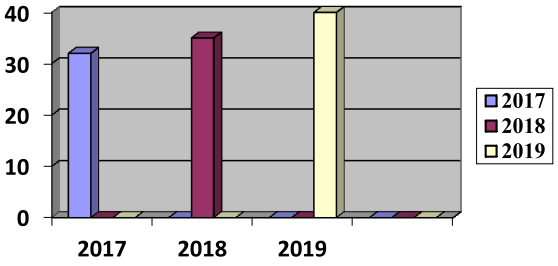


Рис. 3. Количество мероприятий, в которых приняли участие участники клубных формирований (2017–2019 гг.)

В 2019 г. наиболее яркими мероприятиями для подростков поселка и участников клубных формирований стали такие, как караоке-вечеринка «С песней по жизни». В рамках тематического вечера присутствующим были предложены песенные конкурсы «Паутина», «Эмоции», «Немое караоке» и другие.

Проводимые тематические мероприятия специалистами Масловопристанского Центра культурного развития готовятся с учетом исторических событий. Познавательная программа «У истоков Красной армии» тому подтверждение. Ребята узнали о том, как создавалась Красная Армия, об основных и значимых событиях с участием воинов Красной Армии, о героическом прошлом, а также освещены события современности с участием солдат и офицеров советской и российской армии, были приведены примеры мужества и героизма отдельных служителей Отечества.

Активно проводится профориентационная работа среди подростков села и участников клубных формирований. В рамках Всероссийской акции «Неделя без турникетов» была организована и проведена познавательно-развлекательная программа «Праздник как образ жизни». Участникам программы было рассказано о трудной, но в то же время и романтичной, интересной и увлекательной профессии – культработник. В рамках мероприятия был проведен мастер-класс, где подростки попробовали свои силы в качестве сценаристов, постановщиков, режиссеров, гримеров и актеров.

Безопасность поведения в период каникул актуальна, и специалисты Масловопристанского Центра культурного развития проводят профилактические беседы с участниками клубных формирований, например «Правила поведения на открытых водоёмах». В рамках мероприятия рассказывается о правилах безопасного поведения на воде и об оказании первой медицинской помощи пострадавшим. Присутствующие на мероприятии ребята познакомились не только с теоретической частью необходимой информации, но и учились полученные знания применять на практике.

Выводы

Таким образом, проведя социокультурный анализ деятельности клубных формирований на базе Масловопристанского Центра культурного развития, необходимо отметить, что деятельность ведется многоаспектно, с творческим подходом, с учетом психологических, физиологических особенностей подросткового возраста и тем самым вовлекая подростков в творческую среду, специалисты Масловопристанского Центра культурного развития ставят своеобразную «преграду» распространению негативных составляющих, которые характерны для современного общества. Вовлекая подростков в различные социально-культурные мероприятия в качестве участников, организаторов, совместно с различными социокультурными институтами, специалисты Масловопристанского Центра культурного развития способствуют духовному обогащению подростков, их нравственному росту, а также самореализации в современных социокультурных условиях.

Особенностью клубного объединения является значимость собственной культуры поведения подростка в клубном сообществе, в рамках которого осуществляется творческая деятельность подростков, исходя из личного интереса и потребностей. Совместная деятельность в клубном объединении способствует развитию личности подростка: освоению культурных ценностей, приобретению полезных навыков в области культуры и другое.

Список литературы

1. Василькова М.И. Деятельность клубного объединения в развитии творческих способностей детей подросткового возраста // Вестник КемГУ. 2017. № 38. С. 152–159.

2. Полукаров В.В. Подростковый клуб: самодеятельность, творчество, самоопределение. М., 2011. 79 с.

3. Грушецкая И.Н. Социально-педагогическая характеристика досуговой деятельности учащихся [Электронный ресурс]. URL: http://www.superinf.ru (дата обращения: 14.11.2019).

4. Куприянов Б.В. Восемнадцать форм воспитательной работы с детским коллективом класса // Классный журнал. 2009. № 6. С. 104–123.

5. Ильин А. Особенности подросткового возраста (статья) [Электронный ресурс]. URL: http://zdd.1september.ru/2003/22/2.htm: (дата обращения: 23.11.2019).

6. Фролова Г.И. Организация и методика клубной работы с детьми и подростками: учеб. пособие для студентов ин-тов культуры. М.: Просвещение, 1986. 157 с.

7. Мирошниченко Е.В., Гененко О.Н., Ряднова С.А., Миронова М.В. Учреждения культурно-досугового типа как сфера актуализации ценностей традиционной народной культуры среди молодежи // European Social Science Journal. 2018. № 10. С. 274–283.

УДК 796.011.3:355

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ С ВОЕННОСЛУЖАЩИМИ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ И ПРОТИВОРАКЕТНОЙ ОБОРОНЫ В РЕЖИМЕ СЛУЖЕБНОГО ВРЕМЕНИ

Борисов А.В., Буриков А.В., Елькин Ю.Г.

ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны», Ярославль, e-mail: burikov2001@mail.ru

В статье рассматриваются проблемные вопросы процесса организации и проведения практических тренировочных занятий по физической подготовке с военнослужащими, отводимого для их проведения в рамках служебного времени. Отмечается, что отсутствие единых учебных программ по физической подготовке военнослужащих противовоздушной обороны и противоракетной обороны, проводимых в рамках служебного времени, в настоящее время остается одной из основных причин слабой организации как отдельных тренировочных занятий, так и организации системы физической подготовки в целом. Кроме этого, анализ результатов проверки уровня физической подготовленности военнослужащих, полученных в ходе педагогического эксперимента, показывает, что в основном военнослужащими, принявшими участие в тестировании уровня развития основных физических качеств, были получены положительные оценки. Это косвенно свидетельствует о том, что участие в тестировании принимали только военнослужащие противовоздушной обороны и противоракетной обороны, уверенные в возможности получения только положительной оценки. На основании результатов, полученных в ходе исследования, делается вывод, что содержание практических занятий по физической подготовке, проводимых в режиме служебного времени с военнослужащими различных подразделений воздушно-космических сил, должно быть организовано и должно проводиться с применением различных методик развития физических качеств и видов физической активности, с учетом интересов занимающихся.

Ключевые слова: физическая подготовка, военнослужащие, педагогический эксперимент, физическая нагрузка, контрольное упражнение

PECULIARITIES OF ORGANIZATION OF PHYSICAL TRAINING LESSONS WITH MILITARY DEFENSE AND MISSILE DEFENSE IN SERVICE MODE

Borisov A.V., Burikov A.V., Elkin Yu.G.

Yaroslavl Higher Military School of Air Defense, Yaroslavl, e-mail: burikov2001@mail.ru

The article discusses the problematic issues of the process of organizing and conducting practical training sessions on physical training with military personnel allocated for them in the framework of official time. It is noted that the lack of uniform training programs for the physical training of the air defense and missile defense troops, conducted as part of official time, currently remains one of the main reasons for the poor organization of both individual training sessions and the organization of the physical training system as a whole. In addition, the analysis of the results of checking the level of physical fitness of the military personnel obtained during the pedagogical experiment shows that, mainly, the military personnel who took part in testing the level of development of the basic physical qualities received positive assessments. This indirectly indicates that only air defense and missile defense personnel took part in the testing, confident in the possibility of receiving only a positive assessment. Based on the results obtained in the course of the study, it is concluded that the content of practical training in physical training conducted in the duty mode with the military personnel of various units of the aerospace forces should be organized and conducted using various methods of developing physical qualities and types of physical activity, taking into account the interests of those involved.

Keywords: physical training, military personnel, pedagogical experiment, physical activity, control exercise

В современных условиях выполнения военно-профессиональной деятельности воздушно-космическим силам уделяется особое внимание, что в свою очередь предъявляет повышенные требования к организации процесса физической подготовки военнослужащих противовоздушной обороны и противоракетной обороны, направленной на обеспечение готовности к выполнению поставленных задач военно-профессиональной деятельности.

Под организацией физической подготовки понимаются отдельные элементы и условия, обеспечивающие управление процессом физического совершенствования, в том числе и самосовершенствования военнослужащих. В качестве научно-практических аспектов существующей в настоящее время проблемы организации физической подготовки военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны выделяют следующие:

– сущность и содержание элементов и условий, обеспечивающих управление процессом физической подготовки на всех уровнях;

– критерии эффективности исследования различных элементов и условий орга-

низации процесса физической подготовки на всех уровнях;

Требования к каждому из элементов и условий организации, предъявляемые на современном этапе развития воздушно-космических сил.

В настоящее время физическая подготовка военнослужащих, несущих боевое дежурство, как один из основных видов боевой подготовки военнослужащих в различных подразделениях воздушно-космических сил, имеет достаточно большие недоработки как на стадии организации, так и при проведении учебно-тренировочного процесса.

Кроме этого, занятия в данных группах проводят не руководители физической подготовки из числа штатного состава офицеров воинской части войск противовоздушной и противоракетной обороны, а специально назначенные, несущие возложенную общественную «нагрузку» руководители из числа офицеров, имеющие, в большинстве своем, только общие знания по теории и методике развития физических качеств и, что немаловажно, не имеющие достаточного опыта тренерской или другой педагогической работы в области физической культуры и спорта. Эти обстоятельства, несомненно, приводят к систематическим срывам занятий по физической подготовке, и, что немаловажно, – нерегулярности и неравномерности испытываемых военнослужащими войск противовоздушной и противоракетной обороны тренировочных нагрузок. Кроме этого, следует отметить, что содержание требований к военнослужащим войск противовоздушной и противоракетной обороны, осуществляющим боевое дежурство, ко всем видам занятиям по физической подготовке, предъявляемых включающим теоретический, методический и практический разделы, отражено в основном руководящем нормативном документе «Наставление по физической подготовке в Вооруженных Силах Российской Федерации» (НФП-2009), в котором определена частота занятий физической подготовкой военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны в неделю с учетом возрастных групп и функционального состояния занимающихся.

Однако отсутствие единых тренировочных программ по физической подготовке военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны, несущих боевое дежурство, проводимых в рамках служебного времени в настоящее время, по мнению Н.А. Воронова, остается одной из основных причин слабой организации тренировочных занятий по физической подготовке [1, с. 23]. Следствием чего, как правило, является отсутствие расписаний занятий, а также возникают проблемы с местом их проведения.

Цель исследования: определение уровня организации физической подготовки военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны в режиме выполнения своих служебных обязанностей.

Материалы и методы исследования

В исследовании приняли участие 173 военнослужащих различных подразделений войск противовоздушной и противоракетной обороны.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили базовые положения и принципы общей диалектики, позволяющие рассмотреть физическую подготовку военнослужащих, несущих боевое дежурство, как полноценный целенаправленный педагогический процесс, направленный на сохранение и укрепление здоровья, развитие основных физических качеств, позволяющее повысить уровень психологической устойчивости военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны при выполнении задач военно-профессиональной деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведения исследования нами была изучена посещаемость учебно-тренировочных и контрольных (тестовых) занятий по физической подготовке, уровень развития основных физических качеств, а также качество проведения тренировочного процесса военнослужащими войск противовоздушной и противоракетной обороны в режиме времени, выделяемого на выполнение служебных обязанностей. В результате анализа данных, полученных в ходе педагогического эксперимента, стоит отметить тот факт, что в различных подразделениях ВКС, где отмечается наибольшее число отсутствующих, начальники структурных подразделений находятся в группе лечебной физической культуры, что также отмечает в своих работах О.В. Ахмаев [2, с. 265].

Необходимо также отметить, что в подразделениях войск противовоздушной и противоракетной обороны принявших участие в исследовании, процент принимающих участие и отсутствующих на тренировочных занятиях по физической подготовке имеет в целом общую тенденцию. Вместе с этим следует обратить внимание, что наиболее высокий процент отсутствующих военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны отмечается при выполнении нормативов на выносливость (бег на 1 км, 3 км, 5 км).

Анализ результатов проверки уровня физической подготовленности военнослу-

жащих ВКС, полученных в ходе педагогического эксперимента, показывает, что в основном военнослужащими, принявшими участие в тестировании уровня развития основных физических качеств, были получены положительные оценки. Полученные результаты совпадают с данными, полученными И.В. Козниенко [3, с. 53]. Это косвенно свидетельствует о том, что участие в тестировании, проводимом в рамках исследования, принимали только военнослужащие, уверенные в возможности получения только положительной оценки. Необходимо отметить, что более высокий процент реализации запланированного количества военнослужащих имеет вовлеченность их в спортивно-массовую работу, что также отмечает в своих работах А.Э. Болотин с соавторами [4, с. 27]. Среди причин низкой реализации учебно-тренировочных занятий военнослужащие ВКС отмечают:

– низкую ответственность руководителей занятий, проводимых в рамках служебного времени (45–53 %);

– отсутствие полноценной учебной материально-технической базы (66–30 %);

– отсутствие четкой регламентации в распорядке служебного дня времени для регулярных занятий физической подготовкой (18–25 %).

В результате проведенного педагогического эксперимента анализ процесса физической подготовки военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны показал, что военнослужащих можно условно классифицировать на три группы:

– активно занимающиеся физической подготовкой (10–12 %);

– принимающие участие только в сдаче нормативов (20–70 %);

– группа лечебной физической культуры (20–30 %).

По-видимому, одна из основных задач организации физической подготовки военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны состоит в переводе их в группу активно занимающихся физической подготовкой из других групп. Очевидно, что все элементы организации должны быть «наполнены» таким содержанием, которое в максимальной степени способствует повышению активности военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны на занятиях физической подготовкой.

Следовательно, прежде всего, самими военнослужащими должны быть приняты те целевые установки и задачи, которые отражены в руководящих и нормативных документах по организации физической подготовки. В противном случае возникает «внутреннее неприятие» военнослужащими как содержания, так и организационно-методических особенностей проведения с ними занятий по физической подготовки.

По мнению ряда авторов, одной из главных задач организации физической подготовки военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны, выполняющих свои служебные обязанности в рамках служебного времени, является возможность подобрать наиболее эффективный и экономически обоснованный стимул, то есть осуществить такое взаимодействие всех условий, которое в данной конкретной ситуации приведет к максимальному эффекту при минимальных временных и финансовых затратах [5, с. 109].

Поэтому наибольший эффект от тренировочных занятий по физической подготовке возможно получить только при соответствующей посещаемости занятий военнослужащими, их внутренней убежденности в необходимости повышения и сохранения своего уровня физической подготовленности.

Таким образом, можно выделить следующие группы целей, ведущие к реальному включению военнослужащих в сознательный процесс занятий различными видами физической активности:

– «оздоровительные», направленные на укрепление и сохранение здоровья, повышение работоспособности, снятие утомления;

– «барьерные», предполагающие выполнение норм и требований военно-спортивного комплекса (ВСК), овладение содержанием всех разделов программы по физической подготовке;

– «коммуникативно-рекреативные», содержание которых направлено на общение с друзьями, коллегами в неформальной обстановке физкультурно-спортивного мероприятия или тренировочного занятия, предполагающего эмоциональную «разрядку», развлечение. Очевидно, что границы этих групп условны, и достижение цели, отнесенной к одной группе, может способствовать удовлетворению потребности в другой.

Таким образом, в результате анализа данных, полученных в ходе исследования, следует отметить высокую значимость организованных форм физической подготовки для достижения большинства целей всех вышеприведенных групп из числа военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны, несущих боевое дежурство. Полученные результаты также свидетельствуют о том, что для «оздоровительных» и «барьерных» целей определенное значение имеют утренняя физическая зарядка и самостоятельная физическая тре-

нировка. Заметим, что 63,3 % военнослужащих, принявших участие в исследовании, считают, что утренняя физическая зарядка имеет преобладающее значение в укреплении и сохранении здоровья военнослужащих вне зависимости от возраста и уровня физической подготовки, в отличие от других форм проводимых физкультурно-оздоровительных и тренировочных занятий, что согласуются с результатами других исследований [6, с. 42].

Анализ влияния организационных причин на занятия физической подготовкой и спортом военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны, условно относящихся к группам: активно занимающихся; сдающих только нормативы; лечебной физической культуры – позволяет отметить, что более высокий процент опрошенных выделяет такие причины, как недостаточность свободного времени, даже в рамках служебного дня, и отсутствие возможности выбора занятий по интересам. Последняя причина в существенной мере относится к организации физической подготовки и спорта в различных подразделениях войск противовоздушной и противоракетной обороны. Необходимо также отметить, что в настоящее время в ряде воинских частей и отдельных высших военных учебных заведениях воздушно-космических сил не созданы оптимальные условия для организации и проведения занятий в группе лечебной физической культуры. Н.А. Воронов в своих работах отмечает, что при организации физической подготовки в подразделениях постоянного состава военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны, определяются сроки проведения тренировочных занятий в процессе служебного дня и их частота в неделю [7, с. 15].

Наблюдения за физической подготовкой военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны, несущих боевое дежурство, активно занимающихся спортивными играми, показывает, что занятия проводятся, как правило, в одном и том же установленном месте. Причем военнослужащие предварительно согласовывают между собой время, место и предполагаемое количество присутствующих на очередном занятии, что, несомненно, позволяет определить время его проведения. В данном случае подобные учебно-тренировочные занятия являются фоном, на котором осуществляется неформальное общение, большую роль играет эмоциональная разрядка занимающихся, что, как отмечает В.Н. Васин, является одним из основных показателей целенаправленной и осознанной работы по формированию и ведению здорового образа жизни военнослужащих [8, с. 141].

В общем виде занимающиеся не ставят задачу обеспечения физической готовности к требованиям воинской службы, и, в большинстве своем, оценивают необходимость и эффективность занятия по текущему состоянию самочувствия, уровня развития выносливости и получения эмоционального удовлетворения. Кроме того, при организации занятий военнослужащие не придерживаются традиционной структуры и времени проведения занятия, таким образом, продолжительность отдельного занятия в большинстве случаев превышает установленную. В данном случае имеет место порядок, существенно отличающийся от традиционно организуемой структуры физической подготовки военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны, в том числе с учетом интересов занимающихся, что также отмечается в работах А.И. Щеголя с соавторами [9, с. 129].

Руководителями занятий в соответствующих возрастных группах назначаются командиры (офицеры) отлично и хорошо подготовленные физически, регулярно занимающиеся различными видами и направлениями физической культуры и спорта [10]. Вместе с тем назначенные руководители, как правило, не несут персональной ответственности как за количество и качество проводимых учебно-тренировочных занятий, так и за уровень физической подготовленности соответствующих групп военнослужащих различных подразделений войск противовоздушной и противоракетной обороны. Прежде всего, это обусловлено тем, что при традиционной системе организации, занятия достаточно часто срываются ввиду непредвиденного проведения других мероприятий (совещаний, нарядов, боевого дежурства и т.п.).

При анализе результатов, полученных при проведении анкетирования и бесед с военнослужащими войск противовоздушной и противоракетной обороны, несущих боевое дежурство, можно выделить следующие направления совершенствования физической подготовки в режиме служебного времени:

– целесообразно планировать занятия с военнослужащими в первой половине рабочего дня;

– предоставлять возможность проводить занятия в составе нескольких подразделений (при небольшой численности);

– установить как минимальный, так и максимальный уровень выполнения нормативов по упражнениям, характеризую-

щим комплексную оценку общего уровня физической подготовленности;

– подбирать для проверки преимущественно те упражнения, которые возможно выполнять самостоятельно и не требующие специального оборудования;

– контрольные упражнения должны иметь количественные выражения испытываемой тренировочной нагрузки.

Заметим, что в данном случае имеет место условное разделение целенаправленного педагогического процесса физического совершенствования и оценки уровня физической подготовленности военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны. Тогда как в настоящее время достаточно жестко «увязаны» содержание занятий и контрольно-тестовые упражнения.

Выводы

В результате проведенного исследования установлено, что содержание занятий по физической подготовке в режиме служебного времени с военнослужащими различных подразделений войск противовоздушной и противоракетной обороны, несущих боевое дежурство, должно быть организовано с возможностью подбирать содержание тренировочных занятий по физической подготовке, различающихся между собой в зависимости от той или иной группы военнослужащих войск противовоздушной и противоракетной обороны.

Список литературы

1. Воронов Н.А. Влияние средств физической культуры и спорта на улучшение физического состояния курсантов // Вопросы педагогики. 2019. № 7–1. С. 21–24.

2. Ахмаев О.В. Системный подход как всесторонний способ изучения закономерностей и процессов, происходящих в системе физической подготовки вооруженных сил // Modern Science. 2019. № 4–1. С. 262–269.

3. Козниенко И.В. Повышение работоспособности при выполнении профессиональной деятельности средствами физической культуры // Colloquium-journal. 2019. № 6–9 (30). С. 53–56.

4. Болотин А.Э., Скрипачев С.А. Факторы, определяющие необходимость нормирования тренировочной нагрузки в процессе занятий физической подготовкой курсантов вузов ПВО // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 5 (111). С. 24–28.

5. Борисов А.В., Воронов Н.А., Ершов С.А. Вопросы совершенствования организации физической подготовки офицеров воздушно-космических сил // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 10. С. 107–111.

6. Буриков А.В. Физическая культура – как составная часть подготовки военных специалистов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 7. С. 41–43.

7. Воронов Н.А. Формирование здорового образа жизни у курсантов военных училищ средствами физической культуры// Вопросы педагогики. 2019. № 6–1. С. 14–17.

8. Васин В.Н., Шарков Ю.П. Влияние средств физической подготовки и спорта на развитие позитивных межличностных отношений в воинских коллективах // Вестник Череповецкого государственного университета. 2012. Т. 2. № 3 (41). С. 139–142.

9. Щеголь А.И., Чайкин И.Н. Новые подходы в обучении курсантов // Вестник Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны. 2018. № 1 (2). С. 126–130.

10. Ахмаев О.В., Ершов С.А., Круглова Е.В. Общая характеристика организации и управления физической подготовкой военнослужащих // Studia Humanitatis. 2018. № 4. [Электронный ресурс]. URL: http://st-hum.ru/en/content/no-1-2019 (дата обращения: 15.11.2019).

УДК 796.06:378.1

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

[1]Воронин С.М., [1]Воронов Н.А., [2]Зверев С.А.

[1]ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославль, e-mail: n.voronov@uniyar.ac.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», Санкт-Петербург

В работе рассматриваются вопросы профессионально-прикладной физической подготовки студентов непрофильных вузов и комплексной оценки их готовности к профессиональной деятельности. В настоящее время в большей степени реализуются традиционные подходы к данному виду подготовки, направленные на получение обучающимися знаний и формирование необходимых умений. Профессионально-прикладная физическая подготовка требует хорошей психологической и физической подготовки к избранной деятельности. Общая профессиональная физическая подготовка может изменяться в соответствии с задачами подготовки. Для каждой профессии выбирается свой уровень развития психофизических качеств, а также определенный набор профессиональных знаний, умений и навыков. На основании экспертных оценок была проведена комплексная оценка профессионально-прикладной физической подготовки студентов всех факультетов Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова. В статье рекомендованы пробы и тесты как для всех видов деятельности, так и для отдельных факультетов, рекомендуемые с учетом будущей специальности, позволяющие корректировать профессионально-прикладную физическую подготовку студентов данного факультета. Тестирование обучающихся позволяет корректировать физическую подготовку будущих специалистов с учетом избранного вида деятельности.

Ключевые слова: физическая подготовка, обучающиеся, физические качества, высшее учебное заведение, специальность, тесты, пробы

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF VOCATIONAL PHYSICAL TRAINING OF STUDENTS

[1]Voronin S.M., [1]Voronov N.A., [2]Zverev S.A.

[1]Yaroslav State University named after P.G. Demidov, Yaroslavl, e-mail: n.voronov@uniyar.ac.ru;

[2]St. Petersburg State Maritime Technical University, St. Petersburg

The work deals with issues of vocational and applied physical training of students of non-core universities in a comprehensive assessment of their readiness for professional activity. More traditional approaches to this type of training are now being implemented to provide learners with the knowledge and skills they need. Vocational and applied physical training requires good psychological and physical preparation for selected activities. General physical training may vary according to training objectives. Each profession selects its own level of development of psychophysical qualities, as well as a certain set of professional knowledge, skills and skills. On the basis of expert assessments, a comprehensive assessment of vocational and applied physical training of students of all faculties of the Yaroslav State University named after P.G. Demidov was carried out. The article recommends samples and tests both for all types of activities and for individual faculties, recommended taking into account the future specialty, gives an assessment of readiness of future specialists, recommended according to the specialty, allowing to adjust vocational and applied physical training of students of this faculty. Testing of students, allows to adjust physical training of future specialists taking into account the chosen type of activity.

Keywords: physical training, students, physical qualities, higher education institution, specialty, tests, samples

В современной России наметились изменения, касающиеся поиска путей повышения эффективной деятельности социальных институтов, в числе которых изменения затронули и систему образования.

Изменения в системе образования требуют формирования новой личности, способной самоизменяться, самосовершенствоваться и адаптироваться в профессионально-трудовой деятельности и общественной жизни [1, с. 4].

Одной из важнейших задач физической подготовки студентов является подготовка специалиста-профессионала.

Вопрос профессионально-прикладной физической подготовки студентов, несмотря на научные исследования в данной области, является актуальным в формировании необходимых знаний, умений и навыков способствующих совершенствованию личности.

Интеграция изученного материала и практики физической подготовки студентов непрофильных вузов в системе высшего образования привели нас к выводу, что основой реформирования физической подготовки студентов может служить личностно-ориентированная парадигма образования, сущность и особенности реализации которой в процессе физической подготовки студентов [2, с. 34].

Для каждой профессии выбирается свой уровень развития психофизических качеств,

а также определенный профессиональный набор знаний, умений и навыков [3, с. 246].

В практике профессионально-прикладной физической подготовки необходимо получить общую комплексную оценку профессионально-прикладной физической подготовленности [4].

Вопросы профессионально-прикладной физической подготовки студентов определяются особенностями их будущей профессиональной деятельности и необходимости знать:

– профессиональные заболевания выбранной специальности и условия их профилактики;

– индивидуальный комплекс ЛФК с учётом профессии и состояния здоровья;

– организация самостоятельных занятий оздоровительной физической культурой с учетом имеющегося заболевания и негативного влияния профессии на организм;

– формирование потребности в здоровом образе жизни, активной жизненной позиции, умение организовать активный досуг;

– раскрытие двигательных возможностей, повышение общей и особенно специальной работоспособности и укрепление защитных сил организма;

– восстановление нарушенного заболеванием функционального состояния и переход к профессионально-прикладной физической подготовке с учетом особенностей течения заболевания [5].

Цель исследования: подбор тестов и проб по профессионально-прикладной физической подготовке студентов для комплексной оценки их готовности к профессиональной деятельности.

Объект исследования: студенты всех факультетов ЯрГУ им. П.Г. Демидова в процессе их физической подготовки к избранному виду деятельности.

Материалы и методы исследования

На основании экспертных оценок нами проведена комплексная оценка профессионально-прикладной физической подготовки студентов всех факультетов ЯрГУ им. П.Г. Демидова. Многие пробы, тесты, нормативы являются общими для нескольких или даже всех специальностей вуза.

Как отмечает А.В. Буриков с соавторами, суммарная оценка выполнения тестов общей физической и профессионально-прикладной подготовленности для основной группы определяется по среднему количеству баллов, набранных во время всех тестов (табл. 2), при условии выполнения каждого из них не ниже, чем на один балл, которые озвучиваются студентам заранее (табл. 1) [6].

– «отлично» выставляется при набранной сумме баллов, соответствующей интервалу от 80 % до 100 % от максимально возможного количества баллов, что соответствует формированию компетенции на высоком уровне;

– «хорошо» выставляется при набранной сумме баллов, соответствующей интервалу от 72 % до 79 % от максимально возможного количества баллов, что соответствует формированию компетенции на продвинутом уровне;

– «удовлетворительно» выставляется при набранной сумме баллов, соответствующей интервалу от 60 % до 71 % от максимально возможного количества баллов, что соответствует формированию компетенции на пороговом уровне;

– «неудовлетворительно» выставляется при набранной сумме баллов, составляющей менее 60 % от максимально возможного количества баллов, что соответствует несформированной компетенции.

Таблица 1

Оценка выполнения тестов общей физической и профессионально-прикладной подготовленности по количеству баллов

Оценка тестов общей физической и профессионально-прикладной подготовленности	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Суммарная оценка в баллах	15–17	18–19	20–25

Таблица 2

Нормативы оценивания определения физической подготовленности студентов основной медицинской группы I–III курсов

Название тестов	Женщины					Мужчины				
	оценка в баллах									
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
Бег 100 м (сек.)	15,7	16,3	17,0	17,8	18,8	13,2	13,8	14,0	14,3	14,6
Бег 500 м (сек.)	1,50	1,55	2,00	2,05	2,10					
Бег 1000 м (мин, сек.)						3,20	3,30	3,40	3,50	4,00
Бег 2000 м (мин, сек.)	10,15	10,45	11,15	11,45	12,15					
Бег 3000 м (мин, сек.)						12,00	12,40	13,10	13,50	14,20

Окончание табл. 2

Название тестов	Женщины					Мужчины				
	оценка в баллах									
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
Поднимание (сед) и опускание туловища из положения лежа, руки за головой, ноги закреплены (кол-во раз)	60	50	40	30	20					
Бег на лыжах 5000 м – муж. (мин, сек) 3000 м – жен. (мин, сек)	18,00	18,30	19,30	20,00	21,00	23,50	25,00	26,25	27,45	28,30
Подтягивание на перекладине (кол-во раз)						15	12	9	7	5
Прыжок в длину с места (см)	190	180	170	160	150	250	240	230	220	210
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа от г/скамейки (кол-во раз)	16	14	12	10	8					
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа от пола (кол-во раз)						50	40	30	25	20
Поднимание ног в висе на перекладине до касания перекладины (кол-во раз)						13	11	9	7	5

На учебно-тренировочных занятиях в каждом семестре студенты основной группы выполняют не более пяти тестов контроля общей физической подготовленности (табл. 3) [6].

Таблица 3

Распределение тестов контроля общей физической подготовленности по семестрам

Форма текущего контроля	Семестры (женщины)						Семестры (мужчины)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Бег 100 м		+		+		+		+		+		+
Бег 500 м	+		+		+							
Бег 1000 м							+		+		+	
Бег 2000 м		+		+		+						
Бег 3000 м								+		+		+
Бег на лыжах 3000 м	+		+		+							
Бег на лыжах 5000 м							+		+		+	
Прыжок в длину с места, см	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Подтягивание на перекладине							+		+		+	
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа от г/скамейки	+	+	+	+	+	+						
Сгибание и разгибание рук в упоре лежа от пола							+	+	+	+	+	+
Поднимание (сед) и опускание туловища из положения лежа, руки за головой, ноги закреплены	+	+	+	+	+	+						
Поднимание ног в висе на перекладине до касания перекладины								+		+		+

Результаты исследования и их обсуждение

Профессионально-прикладная физическая подготовка (теория, методика, практика) оценивается методом экспертной оценки специальностей кафедры физического воспитания согласно тестирования. При этом учитывается специальность будущего специалиста [7].

– Для всех специальностей

Проба Руфье, Гарвардский степ-тест, удержание горизонтального положения тела, сгибание и разгибание рук, ходьба 5 с, мост, расстановка шахмат, корректурная проба, прыжок с одного препятствия на другое [8].

– Для специальностей физического факультета

Проба Руфье, Гарвардский степ-тест, задержка дыхания на вдохе и выдохе, бег под горку и в горку по закрытому маршруту, тесты для оценки гибкости плечевых и тазобедренных суставов, кружение а наклона, плавание 200 м, ведение мяча попеременно двумя руками, корректурная проба, прыжок в воду с вышки на эмоциональную устойчивость, прыжок с одного препятствия на другое, марш-бросок тесты для оценки силовой выносливости мышц

брюшного пресса и спины, удержание горизонтального положения тела.

– Для специальностей математического факультета

Проба Руфье, задержка дыхания на выдохе и вдохе, проба Шафранского, проба Яроцкого, Гарвардский степ-тест, марш-бросок, плавание 200 или 400 м, бег 200 или 400 м, бросок баскетбольного мяча о корзину, лазание по вертикальному канату, лестнице, преодоление специальной полосы препятствий, аппаратурный метод оценки мышечной выносливости, бег по линии, теппинг-тест рукой, сгибание и разгибание рук, наклоны, повороты, ходьба, челночный бег, лазание на четвереньках, передача мяча в круг, преодоление лабиринта, бег по сложному закрытому маршруту в гору и с горы, перешагивание через гимнастическую палку, тесты для оценки гибкости в плечевых и тазобедренных суставах, «сложение чисел с переключением», перебрасывание мяча, лабиринтные игры, сборка кубика Рубика, прыжки в воду для оценки эмоциональной устойчивости, прыжок вверх с двух ног с площадки.

– Для специальностей исторического факультета

Пробы Руфье, Розенталя, Шафранского, задержка дыхания на вдохе и выдохе, проба Троцкого, Гарвардский степ-тест или тест PWC170, жим штанги от груди, бросок ядра снизу вперед, плавание 200 м, бег 200 м, преодоление специальной полосы препятствий, тест Юхаша, тест Виноградова, сгибание и разгибание рук, приседания, наклоны, повороты, бег высоко поднимая колени, быстрая ходьба, бег, челночный бег, преодоление лабиринта, тесты для оценки гибкости плечевых суставов, мост, переднее равновесие, стоя на повышенной опоре, устойчивость после кувырков, кружения в наклоне, хождение по фигурному бревну, падение спиной, марш-бросок.

– Для специальностей факультета биологии и экологии

Проба Руфье, Гарвардский степ-тест, простая проба Ромберга, «зацеп», «складной нож», удержание горизонтального положения тела, толкание ядра на заданное расстояние, сгибание и разгибание рук в упоре, стойка на носках со штангой на плечах, теппинг-тест рукой, сгибание и разгибание рук, приседания, наклоны, повороты, ходьба, челночный бег, установка предмета, расстановка карманных шахмат, ловля теннисных мячей, перебрасывание и ловля теннисного мяча лежа на кивоте, тесты для оценки гибкости плечевых и тазобедренных суставов, сложение чисел с переключением, ведение мяча попеременно двумя руками, проба «перепутанные линии», переднее равновесие [8].

– Для специальностей факультета психологии

Проба Руфье, сложная проба Ромберга, устойчивость после кувырков, кружения в наклоне, проба Яроцкого, ортостатическая проба, велоэргометрический тест PWC170 или Гарвардский степ-тест, сжимание динамометра с заданным усилием, бросок баскетбольного мяча в корзину, прыжок в длину с места на заданное расстояние, тест Юхаша, вис на согнутых рунах, удержание штанги полусогнутыми ногами или «зацеп», аппаратурный метод изменения мышечной выносливости – второй способ, бег со старта, бег по линиям, аппаратурные методы измерения простой двигательной реакции, реакции с выбором, теппинг-тест рукой, ногой, сгибание и разгибание рук, приседания» наклоны, выкрут назад с гимнастической пайкой, поднимание рук вверх – назад; наклоны туловища вперед из положения сидя, устойчивость после кувырков, быстрый бег по сложному закрытому маршруту, преодоление лабиринта, фигурная езда на велосипеде, одновременное ведение двух мячей, отыскивание чисел разного цвета, лабиринтные игры, тест на эмоциональную устойчивость, падение спиной, сборка кубика Рубика после стандартной физической нагрузки, бег по фигурному бревну, проба «перепутанные линии».

– Для специальностей факультета ИВТ

Проба Руфье, Гарвардский степ-тест, ортостатическая проба, пробы Ромберга, Троцкого, устойчивость после кувырков, кружение в наклоне, подтягивание, подъем силой, лазание по вертикальному канату, лестнице, тест Юкаша, «зацеп», перехват мяча, бег по линии, аппаратурный тест на РДО, передача мяча в круг, тесты для оценки гибкости плечевых, тазобедренных и голеностопных суставов, одновременное ведение двух мячей, отыскивание чисел с переключением, корректурная проба, прыжок с закрытыми глазами, прыжок с одного препятствия на другое, бег, марш-бросок.

– Для специальностей факультета социально-политических наук

Пробы Руфье, Ромберга, Яроцкого, ортостатическая и клиностатическая пробы, Гарвардский степ-тест, бег 12 мин, бросок баскетбольного мяча в корзину, одновременное ведение двух мячей, лазание по вертикальному канату, лестнице, по горизонтальной лестнице, тест Юхаша, вис на согнутых руках, «зацеп», измерение аппаратурным методом простой двигательной реакции, теппинг-тест рукой, сгибание и разгибание рук, наклоны, повороты, ходь-

ба, бег 3 с, расстановка карманных шахмат, ловля теннисных мячей, передача мяча на круг, верхняя передача волейбольного мяча, тесты для оценки гибкости в плечевых и тазобедренных суставах, переднее равновесие на повышенной опоре, устойчивость после кувырков, кружение в наклоне, расстановка шахмат, проба «память на числа», сборка кубиков, падение спиной, прыжок вверх с двух ног с площадки, маршбросок, прыжок с вышки на эмоциональную устойчивость.

– Для специальностей юридического факультета

Пробы Руфье, Ромберга, Гарвардский степ-тест, наклоны, повороты, установка предмета, бег, расстановка карманных шахмат, аппаратурный метод определения точности и координации движений рук, ловли теннисных мячей, подбрасывание и ловля теннисных мячей лежа на животе, тесты для оценки гибкости плечевых суставов, тест «сложение чисел» с переключением, ведение мяча двумя руками, расстановка шахмат, проба «перепутанные линии», прыжки со скакалкой, проба «память на числа», игра «16», «3», складывание кубиков, выбор карточки, складывание кубика Рубика после 30 приседаний за 45 с.

– Для специальностей экономического факультета

Проба Руфье, орто- и клиностатическая пробы, Гарвардский степ-тест, тесты для оценки статической выносливости мышц брюшного пресса, спины, расстановка карманных шахмат, тесты для оценки гибкости в плечевых и тазобедренных суставах, «сложение чисел с переключением», перебрасывание мяча, хождение по фигурному бревну с жонглированием теннисными мячами, отыскивание чисел с переключением, расстановка шахмат, корректурная проба, прыжки со скакалкой, проба «память на числа», складывание кубика Рубика, выбор карточки, прыжки со скакалкой, корректурная проба после пробы Руфье [8].

Выводы

Предлагаемые пробы и тесты для комплексной оценки профессионально-прикладной физической подготовки студентов, подобранные методы экспертной оценки имеют большое значение в определении профессиональной подготовленности обучающихся.

Даны оценки готовности будущих специалистов, рекомендуемые с учетом специальности, позволяющие корректировать профессионально-прикладную физическую подготовку студентов данного факультета. Таким образом, работа по комплексной оценке профессионально-прикладной физической подготовки студентов является безусловно перспективной и требует должного продолжения и совершенствования.

Список литературы

1. Лубышева Л.И. Теория и практика физической культуры: новые векторы развития // Теория и практика физической культуры. 2010. № 9. С. 3–5.

2. Воронин С.М., Воронов Н.А., Новожилова С.В., Новиков В.В., Афонина И.П. Влияние организационной культуры вуза на формирование ценностной сферы студенческой молодежи с исследовательской точки зрения // Вестник Рыбинской государственной авиационной технической академии им. П.А. Соловьева. 2016. № 4 (39). С. 63–67.

3. Григорьева И.В., Волкова Е.Г., Кузнецов И.В., Алехина О.В., Сушков А.В. Профессионально-прикладная направленность физической подготовки студентов лесотехнических вузов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 2–3 (7–3). С. 246–248.

4. Давиденко Д.Н. Социальные и биологические основы физической культуры и здорового образа жизни. СПб.: СПбГТУ, БПА, 2001. 366 с.

5. Елизарова Е.М. Физическая культура. Уроки двигательной активности. М.: Советский спорт, 2013. 95 с.

6. Буриков А.В., Балабин Н.Н., Гладких И.П. Физическая культура (нормативная и практическая часть): методические указания. Ярославль: ЯрГУ, 2008. 54 с.

7. Кикотя В.Я., Барчукова И.С. Физическая культура и физическая подготовка. М.: ЮНИТИ, 2016. 431 с.

8. Романова Е.С. 147 популярных профессий: Психологический анализ профессиограммы. 3-е изд., перераб. и доп. М..: Аспект Пресс, 2011. 416 с.

УДК 797.2

ВЛИЯНИЕ ПЛАВАНИЯ НА РАЗВИТИЕ И ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ В РАННЕМ ВОЗРАСТЕ

[1]Григан С.А., [2]Нещерет Н.Н.

[1]ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, e-mail: svetlana-grigan@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Донской Государственный технический университет», Ростов-на-Дону, e-mail: fizkult@rgups.ru

Развитие детей раннего возраста в настоящее время приобретает особую важность и значимость. Воздействие плавания на развитие детей раннего возраста носит комплексный характер и включает в себя воздействие на различные физиологические системы организма и позволяет в полной мере заниматься совершенствованием физических и моральных качеств и психологической устойчивости. Грудничковое плавание помогает растить ребенка здоровым и любознательным, совершенствуются движения, увеличивается выносливость, плавание дает выраженный закаливающий эффект, это давно известные факты, которые доказывают целесообразность и пользу плавания для грудничков. Помимо этого педиатры пришли к выводу, что плавание и уровень гемоглобина в крови тоже неразрывно связаны, поскольку при купании дыхание затрудняется и в кровь выбрасывается дополнительная порция эритроцитов. Водные процедуры, проводимые с ребенком с первых дней его жизни, несомненно, способствуют хорошему развитию всех систем его организма. Вода – уникальное средство лечения и профилактики болезней. Подготовка специалистов в данной области – одна из важных задач, которая должна стоять перед институтами физкультуры, так как от этого зависит здоровье и социальная адаптация детей. Занятия в бассейне с маленькими детьми должны проводить специалисты с высшим физкультурным образованием, так как от проведения тренировки зависит здоровье и жизнь ребенка.

Ключевые слова: грудничковое плавание, подготовка специалистов, обучение плаванию, плавание, закаливание, тренировка

THE IMPACT OF SWIMMING ON EARLY CHILDHOOD DEVELOPMENT AND HEALTH

[1]Grigan S.A., [2]Neshcheret N.N.

[1]Rostov State University of Communication Routes, Rostov-on-Don, e-mail: svetlana-grigan@mail.ru;
[2]Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: fizkult@rgups.ru

The development of young children is now of particular importance and significance. This is due to the fact that the impact of swimming on the development of young children is complex and includes the impact on various physiological systems of the body and allows you to fully engage in the improvement of physical and moral qualities and psychological stability. Infant swimming helps to raise a child healthy and inquisitive, improved movement, increases endurance, gives a pronounced hardening effect, these are long-known facts that prove the feasibility and benefit of swimming for infants. In addition, pediatricians came to the conclusion that swimming and the level of hemoglobin in the blood are also inextricably linked, because when bathing, breathing is difficult and an additional portion of red blood cells is thrown into the blood. Water procedures, carried out with the child from the first days of his life, undoubtedly contribute to the good development of all systems of his body. Water is a unique means of treatment and prevention of diseases. Training of specialists in this field is one of the important tasks that should be faced by physical education institutions, as the health and social adaptation of children depends on it. Classes in the pool with young children should be conducted by specialists with higher physical education, as the health and life of the child depends on the training.

Keywords: baby swimming, training of specialists, training in swimming, swimming, hardening, workout

Актуальность данной статьи заключается в том, что развитие детей раннего возраста в настоящее время приобретает особую важность и значимость. Это объясняется тем, что воздействие плавания на развитие детей раннего возраста носит комплексный характер и включает в себя воздействие на различные физиологические системы организма и позволяет в полной мере заниматься совершенствованием физических и моральных качеств и психологической устойчивости.

Грудничковое плавание помогает растить ребенка здоровым и любознательным, это давно известные факты, которые доказывают целесообразность и пользу плавания для грудничков. Помимо этого педиатры пришли к выводу, что плавание и уровень гемоглобина в крови тоже неразрывно связаны, поскольку при купании дыхание затрудняется и в кровь выбрасывается дополнительная порция эритроцитов. Водные процедуры, проводимые с ребенком с первых дней его жизни, несомненно, способствуют хорошему развитию всех систем его организма. Грудничковое плавание – это не только пребывание ребенка в большой ванне и какие-то движения, ко-

торые он проделывает в воде, но и самостоятельное перемещение под водой с задержкой дыхания, если продолжать заниматься с младенцем в воде, то плавательные рефлексы не угаснут. Более того, ребенок будет неординарно развиваться, получать определенные необычные стимулы и укреплять здоровье. Ведь всем известно, вода – уникальное средство лечения и профилактики болезней. Вода – это жизнь, а значит, в воде, как в жизни, можно просто, учиться плавать, общаться, играть, выполнять задания и отдыхать. Грудничковое плавание – существенный вклад в здоровье и развитие ребенка; посещение занятий в специализированном центре детского плавания позволяет родителям сменить обстановку, пообщаться с родителями других детей, посещающих бассейн, на насущные темы; после занятий в воде ребенок, как правило, крепко спит несколько часов. Занятия плаванием требуют вложений: финансовых и временных, занятия требуют самоорганизации – ведь нужно быть готовым к занятию в четко определенное время [1, 2].

Польза водных процедур – очевидна. Но иногда само купание новорожденных, а тем более детское плавание становится проблемой для родителей и самого малыша. Бывает очень сложно научить ребёнка не бояться воды, спокойно двигаться в ней, плавать и нырять. Обучение плаванию для таких детей приводит к настоящему стрессу. На самом же деле научить плавать новорожденного не так сложно и опасно, как думают многие. Именно наши страхи перед водой зачастую мешают этому процессу, ребенок всегда чувствует настрой родителей.

По данным Международной любительской федерации плавания (ФИНА), в мире ежегодно погибают в океанах, морях, реках и других водоемах около 300 000 людей, среди которых немалый процент детей. Чаще всего причиной этого становится не только неумение плавать, но еще и страх перед водной стихией.

Вода – основа всей жизни на земле. Известно, что человеческое тело более чем на 80 % состоит из воды, а 7/10 всей поверхности нашей голубой планеты покрывают воды Мирового океана.

Цель исследования: проанализировать влияние занятий плаванием в раннем возрасте на закаливание и развитие ребенка.

Материалы и методы исследования

Плавание для грудничков включает в себя комплекс действий, упражнений и методик, которые становятся для ребенка гимнастикой, массажем и способом жизни.

Существует несколько методик грудничкового плавания.

Одной из популярных стала методика Захария Фирсова. Еще в 1978 г. он создал свой курс и опубликовал книгу «Плавать раньше, чем ходить», которую одобрили в Министерстве здравоохранения СССР. Методика Фирсова рассчитана на занятия в течение 9–12 месяцев [3].

Существует кардинально другая методика плавания – Игоря Чарковского. Игорь Борисович Чарковский, известный исследователь в области влияния воды на эволюцию человека, еще в 1970-х гг., работая во Всесоюзном научно-исследовательском институте физкультуры и спорта, экспериментально доказал, что страх перед водой – это генетический страх, находящийся в подсознании. Методика была разработана для недоношенных или ослабленных новорожденных. Чарковский в специально сконструированной емкости пытался выхаживать свою недоношенную дочь и добился потрясающих успехов. В три месяца жизни по развитию девочка стала опережать детей ее возраста на физическом и интеллектуальном уровне. Через несколько месяцев дочь уже плавала в бассейне для взрослых, обладая прекрасным ночным видением, и могла погружаться на глубину несколько метров. Заинтересованные люди стали приглашать Игоря Чарковского в родильные дома, в Дом Ребенка, где он применял свою методику с недоношенными детьми в водоемах собственных конструкций. Результаты превзошли все ожидания. Способ был прост, безопасен и эффективен, но крайне необычен. Чарковский, который опробовал методику на своей дочке, утверждает, что гипоксия во время погружения в воду – полезна. По его мнению, организм реагирует на гипоксию усиленным питанием мозга, что приводит к скачкам умственного и физического развития у детей. Методика Чарковского представляет собой водный тренинг, при котором ребенка часто и быстро погружают в воду в течение 30–40 минут (так называемое «проныривание»).

Вынырнув из воды, ребенок успевает вдохнуть воздух и опять ныряет при помощи взрослого. В момент погружения под воду он вынужденно задерживает дыхание и когда выныривает, вынужденно делает активный вдох. Двигаться, стремиться к новому и побеждать – значит жить. На этом основана методика И. Чарковского.

Она подходит для адаптации новорожденных к водной среде и водотерапии при лечении различных заболеваний. Это достаточно жесткая методика, в которой нуждаются больные дети. По ней можно заниматься только с профессионалом. Метод Чарковского шел вразрез с основными медицинскими доктринами того времени. Поэтому разрешения на внедрение повсеместной практики плавания детей грудного возраста получено не было. Метод был признан опасным.

Достаточно популярна методика плавания Владимира Гутермана. Он создал свой курс и опубликовал книгу «Секреты Нептуна».

Более прогрессивно развитие грудничкового плавания шло в других странах. И совсем скоро в них возникли специальные исследовательские институты, занимающиеся вопросами развития детей в водной среде. Пионерами в этой области выступила австралийская семья Тиммерманс, которая занималась плаванием со своей дочкой с 16-ти дневного возраста. Им также удалось добиться потрясающих результа-

тов и открыть свою школу, в которую начали ездить родители с детьми из самых разных стран. Методика очень быстро стала распространяться в Америке, странах Европы, Японии. Министерство здравоохранения СССР одобрило подобные начинания лишь с конца 1970-х гг. Большое содействие этому нововведению оказал председатель федерации плавания Фирсов, выпустивший книгу о детском плавании. Вскоре практически во всех детских лечебных учреждениях открылись отделения, в которых дети вместе с родителями проходили специальные плавательно-оздоровительные курсы.

Бельгийские специалисты Рене и Эдит Депельзинер, авторы книги «Дети-пловцы и водные тренировки для беременных», опираясь на свой многолетний опыт, убеждены, что обучать плаванию ребенка можно и нужно еще до появления его на свет. Бельгийские тренеры заметили четкую закономерность. У тех женщин, которые активно плавали и ныряли на протяжении всей беременности, рождались дети более способные к освоению водной стихии. Такие дети не боялись погружений под воду, прекрасно задерживали дыхание, движения в воде у них были более активные, напоминающие стиль «брасс». Продолжая тренировки, младенцы могли самостоятельно держаться на воде и плыть в полтора года, а кто и раньше. Конечно, такое плавание еще далеко от спортивных стилей, таких как «кроль» или «баттерфляй», но формирует жизненно необходимый навык.

Выбирая методику для занятий, помните, что методика – это всего лишь общие правила (и знать их желательно), но каждый ребёнок индивидуален. Определенная методика составляет базу, а сами упражнения подбираются для малыша специально.

С 2014 г. по 2019 г., в рамках исследования, проводился эксперимент, в ходе которого изучалось влияние раннего плавания на здоровье младенцев. Были сформированы 3 экспериментальные группы детей по 60 человек в каждой группе, возраст от 2 месяцев до 1 года, за которыми наблюдали в оздоровительных аквацентрах для детей: «Осьминожек», «Пузыри», «Китенок»:

1 группа – дети, плавающие с первого месяца жизни 5–6 раз в неделю;

2 группа – дети, плавающие с первого месяца жизни 2–3 раза в неделю;

3 группа – дети, не плавающие вообще (их просто купали в ванночках).

После пяти лет проведения эксперимента подвели итоги заболеваемости и легкости выздоровления детей и измерили результаты относительно детей в каждой из групп:

1 группа (плавающие 5–6 раз в неделю): за первый год жизни 50 детей ни разу не заболели и 10 детей заболели;

2 группа (плавающие 2–3 раза в неделю): 24 ребенка ни разу не заболели и 36 детей заболели;

3 группа (не плавающие): 11 детей ни разу не заболели и 49 детей заболели.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе эксперимента были получены следующие результаты: часто плавающие дети реже болеют, чем неплавающие. В группе, где дети не плавали, заболеваемость (11/49) выше в 4,5 раза. В группе детей, плавающих 5–6 раз в неделю (50/10) – меньше болели, но если заболевали, то болезнь протекала в легкой форме и дети быстро выздоравливали.

Рассмотрим влияние грудничкового плавания на здоровье в целом, системы и органы младенца [1]:

1. Нервная система.

Плавание полезно всем и не имеет противопоказаний. Вода благоприятно воздействует на внешние нервные окончания, усиливает кровообращение, улучшает обменные процессы во всем организме, активизирует акупунктурные точки, гармонизирует работу энергетических меридианов. Занятия в воде необычайно полезны недоношенным детям, грудничкам с травмами головного мозга, малышам с церебральным параличом. Нервную систему можно тонизировать, если использовать прохладную воду. Можно расслабить, если использовать теплую воду. Большинство родителей отмечают глубокий, длительный и крепкий сон младенцев. Водные процедуры рекомендовано проводить на ночь, перед последним кормлением. Если вдруг ваш ребенок после плавания возбуждается, перенесите занятие на дневное время. Немаловажен еще и факт эмоционально-психологического контакта с родителями ребенка, обучающегося плаванию. Именно такое взаимодействие формирует восприятие мира малыша и впредь способствует положительной тенденции отношений «отцы и дети».

2. Пищеварительная система.

Все родители отмечают, что после плавания младенцы хорошо кушают. Младенцам с сильным недобором веса рекомендовано плавание «без энтузиазма», без сильной активности в теплой воде.

3. Опорно-двигательный аппарат.

Укрепляются мышцы, суставы и связки – дети хорошо развиваются физически. Физически развитые дети – это интеллектуально развитые дети.

4. Дыхательная система.

Увеличивается объем легких, укрепляются стенки легких, увлажняются слизистые. В слизи содержится огромное количество бактерицидных, противовирусных веществ, поэтому плавающие дети реже болеют.

5. Сердечно-сосудистая система.

Укрепляются сердечная мышца и стенки сосудов, а также активно насыщаются кислородом органы и ткани.

6. Психологические качества.

Ребенок становится активнее. Плавающие и ныряющие с рождения дети любят воду. Ныряющие дети умеют задерживать

дыхание даже в экстренных ситуациях. Поэтому они могут спасти себе жизнь. Во время задержки дыхания организм ребенка реагирует на гипоксию и кровь снабжает жизненно важные органы – сердце и головной мозг. Вот поэтому дети развиваются физически и интеллектуально [4, 5].

При стремительном развитии науки остается до конца неизученным плавательный рефлекс новорожденных. Относясь к безусловным рефлексам, он дается ребенку от рождения, как способ выживания в экстремальной ситуации. Несмотря на то, что конечности малыша еще не подконтрольны ему, ребенок умеет держаться на воде и выполнять двигательные действия руками и ногами.

Именно наличие такого навыка от рождения натолкнуло специалистов на мысль о необходимости раннего обучения плаванию. Поскольку ребенок уже родился с этим навыком, то вовремя отточенная техника и методика позволяют добиться хороших результатов. Развивать плавательный рефлекс необходимо с первых дней жизни ребенка. До двух месяцев рекомендуется исключительно ванная, а после этого периода советуют выводить грудничка в бассейн. Это, способствует укреплению иммунитета и вырабатывает защитную реакцию на стрессовую ситуацию. Дар плавать, данный ребенку от рождения, пропадает к четырем месяцам, если его не развивать и не совершенствовать. Он исчезает как безусловный рефлекс, уступая место умениям и навыкам, которым ребенок обучается. Научить плавать не главная задача в грудничковом плавании, здесь важна оздоровительная составляющая.

Плавание для грудничков основывается на их природных задатках. Крепче становится сон, улучшается аппетит, повышается общий тонус организма. Совершенствуются движения, увеличивается выносливость, появляется выраженный закаливающий эффект. Недоношенные малыши, занимаясь плаванием, быстрее догоняют в развитии своих сверстников.

«Начинать заниматься плаванием лучше дома, если для этого есть условия» – считает тренер по грудничковому плаванию Евгения Поляк. – «Ведь младенцы, которые занимаются плаванием, раньше начинают сидеть, стоять, ползать и ходить». Когда малыш подрос, то можно переходить в бассейн. Возможностей для плавания в бассейне гораздо больше, чем в ванне. Уровень воды выше, вода лучше держит ребенка. Здесь можно заниматься с малышом совместно. Перед занятиями стоит проконсультироваться с вашим педиатром на предмет противопоказаний к плаванию (это может быть порок сердца, пневмония, вывих тазобедренного сустава, судорожный синдром, различные инфекции).

Таким образом, можно сделать вывод, что перед развитием грудничкового плавания стоят сложные задачи. Во-первых, выбор бассейна родителями, он должен получить и поддерживать регламентированные в СанПиНе показатели качества воды в детских бассейнах, а эта задача достаточно сложная. Для ее решения необходимо спроектировать грамотную систему водообмена, включающую в себя как основные этапы водоподготовки (фильтрация и обеззараживание воды), так и дополнительные меры по улучшению качества воды.

Во-вторых, выбор профессионального тренера, который будет работать с вашим ребенком, и тут должна действовать концепция «Не навреди».

Федеральный закон от 2 августа 2019 г. № 303-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» в части совершенствования деятельности фитнес-центров» вступил в силу 13 августа. Основное нововведение касается обеспечения квалификации тренеров, руководители должны будут применять профессиональные стандарты в части требований к квалификации работников. Необходимо будет привлекать лишь профессиональных тренеров, обеспечивая им условия для повышения квалификации.

Этот закон существенно повысит уровень подготовки тренеров грудничкового плавания, так как в частные бассейны директора набирают сотрудников, опираясь больше на личную симпатию, потом это может сказаться на здоровье малыша. Директора ссылаются на то, что их тренера прошли курсы грудничкового плавания, сейчас их очень много можно найти в мире интернета, но образовательных стандартов для дополнительного образования в области физической культуры и спорта нет. Поэтому нужно набирать сотрудников с высшим физкультурным или медицинским (специалист по реабилитационной работе в социальной сфере) образованием.

Выводы

1. Воздействие плавания на развитие детей раннего возраста носит комплексный характер и включает в себя воздействие на различные физиологические системы организма и позволяет в полной мере заниматься совершенствованием физических и моральных качеств и психологической устойчивости. Грудничковое плавание по-

могает растить ребенка здоровым и любознательным, совершенствуются движения, увеличивается выносливость, появляется выраженный закаливающий эффект. Недоношенные малыши, занимаясь плаванием, быстрее догоняют в развитии своих сверстников.

2. В данной статье мы хотим привлечь внимание к необходимости повышения квалификации тренерского состава и учета особенностей тренировочного процесса в плавании с раннего возраста. Подготовка и переподготовка управленческих кадров для физической культуры и спорта – задача важная и актуальная, так как от этого зависит здоровье и социальная адаптация детей. Занятия в бассейне с маленькими детьми должны проводить специалисты с высшим физкультурным образованием, так как от проведения тренировки зависит здоровье и жизнь ребенка.

Список литературы

1. Григан С.А., Белых Г.Н., Вишина А.Л.//Особенности обучения плаванию детей грудного возраста // Транспорт: наука, образование, производство: труды Международной научно-практической конференции. Часть 5. Гуманитарные и юридические науки. Рост. гос. ун-т. путей сообщения. Ростов н/Д., 2018. С. 194–198.

2. Плавание: библия тренера / Джек Боэрле и др.; пер. с англ. Е. Кононова. М: Эксмо, 2014. 410 с.

3. Фирсов З. Плавать раньше, чем ходить. М.: ФиС, 1978. 72 с.

4. Васильева У.Ю., Мелихов Я.П., Ляшенко А.А. Влияние плавания на общее состояние организма // Студенческий форум: электрон. научн. журн. 2017. № 4 (4). С. 19–22.

5. Капотов П.П. Обучение плаванию. М.: Воениздат, 2018. 498 с.

УДК 37.032

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТУДЕНТОВ, СКЛОННЫХ К ВИКТИМНОМУ ПОВЕДЕНИЮ В ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВЕ

Дроздикова-Зарипова А.Р., Калацкая Н.Н., Валеева Р.А., Костюнина Н.Ю., Биктагирова Г.Ф.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, e-mail: bina1976@rambler.ru

В современном динамичном мире приобретает особую актуальность и социальную значимость проблема безопасного использования интернета, профилактики виктимных форм поведения молодежи в интернет-пространстве. В статье представлены выявленные результаты социально-психологических характеристик студентов, детерминирующих проявление склонности к виктимному поведению в интернете, и основные факторы риска в интернете. Выявлено, что для виктимных студентов характерно стремление к поиску острых ощущений. Такие молодые люди «готовы» стать жертвой в сети Интернет в силу того, что, с одной стороны, соблюдают установленные в интернет-пространстве нормы и правила взаимного поведения, но с другой стороны, в силу различных причин затрудняются в оказании противодействия противоправным действиям со стороны других пользователей интернета, проявляют склонность к зависимому и беспомощному поведению, имеют высокую чувствительность, испытывают потребность в получении поддержки, сочувствия и помощи от других. Для данной категории студентов характерна ролевая позиция жертвы, которая усиливается в результате неоднократного попадания в ситуацию посягательств, а также определенные проблемы, связанные с чрезмерным увлечением интернетом. Системообразующими компонентами их личностных особенностей являются непереносимость однообразия, поиск острых ощущений, дипломатичность, чувствительность, зависимость от мнения и требований группы, тревожность, интроверсия и конформность. Мы также установили, что студентами, склонными к виктимному поведению, наиболее опасными рисками признаются контентные риски и электронные (технические) риски, кроме того некоторые отмечают напряженность семейных взаимоотношений. Полученные результаты исследования подтверждены с помощью методов математической статистики и могут составлять основу для создания превентивных мер по предотвращению виктимного поведения студенческой молодежи в интернете.

Ключевые слова: виктимное поведение, виктимность, интернет, студенты, интернет-зависимость, риски в интернете, социально-психологические характеристики, превентивные меры виктимного поведения

SOCIO-PSYCHOLOGICAL FEATURES OF STUDENTS INCLINED TO VICTIM BEHAVIOR IN THE INTERNET

Drozdikova-Zaripova A.R., Kalatskaya N.N., Valeeva R.A., Kostyunina N.Yu., Biktagirova G.F.

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, e-mail: bina1976@rambler.ru

In modern dynamic world, the problem of the safe use of the Internet and the prevention of victimized forms of youth behavior in the Internet is gaining particular relevance and social significance. The article presents the results of identifying the socio-psychological characteristics of students determining the manifestation of a tendency to victim behavior in the Internet, and the main risk factors online. It has been revealed that victim students have a characteristic desire of searching for thrills. The young people are «ready» to become a victim in the Internet because, on the one hand, they comply with the norms and rules of mutual behavior established in the Internet space. On the other hand, for various reasons, it is difficult for them to counter illegal actions by other Internet users. They are prone to addictive and helpless behavior, have high sensitivity, feel the need for support, empathy and help from others. This category of students is characterized by the role of the victim, which is strengthened as a result of repeated exposure to the situation, as well as certain problems associated with excessive enthusiasm for the Internet. The backbone components of their personality traits are intolerance to uniformity, the search for thrills, diplomacy, sensitivity, dependence on the opinions and requirements of the group, anxiety, introversion and conformity. We also found out that students who are prone to victim behavior consider the most dangerous content risks and electronic (technical) risks. They also note the tension in family relationships. The results of the study are confirmed using the methods of mathematical statistics and can be a basis for creating measures to prevent the victim behavior of students on the Internet.

Keywords: victim behavior, victimization, Internet, students, Internet addiction, Internet risks, socio-psychological characteristics, preventive measures of victim behavior

На современном этапе развития социума интернет-пространство стало неотъемлемой сферой жизнедеятельности личности. По статистическим данным ВЦИОМ от 2018 г. известно, что число ежедневных интернет-пользователей среди российской молодежи в возрасте от 18 до 24 года неуклонно растет (с 2011 г. этот показатель увеличился с 28 % до 62 %) [1].

Вхождение в это пространство способствует образованию у студенческой молодежи особой среды общения, с усвоением норм, ценностей, установок глобальной сети. Негативными последствиями интер-

нета могут быть общение с носителями асоциального поведения, такими как кибермошенники, буллеры, хакеры и др. Следовательно, в фокус пристального внимания выходит необходимость тщательного изучения социально-психологических детерминант виктимного поведения студентов в интернет-сети.

Проблема потенциальных жертв преступлений изучалась в западной социальной педагогике и психологии в аспекте виктимологии (от «victima» – жертва и «logos» – учение) такими зарубежными и отечественными авторами, как И.С. Малкина-Пых [2], В.И. Полубинский [3], Л.В. Франк [4], W. Heirman, M. Walrave [5] и др., которые раскрыли общенаучные категории «виктимное поведение», «виктимная личность» проанализировали типичные «опасности» на этапе социализации личности. В трудах О.О. Андронниковой [6], H. Sasson и G. Mesch [7], R.S. Tokunaga и K.S. Aune [8] и др. рассматриваются факторы и причины виктимного поведения личности.

Анализ работ последних лет показывает, что вектор научных изысканий направлен на психологизирование виктимологических исследований, появляется все больше научных работ, анализирующих социально-психологические характеристики виктимной личности. В числе ключевых определена тенденция изучения психологических личностных характеристик, являющихся предикторами виктимного поведения, у подростковой возрастной группы.

Так, в диссертационном исследовании М.П. Долговых охарактеризована психологическая детерминация проявления виктимного поведения личности подростка и разработана модель программы профилактики и коррекции виктимного поведения подростков [9]. В работе О.Б. Бовть изучены стратегии поведения в конфликте подростков с разным типом виктимного поведения и на основе полученных результатов разработаны рекомендации по профилактике виктимного поведения детей и подростков [10]. В исследовании С.А. Фалкиной, представляющем для нашей работы особую ценность, выявлены психологические характеристики подростков, склонных к виктимному поведению в интернете [11].

Интерес вызывают и западные исследования. A. Tsitsika и др. обнаружили взаимосвязь между высокими показателями склонности к виктимному поведению и уровнем образования родителей (низким и выше среднего) [12]. По мнению ученых H. Sasson и G. Mesch, семейные отношения (отсутствие сплоченности семьи, эмоциональной связи между членами семьи, совместного времяпровождения родителей и детей) и структура семьи (например, неполная семья), являются также ключевыми факторами, которые способствуют кибервиктимизации молодых людей [7]. Западные исследователи ищут пути преодоления виктимных форм поведения в сети Интернет. Ими разрабатываются различные программы профилактики и коррекции среди подростков и молодых людей. Вызывают интерес программы WebQuest (E. Menesini, A. Nocentini и B.E. Palladino [13]), KiVa (A. Williford, L.C. Elledge, A.J. Boulton и др. [14]), направленные на профилактику и коррекцию кибербуллинга среди подростков.

В настоящее время в значительно меньшем объеме представлены работы, посвященные исследованию особенностей виктимности и виктимного поведения юношеской возрастной группы.

Авторами раскрыты сущность, причины и факторы виктимного поведения молодежи, подтверждена эффективность разработанной комплексной профилактической программы «Жизнь вне опасности!» [15].

В отечественных исследованиях подтверждено, что молодые люди, склонные к виктимному поведению, имеют специфические особенности личностного развития, а именно, неадекватную самооценку, высокий уровень тревожности и агрессивности, эмоционально-волевую неустойчивость, «готовность» стать жертвой насилия (Л.С. Стуколова, Н.С. Волкова [16]); стремление к поиску сильных ощущений (M. Zuckerman [17]); обладание низкой осмысленностью жизни и неразвитостью смысложизненных ориентаций (П.Н. Кемяшова, А.Г. Фаустова [18]); эгоцентричность, демонстративность, склонность проявлять незрелость позиции и инфантилизм, поверхностность, чрезмерную активность, неразборчивость в контактах, импульсивность, конфликтность, тенденцию преувеличивать свои проблемы при нежелании брать на себя ответственность за их решение (Т.Н. Баширова [19]); проявление пассивности, отсутствие упорства в достижении целей, трудности в общении с новыми людьми и поддержания отношений с окружающими людьми, переживание собственной изолированности, ориентация на мнение и оценки других людей, неспособность противостоять социальному давлению, проявление конформизма и склонность к выражению неудовлетворенности жизнью (Р.А. Субботина [20]).

Приведенные данные свидетельствуют о достаточно полиморфной структуре лич-

ности студентов, склонных к виктимному поведению, в которой сочетаются подчас противоречивые особенности, требующие уточнения с проведением специальных исследований.

Вместе с тем работы, посвященные исследованию психологических особенностей студентов, склонных к виктимному поведению в интернете, в научной литературе единичны. Под виктимным поведением в Глобальной сети Интернет мы понимаем системное и динамичное свойство личности, проявляющееся в форме ее социального, биологического, психологического и морального деформационного отклонения, закрепленного в неосторожных, импульсивных, провоцирующих формах поведения, не соответствующего нормам безопасности и обусловливающего потенциальную или реальную предрасположенность субъекта становиться жертвой преступлений в Глобальной сети Интернет.

Цель исследования: выявление социально-психологических характеристик студентов, склонных к виктимному поведению в интернет-пространстве, исследование причин и оценки рисков виктимизации студентов в интернете.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе Казанского (Приволжского) федерального университета. Всего в эмпирическом исследовании приняли участие 504 студента – активных пользователей интернет-сети, в возрасте 18–23 лет (девушек – 89%, юношей – 11%).

Изучение социально-психологических характеристик студентов, склонных к виктимному поведению в интернет-пространстве, осуществлялось с помощью следующих методик: 1) методика «Диагностика склонности к виктимному поведению» (О.О. Андронникова); 2) тест Кимберли – Янг на определение уровня выраженности интернет-зависимости; 3) методика «Самооценка склонности к экстремально-рискованному поведению» (М. Цукерман); 4) локус контроля Дж. Роттер – выявление локуса контроля респондентов, позволяющего определить проявление интернальности или экстернальности личности; 5) 16PF тест Кеталла (форма С) – 16-факторный личностный опросник для оценки индивидуально-психологических особенностей личности; 6) анкета, направленная на выявление студентов, подвергающихся виктимизации, оценку рисков в интернет-пространстве, изучение социального портрета студентов.

Статистическая обработка проводилась в программе IBM SPSS Statistics версии 23. Оценка достоверности различий экспериментальных данных производилась с помощью U-критерия Манна – Уитни, сравнение эмпирических распределений с помощью критерия согласия χ^2. Корреляционный анализ Спирмена был применен для выявления взаимосвязи изучаемых показателей психологических характеристик.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе эмпирического исследования с помощью анкеты были выявлены студенты, которые в течение последнего года подвергались виктимизации в интернете, что составило 33,3% от общего числа респондентов. На основании полученных результатов произведено распределение испытуемых в две группы. В первую группу (Г1) включены студенты, подверженные виктимизации, во вторую (Г2) – несклонные к проявлению виктимного поведения в интернете. Далее в статье мы уделим основное внимание результатам полученным для студентов Г1.

Изучение склонности к виктимному поведению студентов осуществлялось с помощью методики О.О. Андронниковой. Выявлено, что для некоторых студентов характерно проявление склонности к различным типам виктимного поведения в интернете. На рис. 1 представлено распределение склонностей к виктимному поведению в интернете с высокими показателями среди студентов Г1 по следующим шкалам.

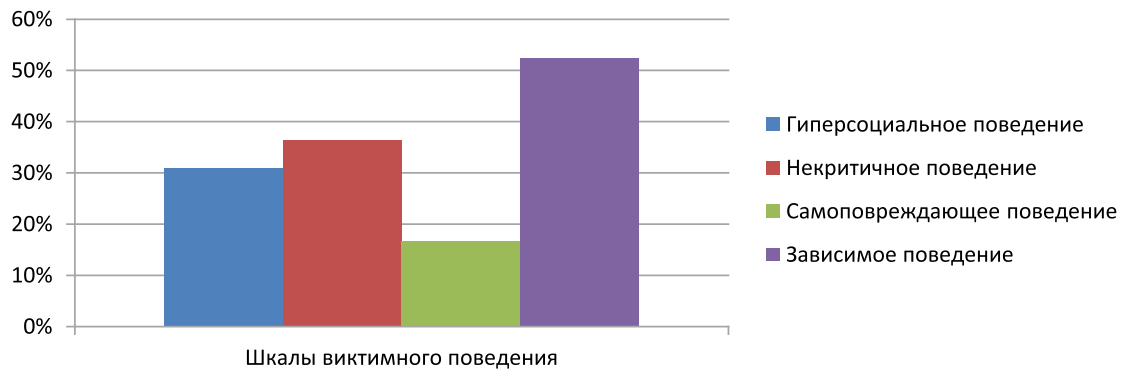


Рис. 1. Распределение склонностей к виктимному поведению в интернет-пространстве у студентов Г1

На основании рис. 1 можно сделать вывод, что для студентов в интернет-пространстве характерно проявление моделей пассивного (склонности к зависимому и беспомощному поведению), некритичного (склонности к некритичному поведению), инициативного (склонности к гиперсоциальному виктимному поведению) и активного (склонности к самоповреждающему и саморазрушающему поведению) виктимного поведения.

Для большинства студентов (52,4% от общего числа виктимных студентов) характерно соблюдение установленных в интернет-пространстве норм и правил взаимного поведения, но в силу различных причин они затрудняются в оказании противодействия противоправным действиям со стороны других пользователей интернета. Проявление склонности к зависимому и беспомощному поведению выражается в потребности получения поддержки, сочувствия и помощи от других, которая удовлетворяется в интернет-пространстве с помощью активного участия в различных социальных сетях, форумах и т.д. При этом при поиске социальной поддержки окружающих они часто вовлекаются в кризисные ситуации. Постоянная вовлеченность в интернет-пространство, в свою очередь, способствует формированию склонности к интернет-зависимому поведению. Для данной категории студентов характерна ролевая позиция жертвы, которая усиливается в результате неоднократного попадания в ситуацию посягательств.

Обнаружено, что у 36,4% респондентов проявление склонности к зависимому поведению сочетается со склонностью к некритичному виктимному поведению. К данной группе относятся лица, демонстрирующие неосторожность, неосмотрительность, неумение правильно оценивать жизненные ситуации в реальном и виртуальном взаимодействии. Студенты некритичного типа проявляют неразборчивость в знакомствах, чрезмерную доверчивость и легкомысленность, не замечают опасности, склонны к идеализации людей и оправданию негативного поведения других.

Студенты по модели инициативного виктимного поведения, составляющие 31% виктимных студентов, демонстрируют социально одобряемое и ожидаемое поведение, в том числе и в ситуации конфликта с интернет-пользователями. В общении на форумах, в группах они проявляют искренность, отзывчивость, принципиальность, требовательность, смелость и готовность рисковать. Пользователи данного типа выражают нетерпимое отношение к некорректному поведению в интернет-сообществе. Социально справедливое поведение таких студентов достаточно часто становится объектом криминальных действий заинтересованных лиц.

Для студентов со склонностью к самоповреждающему и саморазрушающему поведению (16,7% от числа виктимных студентов) характерна жертвенность, связанная с активным поведением, провоцирующим ситуацию виктимности своим общением в сети. Для активных потерпевших характерно поведение двух видов: провоцирующее, если для причинения вреда привлекается другое лицо, и самопричиняющее, которое характеризуется склонностью к риску, необдуманному поведению, зачастую опасному для себя и окружающих.

В сети примером провоцирующего поведения может выступать нарочитая демонстрация личных, профессиональных или финансовых успехов, которые провоцирует преступника на причинение вреда по разным мотивам. Примером самопричиняющего виктимного поведения является размещение в сети информации о себе и своей семье, заведение нежелательных контактов, новых незнакомых друзей, встреча с данными незнакомыми людьми в реальной жизни, что может приводить к столкновению с насилием не только в пространстве интернета, но и в реальной жизни студентов.

По результатам анкетирования выявлены и проранжированы по степени опасности риски в интернет-пространстве. Данные по виктимной группе представлены в таблице.

Из данных таблицы можно сделать выводы, что студентами, склонными к виктимному поведению, наиболее опасными рисками признаются контентные риски и электронные (технические) риски. К контентным рискам относятся графические, текстовые, аудио и видеоматериалы, содержащие насилие, жестокость, порнографию, пропаганду расизма, наркотических веществ, суицида, призывы к разжиганию межнациональной и межрелигиозной розни. К электронным (техническими) рискам относится кибердеятельность, направленная против пользователя, которая включает в себя, прежде всего, взлом страниц, онлайн-мошенничество, вирусные атаки и т.д.

По методике К. Янг выявлено статистически достоверное различие ($p < 0,05$) по выраженности интернет-зависимости в двух группах испытуемых (рис. 2).

Определено, что 78,6% виктимных студентов имеют определенные проблемы, связанные с чрезмерным увлечением интернетом, в группе невиктимных студентов данные проблемы характерны для 46,5% испытуемых.

Оценка рисков в интернете в Г1

Риски в интернете	Вид риска	Ранг
1. Нежелательный контент (опасные материалы)	контентный	1
2. Мошеничество (фишинг, хакерство и т.д.)	электронный (технический)	2
3. Пропаганда наркотиков	контентный	3
4. Вербовка в группы смерти	контентный	4
5. Кибер-экстремизм	контентный	5
6. Вербовка в секты	контентный	6
7. Нежелательные и незаконные контакты	коммуникационный	7
8. Вирусные атаки	электронный (технический)	8
9. Фальсификация, недостоверная информация	потребительский	9
10. Кибер-хулиганство	коммуникационный	10
11. Мошеничество (плагиат)	электронный (технический)	11
12. Спамминг	электронный (технический)	12

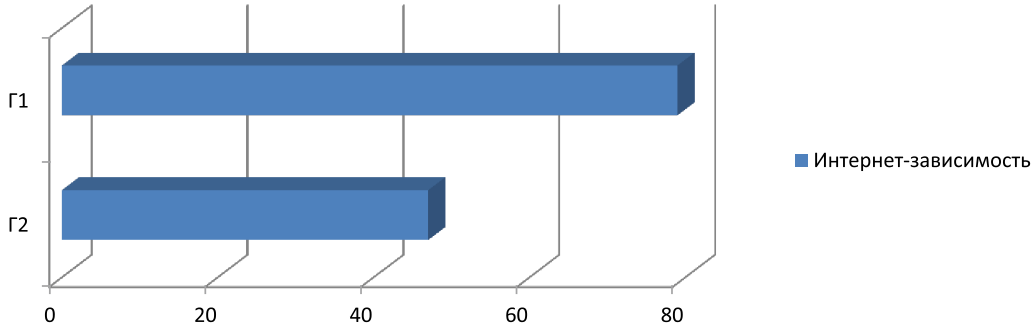


Рис. 2. Среднегрупповые значения выраженности интернет-зависимости у испытуемых

В ходе исследования был определен психологический портрет виктимного студента в сети Интернет:

– стремление к поиску острых ощущений (6,3* ± 1,74 балла, при $p < 0,05$), выраженное в поиске ранее непознанных и экспрессивных ощущений и переживаний и в склонности как к физическому социальному риску, так и к рискам в интернете с целью проживания новых сильных переживаний;

– преобладание интернального типа (11,66 ± 2,6 баллов) – во многих значимых ситуациях большинство студентов чаще демонстрируют высокий уровень субъективного контроля, что предопределяет возможности обнаружения связей между собственными действиями в интернет-пространстве и значимыми событиями в своей жизни, и полагают, что большинство событий и поступков являются следствиями их собственной деятельности. Вместе с тем в некоторых проблемных и критических интернет-ситуациях виктимные студенты могут демонстрировать проявление психологической зависимости от обстоятельств или действий других людей, которая обуславливает выражения неуверенности, тревожности, конформности и агрессивности;

– склонность к интровертированности, застенчивость, уступчивость в межличностных конфликтах с интернет-пользователями (фактор F_2: 2,41 ± 2,87);

– ориентир на высокую нормированность поведения (фактор G: 7,89** ± 1,48, при $p < 0,01$), характеризующий особенности эмоционально-волевой сферы (настойчивость, ответственность, организованность, обязательность, решительность, упорство в достижении цели) и особенности регуляции социального поведения (осознанное принятие общепринятых норм и правил интернет-сообщества, поведение часто регулируется требованиями окружающих интернет-пользователей или групп социальных сетей);

– конформность, зависимость от поддержки социальных групп и сообществ в интернет-сети, ориентир на людей, оказывающих эту поддержку, и, как следствие, сдержанность в собственных активных действиях и в принятии решений, склонность

ориентироваться на групповые нормы (фактор F_4: 2,45 ± 2,89);

– высокий уровень самоконтроля (фактор Q_3: 7,9 ± 1,36), свидетельствующий о целеустремленности, дисциплинированности, точности в выполнении социальных требований интернет-сообщества, контроле за своими эмоциями, заботе о своей репутации;

– способность достигать желаемого, но вместе с тем слабая мотивация и отсюда неспособность к достижению трудных целей (фактор F_1: 2,6 ± 2,97);

– высокая чувствительность (фактор I: 8,01** ± 1,5, при $p < 0,01$), выражаемая в сентиментальности, впечатлительности, эмоциональности, как сопереживании и сочувствии другим интернет-пользователям, так и в поиске сочувствия и внимания у других;

– склонность к чувству вины и недовольство собой, подверженность перепадам настроения, обеспокоенность и тревожность, неуверенность в себе, чувствительность к оценкам и одобрению окружающих в интернет-пространстве, проявление чрезмерной заботливости о них (фактор O: 7,8 ± 1,23);

– развитые интеллектуальные интересы и стремление к новым знаниям, подвижность мышления, аналитичность, умение оперировать абстракциями, высокая эрудированность, широта кругозора и склонность к свободомыслию (B+, M+, Q1+);

– тенденция к затруднению принятия решения в критических ситуациях в связи с проявляющейся высокой чувствительностью и эмоциональностью, а также продолжительностью протекания подготовительного этапа, ориентированного на исследование и анализ проблемы, выявления возможных негативных последствий в интернет-пространстве (фактор F_3: 2,86 ± 2,8);

– принятие себя и достаточно адекватная самооценка своих качеств и особенностей характера (MD: 6,41 ± 2,18).

С целью получения более полной картины относительно особенностей структуры личностной сферы студентов, склонных к виктимному поведению в сети Интернет, был проведен корреляционный анализ связей между изучаемыми показателями и обнаружены значимые и высокозначимые корреляционные связи средней и сильной плотности ($p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$).

Выявлено, что к числу системообразующих личностных особенностей относятся: непереносимость однообразия, поиск острых ощущений, дипломатичность, чувствительность, зависимость от мнения и требований группы, тревожность, интроверсия и конформность.

На основе полученных результатов получены интересные взаимосвязи между типами виктимного поведения, а именно связи обратной направленности между зависимым и самоповреждающим поведением ($r_s = –0,812$), некритичным и гиперсоциальным поведением ($r_s = –0,671$). Важно отметить и тот факт, что обнаружены прямые зависимости между проявлением агрессивного поведения и выраженностью таких типов виктимного поведения, как гиперсоциальное ($r_s = 0,6$), зависимое ($r_s = 0,77$) и некритичное ($r_s = 0,79$).

Следует подчеркнуть и такой важный аспект, что взаимосвязи между компонентами личностной сферы у студентов, склонных к проявлению виктимного поведения в интернет-сети, достаточно жестко структурированы. Данное обстоятельство необходимо принимать во внимание при разработке мер превенции и интервенции по предотвращению виктимного поведения в интернет-пространстве, учитывая необходимость расширения выбора путей коррекционно-развивающей работы со студентами.

Далее осуществлялось изучение социальных факторов проявления склонности к виктимному поведению студентов в интернет-сети с помощью анкетирования. Участникам опроса было предложено оценить свои взаимоотношения с членами семьи. Выявлено, что, по мнению большинства респондентов (75,9 % – Г1 и 93 % – Г2), взаимоотношения с членами их семей являются дружескими и доверительными, при этом только виктимные студенты отмечают напряженность семейных взаимоотношений (10,3 %), остальные респонденты Г1 и Г2 фиксируют индифферентные отношения. Представленные эмпирические распределения статистические различаются: $\chi^2 = 5,73$, при $p < 0,05$.

Проблемы со здоровьем (наличие хронических заболеваний), по мнению студентов, испытывают 37,9 % виктимной группы, и 27,9 % испытуемых невиктимной группы.

Взаимоотношения с одногруппниками характеризуются респондентами как дружеские (75,9 % в Г1 и 73,8 % в Г2). Особо важно подчеркнуть, что все участники исследования считают, что отношения с их друзьями очень теплые и доверительные.

Ответы на вопрос: «Всегда ли вы можете поделиться со своими проблемами и получить поддержку от своих родственников, членов семьи?» распределились следующим образом: на первом месте вариант: «Всегда» – 69 % и 88,4 % в Г1 и Г2 соот-

ветственно. Далее: «Редко» – 24,1 % и 9,3 % от общего числа ответов Г1 и Г2 соответственно; «Никогда» – 6,9 % в Г1 и 2,3 % в Г2.

На основе контент-анализа были определены доминирующие позиции по открытому вопросу «Если у вас возникнут жизненные затруднения (неприятности), к кому вы обратитесь за помощью, советом, поддержкой?». Так, большинство респондентов в первую очередь обратятся за помощью к членам семьи и к родственникам (79,3 % и 81,4 % в Г1 и Г2 соответственно), к друзьям (31,03 % и 23,3 %), к любимым (17,24 % и 6,98 %), и лишь 3,5 % и 2,3 % виктимных и невиктимных студентов соответственно считают, что им не к кому обратиться за помощью, при этом 3,5 % студентов Г1 готовы рассчитывать на помощь Бога.

На вопрос «Что нужно сделать, на ваш взгляд, чтобы не стать жертвой в сетях Интернет?» респонденты предложили множественные варианты. В группе студентов, склонных к виктимному поведению в сети Интернет, 31 % испытуемых ответили о необходимости быть внимательными и бдительными, знать правила безопасности в интернете, не реагировать на различного рода провокации со стороны мошенников; иметь хобби вне интернет-пространства – 20,7 %; не выкладывать свои персональные данные в открытый доступ, использовать сложные пароли – 17,2 %.

Студенты из Г2 также выделили в числе приоритетных ответов вариант проявления должной бдительности в сети Интернет (32,6 %), а также игнорирования подозрительных ссылок и сомнительных знакомств (16,3 %), сокращения времени проведения в интернете и наличия критичности и умения анализировать поступающую информацию (по 11,6 % соответственно).

Заключение

В ходе исследования мы установили, что виктимного студента в сети Интернет характеризует стремление к поиску острых ощущений. Этот результат подтверждает исследование M. Zuckerman. Так же мы частично подтвердили выводы, сделанные Л.С. Стуколовой и Н.С. Волковой, что такие молодые люди «готовы» стать жертвой в сети Интернет в силу того, что, с одной стороны, соблюдают установленные в интернет-пространстве нормы и правила взаимного поведения, но, с другой стороны, в силу различных причин затрудняются в оказании противодействия противоправным действиям со стороны других пользователей интернета, проявляют склонность к зависимому и беспомощному поведению, имеют высокую чувствительность, испытывают потребность в получении поддержки, сочувствия и помощи от других. Для данной категории студентов характерна ролевая позиция жертвы, которая усиливается в результате неоднократного попадания в ситуацию посягательств.

Нами также выявлено, что студенты данной группы ориентированы на высокую нормированность поведения, системообразующими компонентами их личностных особенностей является непереносимость однообразия, поиск острых ощущений, дипломатичность, чувствительность, зависимость от мнения и требований группы, тревожность, интроверсия и конформность. Данные результаты подтверждают выводы, сделанные Р.А. Субботиной, что молодые люди, склонные к виктимному поведению, ориентируются на мнения и оценки других людей, неспособны противостоять социальному давлению, проявляют конформизм и склонны к выражению неудовлетворенности жизнью.

Мы также установили, что студентами, склонными к виктимному поведению в интернет-пространстве, наиболее опасными рисками признаются контентные риски и электронные (технические) риски. Кроме того, 78,6 % виктимных студентов имеют определенные проблемы, связанные с чрезмерным увлечением интернетом.

Важно отметить, что виктимные студенты отмечают напряженность семейных взаимоотношений (10,3 %) с членами семьи. Своими проблемами с родственниками и членами семьи редко делятся 24,1 % и никогда 6,9 % виктимных студентов.

Таким образом, для обеспечения безопасной интернет-социализации студенческой молодежи в условиях высшего учебного заведения необходимо создание комплексной системы превентивных мер, направленных на предотвращение реализации виктимного потенциала студентов в интернете, необходимо разработать концептуальные основы профилактико-коррекционных мероприятий девиктимизации в интернете с учетом социально-психологических особенностей, факторов и механизмов проявления виктимного поведения у современных студентов.

Статья публикуется при поддержке гранта РФФИ. Проект № 19-013-00814 А.

Список литературы

1. Аналитический обзор: Жизнь в интернете и без него. [Электронный ресурс]. URL: https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=116780 (дата обращения: 20.11.19).

2. Малкина-Пых И.С. Психология поведения жертвы. М.: Наука, 2009. 329 с.

3. Полубинский В.И. Виктимологические аспекты в профилактике преступлений. М.: Академ. МВД СССР, 1980. 218 с.

4. Франк Л.В. Виктимология и виктимность Душанбе, 1972. 262 с.

5. Heirman W., Walrave M. Predicting adolescent perpetration incyberbullying: An application of the theory of planned behavior. Psicothema. 2012. vol. 24, no.4. P. 614–620.

6. Андронникова О.О. Психологические факторы возникновения виктимного поведения подростков. автореф. дис. ... канд. психол. наук. Новосибирск, 2005. 16 с.

7. Sasson H., Mesch G. Parental mediation, peer norms and risky online behavior among adolescents. Computers in Human Behavior. 2014. no. 33. P. 32–38.

8. Tokunaga R.S., Aune K.S. A Taxonomy of Tactics for Managing Cyberstalking. Journal of Interpersonal Violence. 2017. vol. 32. no. 10. P. 1451–1475.

9. Долговых М.П. Психологическая детерминация проявления виктимного поведения личности подростка: дис. ... канд. психол. наук. Тольятти, 2009. 180 с.

10. Бовть О.Б. Взаимосвязь стратегий поведения в конфликте с типом виктимного поведения подростков // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер. Акмеология образования. Психология развития. 2015. № 3. С. 262–265.

11. Фалкина С.А. Психологические характеристики подростков, склонных к виктимному поведению в интернет-сети // Перспективы науки и образования. 2014. № 1. С. 230–236.

12. Tsitsika A., Janikian M., Wójcik S., Makaruk K., Tzavela E., Tzavara C., et al. Cyberbullying victimization prevalence and associations with internalizing and externalizing problems among adolescents in six European countries. Computers in Human Behavior. 2015. no. 51. P. 1–7.

13. Menesini E., Nocentini A., Palladino B.E. Empowering students against bullying and cyberbullying: Evaluation of an Italian peer-led model. International Journal of Conflict and Violence. 2012. no. 6. P. 314–321.

14. Williford A., Elledge L.C., Boulton A.J., DePaolis K.J., Little T.D., Salmivalli C. Effects of the KiVa antibullying program on cyberbullying and cybervictimization frequency among finnish youth. Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology. 2014. vol. 42. no. 6. P. 820–833.

15. Drozdikova-Zaripova A.R., Kostyunina N.Y., Kalatskaya N.N. Prevention of Student Youth`s Victim Behavior. Review of European Studies. 2015. vol. 7. no. 4. P. 88–92.

16. Стуколова Л.С., Волкова Н.С. Психологические основы виктимности личности в юношеском возрасте // Символ науки. 2016. № 7. С. 124–126.

17. Zuckerman M. Dimensions of sensation seeking. Journal of Consulting and Clinical Psychology. 1971. vol. 36. P. 45–52.

18. Кемяшова П.Н., Фаустова А.Г. Обзор современных исследований виктимного поведения у студентов // Личность в меняющемся мире: здоровье, адаптация, развитие. 2017. № 5. С. 745–761.

19. Баширова Т.Н. Противоречивость социально-психологических характеристик личности как основа виктимного поведения студентов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10882 (дата обращения: 08.11.2019).

20. Субботина Р.А. Личностные детерминанты виктимного поведения юношей и девушек // Интеграция образования. 2016. Т. 20. № 1. С. 51–62.

УДК 372.881.1:004

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ MOODLE ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

Дубских А.И., Кисель О.В., Бутова А.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: lina_masu@mail.ru

Для современной российской системы образования характерно активное использование информационно-коммуникационных технологий в учебно-воспитательной и научно-исследовательской деятельности. Им отдается предпочтение и в обучении иностранным языкам, ведущая роль которых в различных сферах деятельности повсеместно признана. Владение иностранными языками отличает ведущих специалистов профессиональных отраслей и является обязательным пунктом в анкетах будущих. Знание иностранных языков обеспечивает им возможность общения с зарубежными партнерами по профессиональным вопросам, работы с информационными источниками на иностранных языках, участие в международных проектах, выставках, конференциях. В данных обстоятельствах совершенствование процесса преподавания иностранных языков в вузе представляет собой один из центральных аспектов методико-педагогических вопросов. Цель статьи заключается в описании возможностей электронной образовательной платформы Moodle в обучении иностранным языкам в неязыковых вузах. Наличие информационно-коммуникационной среды является определяющим условием для успешного использования технологии E-learning. Наиболее распространена в российских вузах виртуальная система управления обучением Moodle, которая как нельзя лучше обеспечивает плодотворное изучение студентами иностранных языков. Актуальность данной работы несомненна, так как современные педагоги высшей школы находятся в постоянном поиске более эффективных подходов в преподавании иностранных языков и в процессе создания электронной образовательной среды, которая предоставила бы обучающимся возможность доступа к различным источникам информации, помогла удовлетворить интересы современного студента.

Ключевые слова: модернизация образования, информационные и коммуникационные технологии, электронная обучающая платформа Moodle, электронный учебно-методический комплекс, электронный учебный курс, обучение иностранному языку

MOODLE ELECTRONIC EDUCATIONAL ENVIRONMENT OPPORTUNITIES FOR TEACHING FOREIGN LANGUAGES

Dubskikh A.I., Kisel O.V., Butova A.V.

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

The modern Russian education system is characterized by the increased ICT use in educational and research activities. ICTs are also preferred in foreign languages teaching, as their leading role in various fields of activity is widely recognized. Proficiency in foreign languages distinguishes leading experts in professional sectors and is a mandatory part in future profiles. Foreign language proficiency provides them with the opportunity to communicate with foreign partners on professional issues, work with information sources in foreign languages, and participate in international projects, exhibitions, conferences. In these circumstances, improving the process of teaching foreign languages at a university is one of the central aspects of methodological and pedagogical issues. The purpose of the article is to describe the Moodle (electronic educational platform) capabilities in teaching foreign languages in non-linguistic universities. The availability of IC environment is an essential condition for the successful E-learning technology use. The virtual learning management system Moodle is most common in Russian universities. It provides the best possible way for students to learn foreign languages. The relevance of this paper is undeniable, since modern higher education teachers are in permanent search for more effective approaches in teaching foreign languages and in the process of creating an electronic educational environment that would provide students with the opportunity to access various sources of information, and help to satisfy a modern student's interests.

Keywords: education modernization, information and communication technologies, virtual educational environment Moodle, e-learning complex, e-learning course, foreign languages training

Совершенствование технических устройств для электронной связи, интернет-технологий нашло свое применение и в сфере образования. Это позволило модернизировать образовательный процесс, используя передовые ИКТ, разрабатывая и применяя новые методики преподавания. В частности, компьютеризация области коммуникации определяет новый уровень требований к владению английским языком, что обусловило изменения в определении целей и задач его изучения [1].

Внедрение новых ИКТ в учебный процесс способствовало его модернизации, позволило по-иному взглянуть на методический потенциал традиционных и возможности новых технологий, тем самым сделав изучение иностранного языка привлекательным для обучающихся.

Информационно-коммуникационные технологии представляют собой широкий спектр цифровых технологий, применяемых для создания, передачи и распространения информации и оказания услуг (компьютер-

ное оборудование, программное обеспечение, сотовая связь, электронная почта, сотовые и спутниковые технологии, сети беспроводной и кабельной связи, мультимедийные средства, а также интернет) [2–4].

Основная интенция современной образовательной системы, активно использующей ИКТ, заключается не в донесении до студентов информации в готовом виде, а в разъяснении преимуществ самостоятельной работы. Аудиторная работа также может осуществляться посредством интерактивных компьютерных программ [5; 6].

Применение ИКТ при обучении иностранному языку делает возможным презентовать изучаемые темы в наглядной и доходчивой форме. Кроме того, ИКТ способствует применению дифференцированного подхода к обучению, позволяющему студентам выполнять задания и изучать новый материалом в удобном для них темпе [7]. Также компьютерные обучающие программы применяют для тренировки различных видов речевой деятельности, знакомства с лексическими, грамматическими явлениями, развития коммуникативных компетенций, моделирования определенных ситуаций общения [8].

Цель исследования: рассмотреть потенциал ИКТ в обучении иностранным языкам в вузе, а также особенности разработки и использования ЭУМК по иностранным языкам в учебном процессе.

Поставленные цели достигаются за счет совокупности теоретических и эмпирических методов исследования: теоретического анализа литературы по теме, наблюдение за результатами работы студентов в электронной образовательной среде Moodle.

Результаты исследования и их обсуждение

В вузах России широкое распространение получили системы управления обучением Learning Management Systems (LMS), одной из самых популярных открытых информационных систем является система Moodle [9; 10]. Это виртуальная обучающая среда, позволяющая мониторить образовательный процесс, создавать и управлять учебными курсами и организовывать полноценную рабочую зону как для преподавателей, так и для студентов [11, с. 11].

Среди основных функций электронной образовательной среды Moodle можно выделить следующие:

– разработка электронных учебно-методических комплексов;

– применение различных электронных ресурсов в учебном процессе как на лекционных и практических занятиях, так и для самостоятельной работы;

– налаживание коммуникации между педагогом и обучающимися в онлайн-режиме для совместного решения учебных задач во время как аудиторной, так и внеаудиторной работы [12];

– хранение и передача информации различного вида;

– разработка системы заданий для проверки усвоения материала;

– возможность оставления более поздних тем и возвращения к ним позднее.

Используя широкий спектр ресурсов системы Moodle, авторы статьи разработали ряд электронных учебно-методических комплексов по иностранным языкам (английскому, немецкому, французскому), каждый из которых включает образовательный контент, блок для контроля знаний, гиперссылки на веб-сайты и интернет-ресурсы, рекомендуемую литературу [1].

Основными направлениями применения данного комплекса являются:

– поддержка очной и очно-заочной форм обучения;

– проведение олимпиад, конкурсов, викторин по английскому языку;

– проведение компьютерного тестирования [13].

Целью разработанных ЭУМК является развитие профессионально-иноязычной коммуникативной компетентности и всех ее составляющих, а именно: приобретение знаний о системе языка, овладение всеми видами речевой деятельности на иностранном языке, владение коммуникативными навыками, позволяющими свободно изъясняться на иностранном языке в личной и профессиональной сферах общения, знакомство с особенностями этикета стран изучаемого языка, а также с лингвострановедческими реалиями, умение адекватно выстраивать поведение в различных ситуациях межкультурной коммуникации [14, 15].

Содержание ЭУМК отражает требования балльно-рейтинговой системы, деятельностного и коммуникативного подходов к обучению бакалавров. В названном курсе применяются современные технологии E-learning, обеспечивающие реализацию индивидуальных учебных траекторий под непрерывным руководством преподавателя и повышающие успешность процесса обучения иностранному языку [12].

Каждый ЭУМК выстроен в соответствии с заявленными темами и состоит из следующих обязательных разделов:

– введение, имеющее организационно-методический характер. К данному разделу относится справочный блок, где размещается информация о предстоящих этапах, делах, встречах и мероприятиях, которые

предстоят студентам в процессе учебы в вузе; определяются основные векторы и желаемые результаты обучения, которых предстоит достичь уже бывшим абитуриентам; даются разъяснения об актуальных методах обучения, а также инструкции по работе в системе Moodle; представлена РПД, в которой можно познакомиться с содержанием разделов дисциплины, обязательной и дополнительной литературой и другими информационными источниками, видами контроля и примерными заданиями для них;

– в информационно-справочном разделе содержится контент учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины, гиперссылки на интернет-источники и электронные библиотеки;

– в основной раздел включены тщательно отобранные материалы по всем дидактическим единицам;

– в проверочный раздел входят задания для проведения входного, текущего, рубежного контроля, материалы для проведения промежуточной аттестации учащихся (зачет/экзамен).

Таким образом, в распоряжении педагога находится широкий арсенал средств для выстраивания учебного процесса обучающихся иностранному языку, он может использовать такие элементы курса, как форум, глоссарий, лекция, задание, тест. Для достижения определенных задач занятий возможно различное сочетание элементов курса.

Каждая тема электронного учебного курса обладает четкой структурой: Каждая тема содержит «Глоссарий», включающий слова и выражения по заявленной теме, освоение которых позволит студентам свободно изъясняться по ней. Преимуществом данного элемента является возможность обучающихся активно участвовать в разработке и корректировке «Глоссария» путем дополнения в перечень лексических единиц, которые, по их мнению, необходимы для освоения темы. Это содействует лучшему усвоению новой и закреплению уже известной лексики. Так, при изучении темы «Great Britain» после прочтения текста «Russia and Great Britain compared to each other» студентам предлагается добавить лексику в глоссарий по теме. Далее все заявленные в глоссарии слова и выражения система выделяет в материале по теме. Это привлекает к ним внимание студентов, облегчая их запоминание. Кроме того, студенты имеют возможность проследить, как и в каком контексте могут употребляться данные лексические единицы.

Для изучения иностранного языка самостоятельно как нельзя лучше подходит элемент «Лекция». Здесь студенты могут познакомиться с материалом по грамматическим явлениям, страноведческим реалиям, основам аннотирования текста и правилам оформления писем различного вида на изучаемом языке.

Наибольший эффект данного инструмента студенты демонстрируют при изучении и повторения грамматического материала. Например, лекции по таким грамматическим темам, как «Пассивный залог», «Модальные глаголы», «Предлоги», разработанные в системе Moodle в рамках изучения дисциплины «Иностранный язык». Настройки системы позволяют задавать такой режим работы, при котором студенты имеют возможность осваивать материал в удобное для них время и подходящем темпе. Для инициирования общения со студентами и контроля понимания пройденной темы преподаватель в конце каждой лекции приводит список вопросов. Для того, чтобы перейти к следующему разделу лекции, обучающийся должен продемонстрировать степень и качество усвоенного материала. С этой целью он должен выполнить ряд заданий и ответить на вопросы. Причем перейти к следующему вопросу он может только правильно ответив на предыдущий. Иначе студенту предлагается еще раз изучить материал и повторно проделать задание.

В нашей практике наиболее часто используемым элементом, как на практических, так и на внеаудиторных занятиях, является «Задание». Он подходит и для работы над лексическим и грамматическим материалом, и для отработки навыков чтения и аудирования, или представляет собой микс различного вида заданий. Так, по окончанию прослушивания или прочтения текста студенту может быть предложено сделать лексико-грамматическое упражнение. Одним из условий проверки понимания содержания текста является выполнение коммуникативных упражнений, завершающим этапом проделанной работы может выступить задание творческого типа (например, презентаций). Далее обучающиеся используют возможности элемента «Форум», куда они могут загрузить свои работы. На «Форуме» осуществляется групповая работа под руководством педагога. Они могут ознакомиться с рефератами, аннотациями, презентациями своих одногруппников, оценить их, оставить свой комментарий. Так, по завершению изучения темы «Мир вокруг меня» студент должен представить презентацию «Страна, в которой я хочу побывать». Однако помимо размещения презентации на «Форуме» ему необходимо было познакомиться с работами других студентов и оценить их. Для этого

разработчиками курса предлагались критерии оценки и речевые клише, с помощью которых обучающиеся должны были написать соответствующий комментарий.

Еще одна востребованная возможность «Форума» – получение консультации преподавателя по возникающим у студентов вопросам в дистанционном режиме.

Для осуществления контроля пройденного материала существует элемент «Тест». Однако разработчики курса уверены, что он может быть использован не только в контролирующей функции, но и задействован в учебном процессе. Исходя из цели теста, производятся его настройки: задаются баллы, количество попыток, время и сроки выполнения и т.п. Если тест предназначается для обучающих целей, то время на его прохождение может быть не ограничено и предоставлено несколько попыток. Студенты получают возможность ознакомиться со своими ошибками, сделать соответствующие выводы, более тщательно изучить материал, а затем выполнить тест еще раз. После прохождения нескольких попыток в журнал оценок будет занесена средняя.

Возможности электронной образовательной среды Moodle позволяют, таким образом, как осуществлять контроль над степенью усвоения пройденного материала, так и оценивать результаты, восполнять пробелы по теме.

Кроме того, при разработке ЭУМК по иностранным языкам авторы создали системы тестов, включающих в себя задания различного уровня сложности. Так, начальный уровень тестирования предлагает студентам вопросы типа «истинно/ложно», «соотнесите», «выберите все верные варианты ответа», «расположите все части в верной последовательности». Данные задания рассчитаны на проверку усвоения лексико-грамматического и страноведческого материала, прочитанной или прослушанной информации.

В вопросах тестов второго уровня сложности предлагается самостоятельно продолжить/закончить предложения или высказывания. Варианты ответа при этом отсутствуют. К вышеупомянутым дидактическим единицам здесь добавляются вопросы на речевой этикет и письмо.

На финальном этапе студенты должны выполнить творческие задания, например дать характеристику, высказать мнение, написать эссе.

Использование элемента «Тест» имеет большое значение для преподавателя, поскольку, с одной стороны, проверка результатов осуществляется в автоматическом режиме, что значительно экономит время, с другой – все они заносятся и хранятся в журнале оценок, что обеспечивает их прозрачность и объективность.

Выводы

Применение возможностей обучающей платформы Moodle для преподавания иностранных языков сделало этот процесс отвечающим требованиям современного образования, актуальным и привлекательным для студентов, экономичным и эффективным для преподавателей. Авторы-разработчики ЭУМК по иностранным языкам на платформе Moodle отметили ряд ее достоинств:

– модернизация процесса обучения и организация продуктивной самостоятельной работы студентов, изучающих иностранный язык;

– совершенствование образовательного контента по иностранным языкам, появление обширных информационных ресурсов. Система Moodle способствует решению вопроса снабжения обучающихся актуальными и современными методическими материалами, находящимися в их распоряжении благодаря электронной форме;

– флексибильность и доступность процесса обучения ввиду того, что студенты могут обращаться к ЭУМК в любое время и в любом месте. Таким образом, обучающиеся имеют возможность выстраивать учебный процесс в удобном для них режиме;

– дифференцированный подход к обучению. Благодаря системе Moodle студенты с различным уровнем подготовки и сформированности языковой компетенции могут сами выбирать темп изучения того или иного раздела, после прохождения тестирования проанализировать и скорректировать ошибки. Все это создает комфортную атмосферу и увеличивает эффективность обучения;

– работа в системе Moodle не только способствует развитию у студентов иноязычной компетенции с опорой на актуальные современные методические ресурсы, но и воспитывает у них такие качества, как ответственность, самостоятельность, стимулирует творческую активность;

– возможности платформы Moodle позволяют создать объективную систему оценивания работ. Вы выполненные студентами задания и полученные ими оценки заносятся и хранятся в «Журнале оценок», в котором обучающиеся и преподаватели могут отследить динамику успеваемости.

Список литературы

1. Butova A.V., Dubskikh A.I., Kisel O.V., Chigintseva E.G. Electronic Educational Environment Moodle in English Language Training. Arab World English Journal. 2019. vol. 10. no. 1. P. 47–55.

2. Paulson E. Beyond the online course: Leadership perspectives on e-learning. International Review of Education. 2018. vol. 64. no. 2. P. 279–281.

3. Bordalba M.M. Access and Digital Literacy: Barriers of the Integration of ICT in Family/School Communication. Journal of Educational Research. 2018. vol. 36. no. 1. P. 239–257.

4. Подопригорова Л.А. Использование интернета в обучении иностранным языкам // Иностранные языки в школе. 2003. № 5. С. 25-–31.

5. Azman H., Dollsaid N.F. Applying Massively Multiplayer Online Games (MMOGs) in EFL Teaching. Arab World English Journal. 2018. vol. 9. no. 4. P. 3–18.

6. Caridad M., Castellano M., Cardeño N. ICT´s integration on college pedagogy: challenging goal to be achieved. Espacios. 2019. vol. 40. no. 12. [Electronic resource]. URL: http://www.revistaespacios.com/a19v40n12/19401204.html (date of access: 15.11.2019).

7. Lomakina E.A., Dubskikh A.I., Kisel O.V., Butova A.V., Potrikeeva E.S. Differentiated Approach as a Factor on Development of Students' Professional Communicative Competence. Amazonia Investiga. 2019. vol. 8. no.19. P. 287–297.

8. Широколобова А.Г., Губанова И.В. Содержание и структура электронного учебно-методического комплекса дисциплины «Иностранный язык» // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2017. № 1–1 (67). С. 212–216.

9. Бехтерев А.Н., Логинова А.В. Использование системы дистанционного обучения «Moodle» при обучении профессиональному иностранному // Открытое образование. 2013. № 4 (99). С. 91–97.

10. Рыманова И.Е. Использование среды Moodle для обучения профессиональному иностранному языку студентов технического вуза // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2013. № 11–2 (29). С. 164–167.

11. Хусаинова А.А. Педагогические условия использования системы Moodle в организации самостоятельной работы при обучении иностранному языку студентов экономических специальностей // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). 2013. № 2. [Электронный ресурс]. URL: http://journal-s.org/index.php/sisp/article/view/2201337 (дата обращения: 28.06.2019).

12. Минеева О.А., Даричева М.В. Использование системы Moodle в процессе обучения иностранному языку студентов неязыковых специальностей // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. 2015. № 4 (23). С. 132–136.

13. Дырдина Е.В., Запорожко В.В., Кирьякова А.В. Информационно-коммуникационные технологии в компетентностно-ориентированном образовании: уч. пособие. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2012. 227 с.

14. James J. ICT Integration in Academic Writing: An Experiment in Blended Learning. Arab World English Journal. 2016. vol. 7. no. P. 336–355.

15. Дубских А.И. Особенности профессионально-ориентированного обучения иностранному языку в техническом вузе // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: тезисы докладов 77-й Международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. Т. 2. С. 377.

УДК 796.2

ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОПЫТА В МЕТАНИИ ДРОТИКОВ В ИГРЕ В ДАРТС

Зенкова Т.А.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, e-mail: zata-70@mail.ru

В представленной статье рассмотрено влияние использования импульсов компонента крутящего момента во время броска дротика у профессионалов и новичков. Участники непрерывно бросали дротики в мишень, стремясь к центру. Импульсы крутящего момента сустава верхней конечности в качестве входных данных были получены с помощью обратной динамики с использованием антропометрических данных и данных броска дротика и последующего движения. В зависимости от степени свободы сустава и фазы движения (ускорение и проведение) были выделены три основные стратегии генерации импульса крутящего момента посредством импульсов крутящей мышцы сустава и взаимодействия. Во-первых, наши результаты показали, что степень свободы сустава, а именно сгибание-разгибание локтя ведет к движению в соответствии с гипотезой ведущего сустава. Затем, учитывая фазу ускорения, анализ выявил различия в показателях импульсов крутящего момента между профессионалами и новичками. В процессе взаимодействия, в случае уменьшения – амплитуды плечевого сустава и сгибания запястья импульс крутящего момента положительно влиял на импульс крутящего момента суставов в группе профессионалов, в отличие от новичков. Это позволило снизить необходимый импульс мышечного крутящего момента на тех же движениях. Кроме того, осевое вращение плечевого сустава активно контролировалось импульсом мышечного момента в группе профессионалов. Сравнение между профессионалами и новичками посредством обратной динамики документирует связь между использованием импульсов моментов взаимодействия и опытом в метании дротиков, для которых главной целью является точность, а не скорость. В зависимости от спортивной подготовки цель и оптимизированные биомеханические параметры различаются.

Ключевые слова: импульс, профессионалы, новички, дартс, динамика, антропометрические показатели, бросок, дротик, взаимодействие

INFLUENCE OF INTERACTION PULSES OF OPTIMIZED BIOMECHANICAL PARAMETERS AND EXPERIENCE IN DROTICS THROWING IN DARTS GAME

Zenkova T.A.

Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, e-mail: zata-70@mail.ru

The paper reviewed the impact of using torque component pulses during drotic throwing in experts and novices. Participants continuously threw dart at darts, aiming for the center. The torque pulses of the upper limb joint as input were obtained by reverse dynamics using anthropometric data and drotic throw data and subsequent movement. Depending on the degree of joint freedom and motion phase (acceleration and conduction), three main strategies for generating torque momentum through joint torsion muscle pulses and interaction were identified. First, our results showed that the degree of freedom of the joint, namely flexion-extension of the elbow, leads to movement according to the hypothesis of the leading joint. Then, given the acceleration phase, the analysis revealed differences in torque pulse performance between professionals and beginners. In the process of interaction, in the case of shoulder joint decrease-amplitude and wrist flexion, torque momentum positively affected joint torque momentum in a group of professionals as opposed to newcomers. This reduced the required muscle torque momentum on the same movements. In addition, the axial rotation of the shoulder joint was actively controlled by the impulse of muscle moment in a group of professionals. Comparison between professionals and beginners through reverse dynamics documents the link between the use of interaction moment pulses and experience in throwing dart, for which the main goal is accuracy rather than speed. Depending on sports training, the goal and optimized biomechanical parameters differ.

Keywords: impulse, professionals, beginners, darts, dynamics, anthropometric indicators, throw, dart, interaction

Современное общество развивается со стремительной скоростью. Спорт не стоит на месте, возникают все новые и новые виды спорта. Возникший много веков назад стрелковый спорт также вносит свои коррективы. Из стрельбы из лука появилась новая игра – дартс. Первые турниры по игре в дартс в качестве спортивного мероприятия проходили в Британии, они представляли собой лучные учения. Укоротив стрелы, участники состязались в метании в прибитый к стене деревянный брусок. В настоящее время это динамично развивающаяся игра, как на любительском, так и профессиональном уровне. Проведя анализ литературных источников, можно констатировать, что данной литературы очень мало и нет единого понимания в подготовке дартсмена [1, 2]. В дартс основным техническим элементом является бросок дротика и его фазы. В броске с использованием чрезмерного усилия эффективно использование

моментов немышечного взаимодействия, которое в свою очередь зависит от фазы броска [3] и является ключевым фактором в создании динамического движения конечности для максимизации скорости руки [4, 5].

Цель работы: определить вариации базовой динамики начинающих и опытных дартсменов с использованием оптимального захвата движения.

Исследования, проведенные на 2D-моделях, показали, что взаимодействие в локтевом суставе, благодаря проксимальным движениям сустава и тяговым усилиям мышцы, способствует его ускорению, в то время как взаимодействие уравновешивается в запястье тяговым усилием мышц (М) для точного контроля времени выпуска мяча. Другие исследования, посвященные 3D-моделированию и опытным игрокам в бейсбол, показали наличие сгибания немышечного взаимодействия на запястье из-за движений туловища, плеч и мышечных моментов. Кроме того, торможение движения плеча способствует ускорению локтя, а поздний мышечный импульс в локте помогает тормозить его движение. Этот момент немышечного взаимодействия – ВЗД также важен во время таких движений, как выброс дротика, выполняемый с выбранной скоростью. Следовательно, возникает вопрос, может ли ВЗД быть маркером опыта в метаниях, таких как метание дротиков, для которых максимальная скорость не является основной целью. Было показано, что ВЗД в локте положительно коррелирует с производительностью, подчеркивая важность динамического взаимодействия.

Методы. Восемь участников-новичков мужского пола (возраст = 24 ± 2 года; рост = 1,80 ± 0,05 м; вес = 73 ± 8,8 кг) и тринадцать опытных игроков в дартс мужчин (возраст = 34 ± 10 лет; рост = 1,80 ± 0,08 м; вес = 90,5 ± 18,2 кг) были набраны дляучастия в эксперименте. Все участники были правши. Участники были свободны от сенсорных, соматических и моторных (плечо, локоть и запястье) расстройств и не осведомлены о цели эксперимента. Новички не имели особого опыта в метании дротиков и играли в дартс всего несколько раз. До этого профессионалы выступали в чемпионате области и России по метанию дротиков. Их опыт игры в дартс варьировался отчетырех до двадцати лет.

Согласно правилам Всемирной федерации дартс, горизонтальное расстояние между передней частью доски и любой частью обуви было не менее 2,37, а центр доски находился на высоте 1,73 м над полом. Новички в дартс выполняли броски дротиков с тех же стандартов (вес 20 гр.) и не было дано никаких инструкций о том, как должно быть задание выполнено, за исключением того, что общая поза броска и техника не должны изменяться на протяжении всего испытания. Профессионалы играли с личными дротиками, чтобы избежать нарушений в их исполнении. После 10-минутной разминки каждому испытуемому было поручено выполнить 10 бросков дротиков, целясь на центр. Перед записью сеанса новички выполнили десять серий из трех дротиков – 30 бросков, в то время как профессионалы оценивали их готовность.

Движение метания дротика состоит из четырех фаз: прицеливание, движение назад, ускорение и бросок. Задача состоит в том, чтобы сосредоточиться на цели. За этим следует обратное движение, при котором локоть слегка сгибается. В конце первой фазы скорости суставов верхних конечностей равны нулю. Начало фазы ускорения совпадает с движением из сгибания до разгибания в локтевом суставе, которое заканчивается моментом освобождения дротика (МОД) [6]. Последовательность соответствует концу движения руки, во время которого суставные движения замедляются, а потом останавливаются.

Мера производительности. Положение дротика на мишени оценивалось от 1 до 10 в зависимости от его близости к центру мишени. Оценка десяти бросков была усреднена. Движения регистрировались с помощью восьмикамерной системы захвата движения VICON (Mcam2) с частотой 250 Гц. Участники носили семнадцать маркеров на правой верхней конечности и туловище. Кроме того, три технических маркера были размещены на предплечье и руке. Полученные данные низкочастотные, фильтруются при 20 Гц с использованием фильтра Баттерворта 2-го порядка. Проведено исследование, принятое для определения углов суставов (сгибание – разгибание плечевого сустава, приведение-отведение, внутренне-внешнее вращение, сгибание локтя, пронация-супинация предплечья, локтевое отклонение запястья и сгибание-разгибание) и позиции в центре [7, 8].

Обратная динамика движения дротиков оценивалась путем определения временных рядов тягового усилия (ТУ), взаимодействия (ВЗД), импульса мышцы сустава (М) и крутящего момента под действием силы тяжести (СТ). Семь степеней свободы суставов верхней конечности: плечевой сустав (П), сгибание-разгибание (СР), отведение-приведение (ОП) и осевое вращение (ОВ), сгибание-разгибание локтя (СРЛ), пронация-супинация (ПС), предплечье (ПП), за-

пястный сустав (З), локтевое отклонение (ЛО) запястья и сгибание-разгибание были определены на основе предварительных исследований. Затем совместный момент времени серии был рассчитан с использованием рекурсивного метода Ньютона – Эйлера [9]. Масса участников и длина сегментов были получены из оптоэлектронной системы и антропометрических данных (т.е. масса сегментов, положение центра масс и матрицы инерции). Сустав угловой скорости и ускорения были получены путем численного дифференцирования углов сустава по времени и ТУ, ВЗД. Импульсы М и СТ оценивались путем численного интегрирования временных рядов крутящего момента во время ускорения и последующего контроля фазы. Эта процедура позволила суммировать вклад различных компонентов крутящего момента во время полного движения фазы вместо учета значений крутящего момента в отдельные моменты времени. Это позволило детально рассмотреть позицию каждого крутящего момента и компонент. Совместные импульсы крутящего момента, полученные из расчета обратной динамики, были рассчитаны для каждого испытания, а затем усреднены для каждого испытуемого [10].

Статистический анализ *t*-критерия Стьюдента для независимых выборок проводился между новичками и профессионалами. Показатели нормы проверялись с помощью критерия Шапиро – Уилка, а однородность отклонений – с помощью критерия Левена. Зависимыми переменными были: время движения, амплитуда совместного движения, импульсы ТУ, ВЗД, М и СТ в каждом суставе во время ускорения и последующей фазы. Уровень значимости был установлен на уровне 0,05.

Результаты. Профессионалы были значительно старше новичков (среднее = 34 ± 10 против среднего = 24 ± 2 года, $t = 2,77$, $p < 0,02$). Мера производительности. Все профессионалы выполнили броски, которые достигли либо центра (оценка 10), либо, по крайней мере, первого круга (оценка 9). Средний балл новичков был 5,60, а стандартное отклонение было 2,39. Таким образом, был сделан вывод, что профессионалы имели лучшие показатели, чем новички.

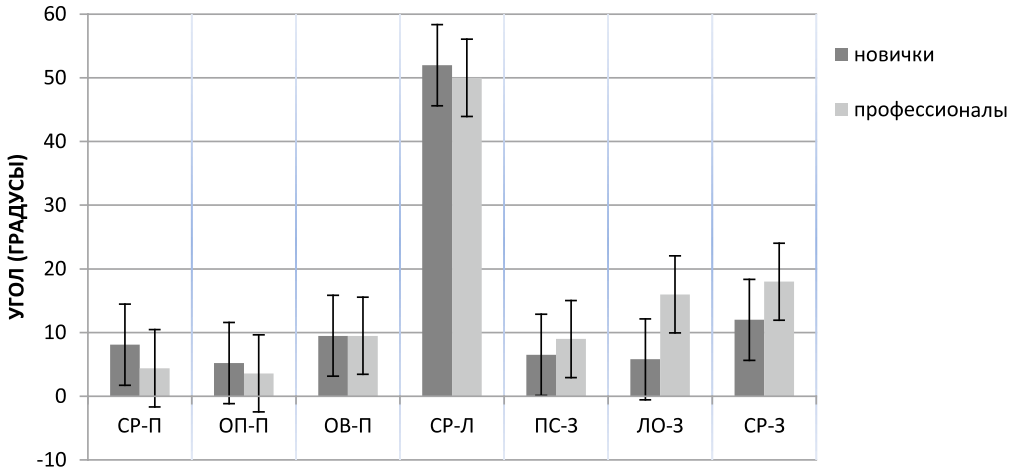
Кинематика движения. Продолжительность фазы ускорения существенно не отличалась между профессионалами и новичками (среднее значение = 67 мс ± 18 мс для профессионалов – среднее значение = 62 мс ± 11 мс для новичков, $t = –0,69$, $p < 0,05$), и для профессионалов сравнение было более продолжительным, чем у новичков (среднее = 63 мс ± 12 мс против среднего = 51 мс ± 6 мс, $t = –2,41$, $p < 0,03$). Во время фазы ускорения профессионалы показали более низкую амплитуду сгибания в плечевом суставе (среднее значение = 4,4 ° ± 3,8 против среднего = 8,7 ° ± 4,5 °, $t = 2,33$, $p < 0,05$) и увеличение локтевого отклонения запястья (среднее = 15,8 ° ± 4,6 ° против среднего значения = 5,6 ° ± 1,5 °, $t = –5,96$, $p < 0,05$). Никаких существенных различий не было выделено для других степеней свободы (рисунок, А).

Что касается последующего, осевое вращение плечевого плеча (среднее = 15,6 ° ± ± 8,2 ° против среднего = 6,6 ° ± 3,8 °, $t = –2,90$, $p < 0,05$) и локтевое отклонение запястья (среднее = 18,0 ° ± 8,3 ° против среднего = 4,0 ° ± 1,7 ° против $t = –4,65$, $p < 0,05$) было больше для профессионалов в сравнении с новичками. Разница между профессионалами и новичками не достигла уровня значимости для плечевого пояса. Сгибание (среднее = 38,0 ° ± 16,0 ° против среднего = 25,5 ° ± 7,3 °, $t = –2,06$, $p > 0,05$). Амплитуда совместного движения незначительно отличается для других суставов (рисунок, Б).

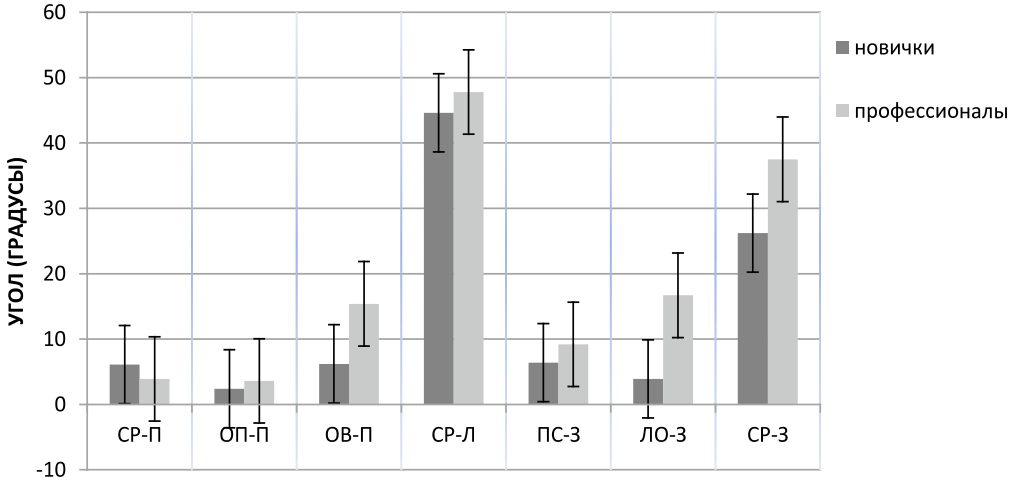
Целью данной работы было изучение различий в использовании динамического тягового усилия между профессионалами и новичками во время метания дротиков. Основной вывод настоящего исследования соответствовал нашей гипотезе о том, что профессионалы, в отличие от новичков, используют взаимодействие импульсов крутящего момента более эффективно. Во время фазы ускорения профессионалы, как правило, использовали кинематику цепи на обоих плечевых суставах (сгибание-разгибание и отведение-приведение) и запястье (сгибание-разгибание), в то время как такая стратегия была найдена только для плечевого сгибания-разгибания у новичков.

Ведущая гипотеза суставов предполагает, что одна степень свободы в кинематической цепи доминирует над другой и формирует движение с помощью моментов взаимодействия, возникающих из него. В этом случае ведущим суставом является тот, для которого должен быть импульс крутящего момента – тяговое усилие (ТУ) преимущественно к действию крутящей мышцы сустава (М), которое генерирует его движение. Для быстрых движений, для которых максимум необходима скорость, проксимальная глубина резкости часто лидирует из-за относительно высокой инерции и повышенной мускулатуры. В текущем исследовании определено, что сгибание-разгибание локтя является веду-

щей степенью свободы, так как во время фазы ускорения импульс крутящего момента мышцы (М) вносит значительный вклад в импульс крутящего момента тягового усилия (ТУ), тогда как импульс взаимодействия (ВЗД) по сравнению с ним является низким. Такое же поведение наблюдалось для двух групп. Однако во время фазы ускорения движения в осевом вращении плечевого сустава преобладают в группе экспертов. Учитывая время начала мышечной активности из анализа импульсов восьми мышц верхней конечности, предыдущее исследование показало, что проксимально-дистальное движение не наблюдается во время метания дротика, поэтому подтверждается гипотеза о локтевом суставе как ведущем суставе. Исследования, анализирующие модели 2D на движение руки, при котором учитывались только суставы локтя и запястья, показали аналогичные результаты с локтем, при котором расширение импульса крутящего момента связано преимущественно с мышечным крутящим моментом. Хотя амплитуды сустава были относительно низкими в плечевом суставе, в настоящем исследовании рассматриваются трехмерные безостановочные движения, включающие суставы плеча, локтя и запястья. Следовательно, можно констатировать, что локоть ведущего сустава можно рассматривать как особую характеристику метания дротиков.



А)



Б)

Рис. 1. Сравнение НОВИЧКОВ и ПРОФЕССИОНАЛОВ по амплитудам углов сустава верхней конечности. А) фаза ускорения, Б) последующая фаза: П – плечевой сустав, Л – локтевой сустав, З – сустав запястья, СР – сгибание-разгибание, ОП – отведение-приведение, ОВ – осевое вращение, ПС – пронация-супинация, ЛО – локтевое отклонение

Динамика движения. Импульсы крутящего момента. Показатель нормы проверялся с помощью теста Шапиро – Уилка и однородности отклонений тестом Левена. Переменные: время движения, амплитуды совместного движения, ТУ, ВЗД, М и СТ-импульсы на каждой фазе одной степени свободы сустава в течение фазы ускорения и последующей фазы. Уровень значимости устанавливают равным 0,05. Размер эффекта оценивали с помощью Ходжа из-за того, что размеры образцов были разными. Различия между новичками и профессионалами в отношении исследуемых параметров представлены в таблице.

Сравнение импульсов крутящего момента в фазе ускорения и последующей фазе

фазы / импульсы			Фаза ускорения							Последующая фаза						
			Плечевого сустава			Локтевого сустава		Лучезапястного сустава		Плечевого сустава			Локтевого сустава		Лучезапястного сустава	
			СР	ОП	ОВ	СР	ПС	ЛО	СР	СР	ОП	ОВ	СР	ПС	ЛО	СР
М	нов	M	–0,05	**0,6**	**0,19**	–1,51	**–0,02**	0,02	**0,03**	0,42	**–0,41**	**–0,05**	0,96	0,02	–0,02	–0,07
	проф	S	1,00	**0,23**	**0,28**	0,37	**0,02**	0,008	**0,02**	0,77	**0,22**	0,16	0,18	**0,01**	0,01	0,02
		M	0,66	–0,01	–0,35	–1,48	–0,04	0,03	**0,01**	0,23	**0,35**	**0,32**	0,96	0,04	–0,03	–0,07
		S	0,80	**0,59**	**0,35**	0,48	**0,02**	0,03	**0,02**	0,49	**0,5**	**0,12**	0,34	0,01	0,01	0,02
		t	–1,73	**2,62**	**3,57**	–0,16	**2,82**	–0,77	**2,19**	0,67	**–3,8**	**–5,92**	–0,01	–3,43	1,19	–0,004
		p	0,10	**0,02**	**0,002**	0,88	**0,01**	0,45	**0,04**	0,51	0,001	0,001	0,99	0,003	0,25	1,00
		g	0,81	**1,23**	**1,67**	0,07	**1,32**	0,36	**1,03**	0,32	**1,78**	2,78	0,002	1,61	0,56	0,002
Т У	нов	M	0,82	0,39	**0,05**	–1,59	–0,005	0,021	**0,002**	–1,71	–0,63	–0,01	1,34	–0,01	–0,001	–0,001
	проф	S	0,39	0,32	**0,15**	0,33	0,001	0,008	**0,002**	0,81	**0,53**	**0,14**	0,24	0,001	0,004	0,002
		M	0,89	0,72	**–0,32**	–1,65	–0,004	0,03	**0,01**	–1,63	–1,28	0,24	1,59	–0,01	–0,003	**–0,01**
		S	0,55	0,39	**0,17**	0,54	0,001	0,03	**0,002**	0,83	**0,59**	**0,15**	0,45	0,001	**0,001**	**0,002**
		t	–0,32	–1,88	**4,67**	0,26	0,46	–0,77	**–3,63**	–0,22	**2,41**	**–3,54**	–1,39	–0,38	**5,76**	**4,32**
		p	0,75	0,08	**0,002**	0,79	0,65	0,45	**0,002**	0,83	**0,03**	**0,002**	0,18	0,71	**0,002**	**0,004**
		g	0,15	0,88	**2,19**	0,12	0,22	0,36	**1,70**	0,10	**1,13**	**1,66**	0,65	0,18	**2,70**	**2,02**
ВЗД	нов	M	1,28	**–0,1**	–0,18	–0,13	**0,02**	–0,02	**–0,02**	–1,66	**–0,11**	0,02	0,47	–0,02	0,02	0,07
	проф	S	0,92	**0,38**	0,15	0,04	**0,01**	0,007	**0,02**	0,66	**0,6**	0,09	0,28	**0,01**	0,01	0,02
		M	0,83	**0,86**	–0,03	–019	**0,04**	–0,028	**0,002**	–1,12	–1,48	–0,1	0,79	–0,04	0,02	0,06
		S	0,55	**0,58**	0,32	0,18	**0,02**	0,029	**0,02**	0,73	**0,65**	0,15	0,34	0,01	0,01	0,02
		t	1,37	**–3,9**	–1,14	0,88	**–2,66**	0,72	**–2,75**	–1,63	**4,58**	1,85	–2,15	**3,34**	–0,39	0,81
		p	0,19	**0,001**	0,27	0,39	**0,02**	0,48	**0,01**	0,12	**0,002**	0,08	0,04	0,04	0,70	0,43
		g	0,64	**1,83**	0,53	0,41	**1,25**	0,34	**1,29**	0,76	**2,15**	0,87	1,01	1,57	018	038
СТ	нов	M	–0,41	–0,1	0,04	**0,05**	0,001	–0,001	–0,005	**–0,48**	–0,11	0,02	–0,09	0,01	**0,001**	**0,001**
	проф	S	0,12	0,06	0,03	**0,03**	0,001	0,001	0,002	**1,10**	0,06	0,02	0,02	0,02	**0,001**	**0,001**
		M	–0,6	–0,13	0,07	**0,02**	0,002	–0,001	–0,006	**–0,74**	–0,16	0,01	–0,16	0,001	**0,004**	**0,003**
		S	0,27	0,07	0,05	**0,03**	0,002	0,001	0,002	**0,25**	0,09	0,03	0,05	0,001	0,002	0,002
		t	1,71	0,86	–1,38	**2,10**	–1,52	0,22	1,25	**2,65**	1,32	0,49	3,27	0,32	**–3,10**	**–3,57**
		p	0,10	0,40	0,19	**0,05**	0,15	0,83	0,23	**0,02**	0,2	0,63	0,004	0,75	**0,01**	**0,002**
		g	0,80	0,40	0,65	**0,99**	0,71	0,10	0,59	**1,24**	0,62	0,23	1,53	0,15	1,45	1,67

Примечание . Сравнение средних (М) и стандартных (S) импульсов М, ТУ, ВЗД и СТ крутящего момента при ускорении и далее через последующую фазу. Каждая панель соответствует одной степени свободы – суставу верхней конечности (плечевой сустав, локтевой сустав, лучезапястный сустав, СР – сгибание-разгибание, ОП – отведение-приведение, ОВ – осевое вращение, ПС – пронация-супинация, ЛО – локтевое отклонение.

Экспертиза и крутящий момент взаимодействия. Точный вклад немышечного импульса в динамику движения все еще обсуждается, потому что некоторые исследования утверждают, что импульс может быть резистивным или вспомогательным в зависимости от задачи или даже позы конечностей. Учитывая движение разложения по фазам, определение нескольких, предложена стратегия эксплуатации импульса крутящего момента, которая объединяет оба аспекта в едином представлении. Наши результаты показывают, что выбранные стратегии и, следовательно, использование взаимодействия различаются в зависимости от степени свободы и уровня знаний. Исследования показали, что увеличение мышечного момента в проксимальных суставах (туловище и плечо, но не в локте и запястье) используется для генерации соответствующего импульса для получения максимальной скорости руки. Наши результаты распространяют эти выводы на случай, когда максимальная скорость не является основной целью. В настоящем исследовании эксперты склонны использовать стратегии, соответствующие эффективному использованию импульса, которое положительно влияет на крутящий момент тягового усилия в плечевом суставе, а также на запястье во время фазы ускорения, в то время как импульс вносит больший вклад в торможение локтя во время выполнения в группе профессионалов. В плечевом суставе вклад импульса немышечного взаимодействия имеет тенденцию снижать необходимый импульс крутящего момента для выполнения движения отведения-приведения. Однако вклад импульса мышцы в управление осевым вращением плеча является преобладающим и совпадаетс низким импульсом. Предполагается, что механические свойства запястья человека являются основными детерминанта стратегии в этом суставе, которая является выгодной для поддержания стабильного состояния лучезапястного сустава в верхней части многосуставного движения и могут привести к чрезмерному разгибанию или сгибанию запястья. Тем не менее между группами не было выявлено различий между импульсами взаимодействия во время фазы ускорения в локте. В отличие от последующей фазы, во время которой больший импульс в локте у экспертов способствовал замедлению его сгибания по сравнению с новичками.

Заключение

Результаты нашего эксперимента показали, что новички и профессионалы представляют различия в использовании компонентов импульса крутящего момента верхней конечности во время метания дротика. Анализ импульсов крутящего момента выявил три основные стратегии в зависимости от степени свободы и фазы движения. Наши результаты показали, что классический проксимальный к дистальному импульсу не обязательно применять, так как степень свободы сгибания-разгибания локтя ведет движение в соответствии с гипотезой ведущего сустава. При детальном рассмотрении оказалось, что импульс для отведения-приведения плечевого сустава снижен, необходим мышечный импульс и сгибание запястья является заметным в группе профессионалов в отличие от новичков. Импульс преимущественно генерируется мышечным импульсом в группе профессионалов. Кроме того, в ходе последующих исследований у профессионалов выявлено, что импульс крутящего момента задействован более грамотно, чем у новичков, чтобы исключить увеличение движения локтя. В дополнение к деятельности, требующей высокой скорости, такие как бросок в верх мишени, текущие результаты расширяют наблюдения, что опытное использование импульсов немышечного взаимодействия является важной характеристикой квалифицированных спортсменов в случае метания дротиков, для которых точность является наиболее важной составляющей по сравнению со скоростью.

Список литературы

1. Аксянов Н., Яковлев В. Дартс: метод. пособие. М.: МСП «Интерконтакт», 1991. 16 с.

2. Шилин Ю.Н., Каневская А. В. Теория и методика тренировки в дартс: учебное пособие для студентов вузов физической культуры. М.: СпортАкадемПресс, 120 с.

3. Hansen C., Rezzoug N., Gorce P., Venture G., Isableu B. Sequence-dependent rotation axis changes and interaction torque use in overarm throwing. Journal of Sports Sciences. 2016. vol. 34. P. 878–885.

4. Hirashima M., Yamane K., Nakamura Y., Ohtsuki T. Kinetic chain of overarm throwing in terms of joint rotations revealed by induced acceleration analysis. Journal of Biomechanics. 2008. vol. 41. P. 2874–2883.

5. Kinoshita H., Obata S., Nasu D., Kadota K., Matsuo T., Fleisig G.S. Finger forces in fastball baseball pitching. Human Movement Science. 2017. vol. 54. P. 172–181.

6. Hansen C., Rezzoug N., Gorce P., Isableu B. (2012). Is the time of release during a precision throwing task, predictable? Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. 2012. vol. 15. no 1. P. 250–252.

7. Ляпин В.М., Немцев О.Б Формирование точности метательных движений (на примере дартса) // Физическое воспитание студентов. 2009. № 2. С. 64–73.

8. Кузнецова З.М., Овчинников Ю.Д., Назаренко Н.А. Формирование точности метательных движений // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2017. Т. 12. № 2. С. 58–67. DOI: 10.14526/01_2017_206.

9. Luh J.Y.S., Walker M.W., Paul R.P.C. On-line computational scheme for mechanical manipulators. Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control. 1980. vol. 102. P. 69–76.

10. Gritsenko V., Kalaska J.F., Cisek P. Descending corticospinal control of intersegmental dynamics. Journal of Neuroscience. 2011. vol. 31. P. 11968–11979.

УДК 37.01:78.067

О РОЛИ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ В ВОСПИТАНИИ ПИАНИСТА

Каишаури Э.Г., Кузнецова А.В.

Белгородский государственный институт искусств и культуры, Белгород, e-mail: etery-83@mail.ru, ludvig_14@mail.ru

В статье рассматриваются проблемы фортепианной педагогики в свете современных образовательных тенденций. Основное внимание уделяется специфике проблемного обучения и его развивающим возможностям в условиях средних специальных учебных заведений. Предметом статьи являются научно-педагогические концепции современных исследователей, занимающихся вопросами проблемного обучения и музыкально-исполнительской интерпретации. В процессе анализа и обобщения научной литературы выявляется родство проблемного и художественно-интерпретационного подходов, которое обнаруживается именно в фортепианной педагогике и позволяет активизировать заинтересованность студентов исполнительской деятельностью. Методы проблемного обучения рассматриваются в плоскости музыкально-профессионального образования, в связи с чем акцентируется внимание на исходном уровне технической подготовки и художественно-эстетического опыта студента, что имеет определяющее значение для репертуарной политики. Художественно-интерпретационный подход понимается как целостный образовательный процесс, синтезирующий различные виды музыкальной деятельности студента и основывающийся на осознании им закономерностей создания и образного содержания музыкальных произведений, а также специфики отображения этих аспектов в процессе исполнительской интерпретации. Отмечается важная функция теоретического мышления в реализации художественно-интерпретационного подхода, определяется ведущее значение дисциплин музыкально-теоретического цикла и практической деятельности в фортепианном классе. Обосновываются некоторые конкретные методы работы над созданием музыкальной интерпретации, в том числе анализ нотного текста, вербализация содержания произведения, диалог с педагогом, выявление музыкального замысла сочинения.

Ключевые слова: фортепианная педагогика, проблемное обучение, проблемный подход, художественно-интерпретационный подход, музыкальная интерпретация, музыкальный замысел

ON THE ROLE OF PROBLEM-BASED LEARNING IN PIANIST EDUCATION (ON THE EXAMPLE OF AN ARTISTIC-INTERPRETATING APPROACH)

Kaishauri E.G., Kuznetsova A.V.

Belgorod State Institute of Arts and Culture, Belgorod, e-mail: etery-83@mail, ruludvig_14@mail.ru

The article deals with the problems of piano pedagogy in the context of modern educational trends. The main attention is paid to the problem-based learning and its developing opportunities in the specialized secondary educational institutions. The subject of this article is the scientific and pedagogical concepts of modern researchers dealing with issues of problem-based learning and musical interpretation. Similarities between the problematic approach and artistic-interpretational approach, methods of problem-based learning in the music vocational education, students' interest in performing activities were analyzed in the article. Attention is focused on the initial level of technical training and aesthetic experience of the students, which affects the choice of repertoire. The artistic-interpretating approach is regarded as a holistic educational process that synthesizes various types of musical activity of a students. This approach based on understanding of the laws of creation of musical works and the specifics of displaying musical content in the process of interpretation. The disciplines of the musical-theoretical cycle and practical activities in the piano class occupies an important place in this process. Some specific methods of interpretation are substantiated: analysis of the musical text, verbalization of the content of the work, dialogue with the teacher, identification of the musical intent of the composition.

Keywords: piano pedagogy, problem-based learning, problematic approach, artistic-interpretating approach, musical interpretation, musical conception

Проблема воспитания компетентных специалистов в области музыкального искусства и образования на сегодняшний день является весьма актуальной. Ориентированность современной музыкально-педагогической системы на подготовку всесторонне образованного, эрудированного профессионала с высоким уровнем общей и музыкальной культуры обусловливает приоритет концепций, основанных на развитии творческого мышления личности, реализации ее духовного потенциала, интенсификации процессов приобретения знаний и умений, интеграции индивидуальных качеств будущего музыканта. В сфере фортепианной педагогики идеи гармоничного воспитания учащегося приобретают особенное значение, так как фортепианное исполнительство предполагает совмещение интеллектуально-аналитической деятельности с интуитивно-творческими процессами и практическим воспроизведением звукового материала. Неслучайно Генрих Нейгауз назвал рояль наиболее интеллектуальным из всех инструментов. Чрезвычайно широкий диапазон практического применения и универсальные возможности фортепиано обусловили его ведущее положение в различных отраслях музыкальной деятельности и тем самым обеспечили устойчивую

актуальность проблематике воспитания профессионального пианиста.

На данный момент накоплен значительный багаж научных работ, посвященных проблемам фортепианного исполнительства и педагогики: различные аспекты исполнительского мастерства затронуты в трудах А. Алексеева, Л. Баренбойма, Л. Гаккеля, А. Гольденвейзера, Г. Когана, Я. Мильштейна, Г. Нейгауза, Д. Рабиновича, С. Савшинского, Л. Фейгина, Г. Цыпина, В. Чинаева и многих других авторов. Однако новые задачи, поставленные перед современными музыкантами, требуют дальнейшей интенсификации педагогического процесса в фортепианном классе путем обогащения признанных методик воспитания пианистов и использования инновационных подходов к обучению. Среди них важное место занимает концепция проблемного обучения как «целостная дидактическая система, основанная на логико-психологических закономерностях творческого усвоения знаний в учебной деятельности» [1, с. 3]. Этому педагогическому подходу в современном образовании посвящены исследования А. Брушлинского, И. Ильницкой, Е. Ковалевской, В. Кудрявцева, И. Лернера, А. Матюшкина, М. Махмутова, В. Оконя, В. Ситарова, но в них практически не содержатся примеры проекции методов проблемного обучения в плоскость музыкального образования. При этом направленность на обеспечение продуктивного профессионального развития обучающихся определяет потенциальную действенность основных положений данной концепции в масштабах всей музыкально-педагогической системы.

В связи с этим представляется целесообразным обоснование продуктивности проблемного обучения в профессиональной подготовке пианиста в условиях средних специальных учебных заведений. Целью настоящей статьи является определение роли проблемного обучения в воспитании пианиста на примере художественно-интерпретационного подхода к работе в фортепианном классе.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составили анализ и систематизация научно-педагогической литературы, посвященной вопросам проблемного обучения и художественной интерпретации; теоретическое обобщение основных принципов и методов проблемного обучения и анализ возможности их адаптации в системе профессионального музыкального образования; описание практического применения художественно-интерпретационного подхода к работе в фортепианном классе средних специальных учебных заведений. Основным материалом исследования стали научно-педагогические концепции В. Кудрявцева [1], А. Малинковской [2], И. Молоствовой [3, 4], В. Москаленко [5], В. Ситарова [6] и других современных исследователей. Вклад автора настоящей статьи в разработку обозначенной проблематики заключается не только в обнаружении сходства методико-педагогических основ проблемного и художественно-интерпретационного подходов, проявившего себя именно в сфере фортепианной педагогики, но и в обосновании конкретных методов, которые опираются на синтез этих подходов и могут применяться в процессе работы в фортепианном классе.

Результаты исследования и их обсуждение

Диапазон знаний, умений и навыков, необходимых пианисту, чрезвычайно широк. Важным моментом поиска эффективных технологий в области фортепианной педагогики является осознание цели фортепианного обучения, которая в целом обусловлена спецификой учебного заведения (исполнительских, художественных, музыкально-педагогических факультетов) и оказывает влияние на содержание и средства фортепианной подготовки. Вместе с тем процесс обучения игре на фортепиано имеет общие закономерности, связанные с потребностью развития творческих способностей, когнитивных навыков, умения интерпретировать, понимать и воплощать художественный смысл произведений музыкального искусства. Необходимость реализации этой установки на практике определяет приоритет проблемных методов обучения в фортепианной педагогике. Проблемное обучение в самом широком смысле понимается как «особый тип обучения, характерную черту которого составляет его развивающая по отношению к творческим способностям функция» [1, с. 3]. Проблемные методы обучения ориентированы на применение способов преодоления противоречий между знанием и незнанием, индивидуальным опытом личности и научно-практическими наработками фортепианной педагогики, теоретическими знаниями и умением их применить на практике. Особая продуктивность проблемного подхода заключается в том, что процесс получения знания индивидом своеобразно повторяет глобальный процесс обретения этого знания самим человечеством, в отличие от традиционного обучения, при котором информация предоставляется в «готовой» форме – в виде аксиом и не требующих доказательства истин. В последнем случае преподнесение знаний заведомо «противоречит их объективно творческому происхождению и природе. Отсюда – несоответствие усвоения знаний учащимися и их генерирования в науке, отсутствие внутренней связи обучения и научного познания» [1, с. 4].

В противовес этому, проблемный подход ставит перед учеником задачу «принять и разрешить ту объективную проблему, продуктом решения которой и является это знание, <…> реконструировать «отложившуюся» в нем логику породившей его человеческой мысли» [1, с. 4]. Если спроецировать данное утверждение в плоскость музыкально-исполнительского искусства, то наиболее очевидным его проявлением окажется традиционная коммуникативная ситуация, возникающая между композитором и исполнителем: в этом случае «объективной проблемой» будет образное содержание музыкального произведения, «продуктом решения» – создание его исполнительской интерпретации, а «логикой породившей его человеческой мысли» – композиторская логика, которой руководствовался автор в процессе создания музыки. Принимая во внимание педагогический постулат о том, что «основное в проблемном обучении – это создание проблемной ситуации» [6, с. 152], можно сделать вывод, что в процессе музыкального исполнительства такая проблемная ситуация образуется естественным образом, сама собой: важно лишь направить внимание исполнителя на ее осознание. Ведь абсолютно в любом музыкальном сочинении заложен тот или иной смысл, который исполнитель должен расшифровать, а затем донести до слушателя в виде собственной художественной интерпретации. Таким образом, проблемная ситуация заключается в создании грамотной, стилистически адекватной интерпретации музыкального произведения, и несмотря на «неизменность» данной проблемы и ее повторяемость от пьесы к пьесе, она всегда остается актуальной, универсальной и по сути самой главной высшей художественной целью исполнительского процесса.

Как утверждает А. Малинковская, «интерпретационный аспект теории исполнительства (интерпретология) является одним из главенствующих в отечественной теории пианизма и тесно с нею связанной областью исполнительской педагогики, начав формироваться в 1920–1930-х гг., в период интенсивного развития в нашей стране исполнительского музыкознания» [2, с. 30]. Особый творческий потенциал интерпретации обусловлен многомерностью образно-семантического пространства музыкального текста: истинному высокохудожественному произведению искусства всегда свойственна та содержательная глубина, которая может раскрыться не сразу, и порой даже сам композитор, будучи «посредником» между тонким миром идей и миром реальных звуков, не до конца ее осознает. Музыкальные тексты подобного рода раскрывают неожиданные смысловые грани именно благодаря новым исполнительским интерпретациям, обогащаясь за счет встраивания в оригинальную творческую парадигму исполнителя.

Данную идею можно адаптировать к процессу обучения пианистов, однако действительно продуктивной такая адаптация будет только в условиях средних специальных учебных заведений, потому что учащиеся более юного возраста крайне редко обладают достаточным уровнем профессионально-технической подготовки, художественно-эстетического опыта и самостоятельности мышления, необходимым для создания оригинальных и жизнеспособных интерпретационных версий музыкальных произведений. В системе же музыкально-профессиональной подготовки обучение пианистов осуществляется на основе исполнения высокохудожественных образцов мировой музыкальной литературы различных эпох и стилей, в процессе которого студенты опираются на уже имеющиеся базовые знания о специфике музыкально-выразительных средств, жанров и стилей, и на основе этого демонстрируют более точное понимание исполняемой музыки. Проблемный подход в подготовке пианиста в средних специальных учебных заведениях охватывает различные направления профессиональной подготовки – музыкально-педагогический, методико-практический и исполнительский, а содержание и принципы проблемного обучения, отличаясь универсальными и интегративными свойствами, способствуют активизации общих и музыкальных способностей и инструментально-исполнительских умений студента.

В свою очередь, это не означает, что использование элементов интерпретационного подхода невозможно на более ранних этапах обучения пианиста, а проблемное обучение вообще считается одним из самых действенных способов развития учащихся среднего и старшего школьного возраста и широко применяется в отечественной педагогике. Так, правильное формирование знаний и навыков будущего пианиста-интерпретатора невозможно без развития теоретического мышления на самых ранних этапах обучения, хотя традиционно эта роль отводится наглядно-действенному, эмпирическому мышлению, опирающемуся на наглядные образы. В. Давыдов подчеркивает, что «начиная с младшего школьного возраста необходимо формировать теоретическое мышление (разумное, внутренне связанное с исследованием природы своей соб-

ственной основы – с исследованием понятий)» [7, с. 32]. Элементы самостоятельной интерпретации могут применяться на этом этапе обучения лишь на основе правильно подобранных и соответствующих возрасту музыкальных произведений, так как «будучи художественным способом познания, интерпретация по сравнению с другими видами учебной деятельности в большей мере актуализирует процессы творческого мышления и восприятия музыки <…> на основе переработанных и переплавленных собственных переживаний и раздумий, личного опыта» [4, с. 80], который у юных учащихся весьма ограничен в силу возраста.

В системе профессионального музыкального образования возможно в полной мере использовать проблемный подход, что в условиях фортепианного класса реализуется через развивающий потенциал музыкальной интерпретации. Научно-педагогический и исполнительский опыт выдающихся музыкантов показывает, что полноценное овладение мастерством музыкально-исполнительской интерпретации возможно только при условии интенсивного развития музыкального мышления пианиста и его творческих способностей, а не одной лишь технической базы. Овладение искусством интерпретации способствует органичному взаимодействию исполнительской, аналитической и творчески-созидательной деятельности студента-пианиста. Для обоснования связанных с интерпретацией методов работы И. Молоствова вводит понятие художественно-интерпретационного подхода, который «применительно к музыкальному образованию предполагает осуществление целостного педагогического процесса с учетом закономерностей создания и социокультурного функционирования объектов музыкального искусства (музыкальных произведений), особенностей их познания и специфики осуществления различных видов музыкальной деятельности конкретного субъекта (личности) в определенной культуре. В условиях предлагаемого подхода интерпретация представляется не как отдельно взятый вид учебной деятельности; напротив – будучи центральным звеном реализации подхода, она должна пронизать собой все обучение» [3, с. 142]. В этом случае важная роль в подготовке пианиста отводится фундаментальным музыкально-теоретическим и музыкально-историческим знаниям, формирующим у студентов как интеллектуальные, так и психологические и социальные компетенции, которые и являются основой профессионального становления музыканта. Музыкально-теоретические дисциплины – теория музыки, гармония, сольфеджио, анализ музыкальных произведений, – предоставляют педагогу уникальные возможности развития таких специальных компетенций студентов, как знание элементов музыкального языка и их связей, осознание логики голосоведения, умение гармонизовать мелодию, подобрать к ней сопровождение в фактурном изложении, приобретение навыков чтения с листа, записи музыкального материала на слух и т.п. Для аналитически-интерпретирующей работы студента над произведением можно рекомендовать следующие задания, которые способствуют раскрытию художественного содержания музыкальной композиции и оптимизируют дальнейшую работу над созданием интерпретации:

– охарактеризовать эпоху, господствующий художественный стиль;

– найти сведения об авторах музыки и текста (при наличии);

– определить жанр, форму, характер и художественный образ (образность) композиции;

– выделить главные технические сложности, возникшие в процессе изучения произведения;

– подобрать или создать упражнения, которые бы помогли решить эти вопросы;

– определить цель изучения данного музыкального произведения;

– использовать вспомогательные средства обучения (аудио- и видеозаписи, интернет-ресурсы, методическая литература).

В результате такого подхода осуществляется формирование «компетентного специалиста нового типа, вооруженного глубокими знаниями педагога-теоретика и умениями креативного музыканта-практика, способного эффективно реализовать свои профессиональные компетенции и индивидуально-личностные качества в процессе деятельности» [8, с. 62].

Однако в фортепианном классе работа не может быть преимущественно аналитической, наоборот – она предполагает максимум практических форм и видов деятельности. Для реализации практических аспектов художественно-интерпретационного подхода И. Молоствова предлагает выстраивать работу в соответствии с несколькими этапами: первый этап, по ее мнению, представляет собой работу с музыкальным текстом, а второй – становление собственного представления о его содержании. В принципе, эти моменты присутствуют и в традиционном подходе к фортепианному обучению, однако следующий этап наполняет их новым смыслом: он предполагает создание словесной трактовки музыкального текста в диалоге с педагогом и «вербальную реа-

лизацию содержания музыкального произведения в учебной аудитории» [4, с. 82]. Данный этап значительно актуализирует развивающий потенциал проблемного подхода, так как вызывает у студента необходимость не только осознавать и чувствовать, проникать в глубинный смысл музыки, но и облекать свои мысли и эмоции в соответствующую словесную форму, учиться вести диалог с педагогом, выстраивать паритетные отношения и осваивать различные способы творческой коммуникации. Наконец, заключительным этапом художественно-интерпретационного подхода И. Молоствова считает результирующий, который благодаря совместной работе педагога и студента рождает некую общую концепцию интерпретации произведения и приводит к более высокому уровню его понимания – то есть реализует «спиралевидное развитие художественного познания, осуществляемого в интерактивной форме учебно-педагогического взаимодействия» [4, с. 82].

Методы работы в фортепианном классе, связанные с развитием интерпретирующего музыкального мышления, должны также отвечать основному принципу проблемного обучения – принципу гипотезы: «Перед учениками ставится проблема, познавательная задача, и ученики (при непосредственном участии учителя или самостоятельно) исследуют пути и способы ее решения. Они строят гипотезу, намечают и обсуждают способы проверки ее истинности, аргументируют, <…> доказывают» [6, с. 149]. Но главная сложность работы над музыкальной интерпретацией заключается в том, что этот процесс в принципе не может быть полностью объективизирован – а значит, не может строго подчиняться алгоритмам построения и доказательства гипотез. Художественная интерпретация – это творческий акт, и если бы «музыкальное исполнительство сводилось бы к механически точному выполнению указанного в нотах, в нем не было бы ничего творческого, оно не могло бы считаться искусством» [9, с. 9].

Для частичной объективизации процесса интерпретации в фортепианном классе можно привлечь к объяснению задач, поставленных перед студентом, научную концепцию В. Москаленко, который считает что интерпретирование музыкального текста неотъемлемо связано с моделированием композиторского акта творения. Для этого исследователь предлагает выявить «музыкальный замысел» произведения, подразумевая под ним «предварительный план построения и ведущих смысловых ориентиров будущего музыкального произведения» [5, с. 169]. Музыкальный замысел включает три составляющих – реальную, условно-реальную и гипотетическую – и они имеют характерные особенности, зная которые студент сможет с определенной уверенностью судить о главной художественной идее произведения и формулировать ту самую «гипотезу», характерную для проблемного подхода. Так, реальная составляющая представлена достоверными свидетельствами о специфике авторского замысла: это всевозможные указания в нотах, программные названия и посвящения, опубликованные высказывания композитора о произведении, интервью, письма, воспоминания автора или его друзей. Эта объективная информация поможет студенту осознать обстоятельства создания исполняемой им музыки, провести аналогии с жизненными обстоятельствами композитора, глубже вникнуть в нотный текст, стремясь максимально точно понять необходимость тех или иных ремарок (в том числе темповых, агогических, динамических). В качестве примера В. Москаленко приводит фортепианную сонату № 14 Л. Бетховена, в нотном тексте которой содержится множество авторских указаний на исполнительские выразительные средства, но что более важно – соната имеет посвящение Джульетте Гвиччарди, раскрывающее личностный подтекст жизненных обстоятельств создания сонаты. Второй аспект музыкального замысла – его условно-реальная составляющая: она связана с такими особенностями произведения, которых не мог не осознавать, «не планировать композитор, но это не подкреплено выраженными в слове достоверными свидетельствами» [5, с. 170]. В той же бетховенской сонате это проявляется в композиционно-темповом наполнении частей: знаменитая первая часть написана не в традиционной сонатной форме и исполняется в медленном темпе, что является нарушением всех норм и правил эпохи классицизма (когда первые части сонат писались в форме сонатного аллегро). Естественно сам Л. Бетховен не мог не осознавать, что он пишет свою фортепианную сонату в такой новаторской форме, и это может дать пианисту-интерпретатору пищу для размышлений. Наконец, гипотетическая составляющая музыкального замысла «формируется как предположение, порожденное творческой мыслью интерпретатора» [5, с. 171], и именно этот аспект позволяет проявить максимум творческой фантазии каждому исполнителю в процессе создания собственной интерпретации. Так, например, «Лунной» сонату

назвал отнюдь не Л. Бетховен: это художественно-интерпретирующее «допущение» Людвига Рельштаба, который в 1832 г., уже после смерти композитора, сравнил звучание первой части с лунным светом над Фирвальдштетским озером, и эта метафора оказалась настолько удачной и жизнеспособной, что стала своеобразным программным подзаголовком сонаты.

Такой подход к созданию собственной интерпретации поможет пианисту найти необходимый баланс между объективностью и субъективностью как неизбежными «полюсами» музыкальной интерпретации. Педагогу следует объяснить студенту, что существуют объективные факторы музыкального текста, которые нельзя опустить или исказить: это касается истории создания сочинения, стиля и исполнительских традиций эпохи, авторских указаний в нотах. Для этого и необходим такой тщательный анализ нотной записи, ведь «авторский текст представляет собой максимально адекватное воплощение композитором своего замысла» [9, с. 10]. С другой стороны, в музыке всегда есть субъективные аспекты, в отношении которых привнесение собственного видения лишь обогатит авторский замысел, раскроет его новые грани. То есть, иногда допустимо использовать оригинальные выразительные средства, если они поспособствуют более полной и верной передаче авторского замысла. «Ведь исполнитель на самом деле выступает в роли переводчика музыкального текста для тех, кто лишен возможности сделать это самостоятельно. Неверное исполнение (перевод) практически приводит к искажению всего содержания <…> Существенное изменение темпов, неверное прочтение нотации, пренебрежительное отношение к авторским указаниям и т.п. могут нанести непоправимый ущерб произведению» [10, с. 5–6].

Заключение

Подводя итоги, следует отметить, что роль проблемного подхода в процессе воспитания пианиста очень значительна. Организация фортепианного обучения в средних специальных учебных заведениях требует системности, взаимодействия всех образовательных направлений, учебных курсов и педагогических концепций преподавателей, главная цель которых – обеспечить будущего пианиста необходимым комплексом знаний, умений и навыков, составляющих основу его профессиональной деятельности. Таким интегрирующим, централизующим подходом может стать проблемное обучение. С одной стороны, оно способно охватить различные аспекты содержания и процесса фортепианного обучения, обеспечить действенность важнейших принципов, составляющих основу фортепианной педагогики, способствовать увеличению и обогащению исполнительского репертуара и углублению его осознания, интеллектуализации образовательного процесса, активизации самостоятельности, творческой инициативы студента. С другой стороны, проблемный подход в сфере музыкального исполнительства – это абсолютно естественная и органичная закономерность, обусловленная самой коммуникативной ситуацией «композитор – исполнитель», всегда и в любом произведении ставящей перед пианистом актуальную задачу раскрытия авторского замысла и создания собственной интерпретации. Таким образом, в сфере фортепианной педагогики методические принципы проблемного и художественно-интерпретационного подходов сближаются настолько, что позволяют сформулировать единые рекомендации к работе над формированием профессиональной компетентности пианиста. Они сводятся к следующему: продуктивность данного метода в условиях средних специальных учебных заведений повышается пропорционально уровню технической подготовки, художественно-эстетического опыта и самостоятельности мышления студента, а также напрямую зависит от соответствия репертуара уровню его теоретического мышления, исполнительской техники и креативности. Для реализации художественно-интерпретационного подхода целесообразно опираться на этапы работы, предложенные И. Молоствовой: они направлены от исходного анализа музыкального текста, осознания содержания произведения и его вербализации – через диалог с педагогом – к результирующему созданию собственной музыкальной интерпретации. Создание грамотной, стилистически корректной и при этом творчески оригинальной интерпретации требует от студента согласования субъективного и объективного начал, в чем может помочь постижение музыкального замысла интерпретируемого произведения через осознание его аспектов – реального (объективного), условно-реального (предположительного) и гипотетического (творческого, субъективного). Овладение художественной интерпретацией обеспечит пианисту качественные профессиональные знания и умения, способность самостоятельно постигать музыкальное произведение, исполнять его сообразно стилю и жанру, мыслить перспективно, приближаться по собственным исполнительским трактовкам к концептуальному видению автора.

Список литературы

1. Кудрявцев В.Т. Проблемное обучение: истоки, сущность, перспективы. М.: Знание, 1991. 80 с.

2. Малинковская А.В. Интерпретационный и классификационный аспекты изучения исполнительских стилей в трудах отечественных исследователей фортепианного искусства // Вестник кафедры ЮНЕСКО: Музыкальное искусство и образование. 2017. № 3 (19). С. 27–41.

3. Молоствова И.Е. Художественно-интерпретационный подход в музыкально-образовательном процессе: сущность, аспекты реализации // Интеграция образования. 2012. № 4. С. 79–83.

4. Молоствова И.Е. Художественная интерпретация музыки как гуманитарная образовательная технология // Вестник Вятского государственного университета. 2009. № 2 (3). С. 141–145.

5. Москаленко В.Г. Лекции по музыкальной интерпретации. Киев: Типография «Клякса», 2013. 272 с.

6. Ситаров В.А. Проблемное обучение как одно из направлений современных технологий обучения // Знание. Понимание. Умение. 2009. № 1. С. 148–157.

7. Каишаури Э.Г. Стратегия и тактика обучения музыке: возрастной аспект. Белгород: ИПК БГИИК, 2017. 172 с.

8. Блох О.А. Психология и педагогика музыкального творчеств. М.: МГУКИ, 2009. 270 с.

9. Коган Г.М. Музыкальное исполнительство и его проблемы // Избранные статьи. М.: Советский композитор, 1972. С. 5–29.

10. Ивонина Л.Ф. О субъективном и объективном в исполнительском искусстве. Пермь: Пермский государственный институт искусства и культуры, 2007. 195 с.

УДК 378.1:372.881.1

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ ПРОГРАММ АКАДЕМИЧЕСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Крайсман Н.В.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, e-mail: n_kraysman@mail.ru

В настоящее время академическая мобильность растет и число российских студентов, обучающихся во французских университетах, постоянно увеличивается. Для того чтобы студенты хорошо были подготовлены к академической мобильности, в ФГБОУ ВО «КНИТУ» была разработана специальная образовательная программа подготовки к академической мобильности. Программа апробировалась и совершенствовалась в течение нескольких лет. Подтверждением этому является ежегодное участие студентов в программах академической мобильности. В статье показано, что для составления и реализации программы подготовки к академической мобильности среди студентов был проведен опрос о причинах, по которым студенты посещают занятия по подготовке к учебе во французских университетах. Анализ перечисленных причин позволил преподавателю правильно составить план и программу занятий, чтобы использовать более эффективные методы, приемы и средства обучения. В статье также представлено содержание занятий второй части разработанной программы (французский язык для университетских целей), составленное согласно требованиям студентов. В течение всего обучения студенты совершенствуют межкультурные и языковые компетенции; преподаватель поддерживает мотивацию студентов к академической мобильности, привлекает студентов, уже проучившихся во французских университетах, то есть обеспечивается комплексный подход при подготовке студентов для программ академической мобильности.

Ключевые слова: академическая мобильность, французский язык, образовательная программа, межкультурные и языковые компетенции

FRENCH FOR ACADEMIC MOBILITY PROGRAMS

Kraysman N.V.

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

At present, academic mobility is growing and the number of Russian students studying at French universities is constantly increasing. In order the students to be well prepared for academic mobility, a special educational program of preparation for academic mobility was developed in Kazan National Research Technological University. The program has been tested and improved for several years. This confirms the annual participation of students in academic mobility programs. The paper shows that in order to draw up and implement a program for preparing students for academic mobility, a survey was conducted on the reasons why students attend classes in preparation for studies at French universities. The analysis of the reasons listed allowed the teacher to properly draw up a plan and a program of classes in order to use more effective methods, techniques and means of training. The paper also presents the content of the developed program second part classes (French for university purposes), prepared according to the requirements of students. During the studies, the students improve their intercultural and linguistic competencies; the teacher supports the motivation of students for academic mobility, attracts students who have already studied at French universities, that is, an integrated approach is provided when preparing students for academic mobility programs.

Keywords: academic mobility, French, educational program, intercultural and linguistic competences

В настоящее время академическая мобильность растет и число студентов, обучающихся во французских университетах, постоянно увеличивается, в том числе и из российских университетов. Все больше и больше студентов поступают учиться во Францию на технические направления подготовки. Следует отметить, что студенты ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» постоянно развивают академическую мобильность во французские университеты. С 2014 г. «14 студентов КНИТУ выиграли грант Henri Poincaré в рамках программы «Алгарыш» по категории «Молодые специалисты» на обучение в магистратуре во Франции» [1]. Проучившись в магистратуре во французских университетах и получив диплом, «студенты возвращаются в Татарстан и устраиваются на работу на предприятия, применяя свой опыт, знания и навыки» [2]. Для того чтобы учиться во Франции «студенты должны владеть французским языком на уровне B2 общеевропейских компетенций» [3]. К тому же «студенты изучают французский язык, так как им необходимо осуществлять межкультурное профессионально-ориентированное общение, взаимодействовать с носителями другого языка и культуры, учитывая современный взгляд на научное мировоззрение, технические науки, профессиональные особенности, национальные ценности» [4].

Цель исследования: анализ образовательной программы подготовки к академи-

ческой мобильности студентов Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ) в университеты Франции.

Материалы и методы исследования

Для того чтобы студенты быстро адаптировались к учебе и ко внеуниверситетской деятельности, в КНИТУ осуществляется образовательная программа подготовки к академической мобильности, во время занятий преподаватель объясняет систему высшего образования во Франции, рассказывает о ее достоинствах и слабых сторонах, сравнивает с системой высшего образования в России. Преподаватель рассказывает, как проходят теоретические и практические занятия во французских университетах. Во время занятий студенты изучают профессионально-ориентированный французский язык, они выполняют различные упражнения, используя химические, математические, физические тексты и т.д. Помимо этого, студенты учатся выступать с докладами с использованием презентаций, переводить и пересказывать тексты по своей специальности, писать эссе, правильно читать на французском языке таблицы, схемы, математические формулы и т.д. На занятиях студенты смотрят видео записи с 20–30-минутными отрывками лекций по математике, химии, физике и другим предметам, которые читают французские преподаватели, чтобы учиться делать конспекты на французском языке. Также во время занятий преподаватель объясняет, как писать магистерские дипломы, курсовые работы и научные статьи, рассказывает о промышленных, учебных и научных стажировках во французских компаниях. Такие занятия необходимы студентам и вызывают у них огромный интерес.

Результаты исследования и их обсуждение

Для эффективности занятий был проведен опрос среди студентов, которые готовятся к академической мобильности, в этом опросе спрашивалось, для чего студентам необходимо заранее готовиться к учебе во французских университетах. Студенты выделили следующие причины:

– Знать основную информацию о теоретических и практических занятиях во французских университетах, об организации занятий, о заданиях, которые даются во время занятий.

– Уметь резюмировать содержание занятий.

– Владеть профессионально-ориентированной лексикой на французском языке.

– Понимать и знать культурные и лингвистические навыки и умения.

– Уметь делать конспекты лекций на французском языке для того, чтобы использовать их на семинарских занятиях и во время сдачи экзаменов.

– Научиться воспроизводить устную и письменную речь во время экзаменов.

– Уметь выражать свои проблемы при общении с университетским персоналом (в деканатах, в отделе международной деятельности и т.д.).

– Уметь «переводить тексты по своей специальности, пересказывать их, выступать с докладами, писать резюме, делать презентации, читать математические формулы, схемы и таблицы на французском языке» [5, 6].

– Знать, «как проводятся практические и теоретические занятия во французских университетах» [7].

– Знать систему высшего образования во Франции.

– Уметь писать научные статьи, курсовые работы и магистерские дипломы.

– Знать, как проходят промышленные, учебные и научные стажировки на французских предприятиях.

– Уметь писать анализ информации, комментарии, эссе.

– Ориентироваться в университетском пространстве и времени (расписании, помещениях и т.п.).

– Разбираться в должностях сотрудников университета (профессорско-преподавательский состав, тьютеры, административные работники) и уметь разговаривать с ними, выбирая соответствующую структуру фраз на французском языке.

– Уметь общаться со студентами-французами (выбирать правильный язык при написании писем по электронной почте, при общении на студенческих форумах, уметь устно представиться, рассказать о своей учебе, выразить свои сомнения, желания, страхи и т.д.).

Анализ перечисленных причин, по которым студенты посещают занятия по подготовке к академической мобильности, позволяет преподавателю правильно составлять план и программу занятий, чтобы использовать более эффективные методы, приемы и средства обучения.

Занятия проходят два раза в неделю по 4 часа в течение одного учебного года. Образовательная программа делится на две части: одна часть (4 часа в неделю) – «Общий французский язык» и «Подготовка к сдаче международного экзамена DELF (уровень B2)», вторая часть (4 часа в неделю): «Французский язык для университетских целей». Занятия по подготовке к академической мобильности студентов осуществляются по специально разработанным планам и программам, чтобы мотивировать студентов к поступлению в магистратуру во Францию и облегчить им учебу и внеуниверситетскую деятельность.

Содержание программы второй части (французский язык для университетских целей) включает в себя:

– знакомство с университетской и студенческой средой;

– понимание системы образования во Франции (бакалавриат, магистратура, аспирантура, стажировки), формы работ (курсовые работы, проекты), периоды учебы (сессия, экзамены);

– понимание организации практических занятий и лекций;

– ознакомление с компетенциями, необходимыми для написания письменных работ и для устной речи;

– анализ форм работы, адаптированных для нефранкоязычных студентов.

Содержание занятий второй части разработанной программы (французский язык для университетских целей) следующее:

1. Цель: знакомство с университетской и студенческой средой. Образовательная деятельность: знакомство со студентами, которые уже проучились во французских университетах и рассказ этих студентов об университетской и студенческой среде, об их опыте обучения в университете; ознакомление с системой высшего образования во Франции, выявление ее достоинств и слабых сторон, сравнение с системой высшего образования в России.

2. Цель: ознакомление с организацией занятий. Образовательная деятельность: объяснение организации практических занятий и сравнение с практическими занятиями в России.

3. Цель: ознакомление с организацией лекционных занятий. Образовательная деятельность: сравнение различных манер презентации лекций, работа с пониманием на слух информации; сравнительный анализ лекционных занятий с устной подачей информации по презентациям с лекциями, размноженный курс которых дали студентам заранее.

4. Цель: ознакомление с методикой работы во время лекций. Образовательная деятельность: работа с видеозаписями отрывков лекций, которые читают французские преподаватели; конспектирование лекций, осмысление основных принципов написания конспектов; тренировка конспектирования лекций (техника написания конспектов, выбор данных, выбор терминов, сокращенное обозначение); тренировка понимания на слух отрывков лекций, сопровождаемых презентациями с Powerpoint; сравнительный анализ разных видов написания конспектов (без письменной опоры, с опорой на презентацию, с опорой на заранее размноженный курс лекций).

5. Цель: ознакомление с источниковой базой. Образовательная деятельность: работа с французскими интернет-источниками, с сайтами французских университетов, поиски научных статей на французском языке.

6. Цель: ознакомление с письменными работами. Образовательная деятельность: презентация различных типов письменных работ; анализ заданий в тексте, анализ структуры текста, трактовка причины и следствия (определяющая структура в тексте), тренировка написания каждого типа текста.

7. Цель: ознакомление с графическими данными. Образовательная деятельность: тренировка в устных комментариях графических данных, правильное чтение на французском языке таблиц, схем, математических формул; изучение профессионально-ориентированной лексики.

8. Цель: ознакомление с представлением презентации. Образовательная деятельность: планирование и подготовка презентации (проработка цели, структуры, продолжительности презентации); эффективная презентация: особенности проведения, ошибки при выступлении; публичное представление результатов исследования.

9. Цель: ознакомление с чтением новостей, текущих событий во французской прессе. Образовательная деятельность: определение в прессе информации, связанной с образованием во Франции; изучение прессы для перспективы дальнейшего обучения во французских университетах.

10. Цель: ознакомление с написанием курсовых, проектных и магистерских работ. Образовательная деятельность: изучение уже написанных курсовых, проектных и магистерских работ; изучение написания плана работы, введения, основной части, заключения, библиографии; изучение лексической, грамматической, фразеологической системы французского языка при написании курсовых, проектных и магистерских работ; определение жанрово-стилистических особенностей.

11. Цель: ознакомление с методикой работы во время практических занятий. Образовательная деятельность: тренировка систематизации, обобщения и закрепления полученных теоретических знаний по конкретным предметам; формирование умений и навыков применять полученные знания на практике; применение профессионально-ориентированной терминологии [8].

12. Цель: ознакомление с промышленными, учебными и научными стажировками во французских компаниях. Образовательная деятельность: работа с французскими интернет-источниками для поиска стажировок на французских предприятиях, написание CV и мотивационных писем на французском языке; объяснения системы прохождения стажировок во Франции.

13. Цель: ознакомление с французскими традициями, с культурой и повседневной жизнью Франции. Образовательная деятельность: анализ источников, где дается информация о культурных ценностях, традициях, истории, социальной системы, повседневной жизни Франции.

14. Цель: проверка знаний студентов. Образовательная деятельность: проведение теста на проверку знаний и умений (понимание отрывка лекции, конспектирование лекций, ответы на вопросы по лекциям, комментарии графических данных, написание курсовой работы по своей специальности) [9, 10].

При подготовке студентов к академической мобильности по описанной образовательной программе преподаватель задается вопросом: как комбинировать разнообразие аспектов, представленных в программе с необходимым повторением материала во время обучения, чтобы студенты приобрели устойчивые навыки и умения? Предполагается несколько вариантов ответов:

– Прогрессия в обучении является неотъемлемой частью в течение всего учебного года, так же как и тесное сочетание между первой частью «Общий французский язык» и «Подготовка к сдаче международного экзамена DELF (уровень B2)» и второй частью «Французский язык для университетских целей».

– Во время всего обучения студенты много занимаются самостоятельной работой дома, «которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков» [11, 12].

– В течение всего обучения студенты совершенствуют межкультурные и языковые компетенции. Преподаватель поддерживает мотивацию студентов к академической мобильности и «социально-академической адаптации студентов к обучению за рубежом» [13], привлекает студентов, уже проучившихся во французских университетах. Таким образом, обеспечивается комплексный подход при подготовке студентов для программ академической мобильности.

Для более эффективной подготовки студентов к академической мобильности преподаватель активно использует информационные технологии, так как информационные технологии предусматривают деятельностный подход в обучении и способствуют решению задачи формирования межкультурных и языковых компетенций. Во время занятий используются платформы виртуальной обучающей среды или педагогические сайты, адаптированные к нуждам студентов, планирующих обучаться во Франции, где можно найти следующие информационные технологии: отрывки видео с лекциями и практическими занятиями французских преподавателей, снятые на видео собеседования с преподавателями необходимых дисциплин, дискуссионные форумы студентов, блоги, задания и ответы к заданиям, специализированная тексты и лексика и многое другое.

Заключение

Таким образом, специально разработанная программа подготовки к академической мобильности апробировалась в КНИТУ и совершенствовалась в течение нескольких лет. Подтверждением этому является ежегодное участие студентов КНИТУ в программе академической мобильности Henri Poincaré в рамках программы «Алгарыш». Студенты выигрывают гранты и обучаются во французских университетах, затем возвращаются в Татарстан, устраиваются на работу по своей специальности и в дальнейшем помогают другим студентам своими рекомендациями и делятся своим международным опытом, тем самым улучшают качество программы подготовки к академической мобильности.

Для составления и реализации образовательной программы подготовки к академической мобильности среди студентов был проведен опрос о причинах, по которым студенты посещают занятия по подготовке к учебе во французских университетах Анализ перечисленных причин позволил преподавателю правильно составить план и программу занятий, чтобы использовать более эффективные методы, приемы и средства обучения. В статье также показано содержание занятий второй части разработанной программы (французский язык для университетских целей), составленное согласно требованиям студентов.

Список литературы

1. Крайсман Н.В., Пичугин А.Б., Мигнот Л. Россия – Франция: исторические параллели в формировании патриотизма и общечеловеческих нравственных ценностей // Социально-ориентированное проектирование системы формирования гражданской идентичности учащейся молодежи в поликультурном образовательном пространстве: Сборник материалов Международной научно-практической конференции. В 2-х т. Под ред. С.Л. Алексеева [и др.]. 2018. С. 256–259.

2. Барабанова С.В., Крайсман Н.В. О праве студентов на общежитие и его административном обеспечении // Высшее образование в России. 2013. № 12. С. 123–128.

3. Valeeva E.E., Kraysman N.V. The Impact of Globalization on Changing Roles of University Professors. Proceedings

of 2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2014 2015. P. 934–935.

4. Царева Е.Е., Богоудинова Р.З. Состав и структура мультиязычной коммуникативной компетенции в инженерном вузе // Казанский педагогический журнал. 2018. № 4 (129). С. 153–158.

5. Valeeva R. Academic Mobility is the Main Tool of the Intercultural Competence Development of Engineering Students and Scholars in China and Russia. 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2013. 2013. P. 861–863.

6. Хафизова Л.Ю. Образовательный опыт взрослого учащегося в изучении иностранного языка в контексте непрерывного образования // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2017. № 7–1 (73). С. 211–214.

7. Пичугин А.Б., Крайсман Н.В. Исторический опыт деятельности образовательных учреждений дореволюционной России в свете современных социокультурных условий формирования гражданской идентичности // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=25197 (дата обращения: 26.10.2019).

8. Фахретдинова Г.Н. Технология обучения в сотрудничестве в преподавании иностранных языков в неязыковом вузе // Казанский вестник молодых учёных. 2018. Т. 2. № 5 (8). С. 72–75.

9. Semushina E.Y., Ziyatdinova J.N. Final Project of Graduate Engineers as Realization of Principle of Combinatory when Teaching English in Distant Form. Proceedings of 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2015. P. 296–298.

10. Gorodetskaya I.M., Shageeva F.T., Valeeva E. Cross-Cultural Communication Training for Future Engineers – a Model Developed at the Kazan National Research Technological University to Prepare Students for Mobility Programs and the Global Market Place. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings 122, Making Value for Society. 2015.

11. Муртазина Э.И. Развитие межкультурной компетентности студентов на занятиях иностранного языка с использованием технологии обучения в сотрудничестве // Вестник Марийского государственного университета. 2019. Т. 13. № 1 (33). С. 24–28.

12. Романов Д.А. Иноязычные компетенции в рамках технических направлений подготовки магистров // Высшее образование сегодня. 2017. № 6. С. 58–61.

13. Хусаинова Г.Р. Формирование навыков командного сотрудничества при изучении иностранного языка у будущих инженеров // Управление устойчивым развитием. 2018. № 5 (18). С. 94–98.

УДК 378.14

СПЕЦИФИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «СЛУХО-ЗРИТЕЛЬНОЕ ВОСПРИЯТИЕ» В ТВОРЧЕСКИХ ВУЗАХ

Никитина Г.А.

НОУ ВПО «Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов», Санкт-Петербург, e-mail: regmm_kafedra@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы совершенствования подготовки студентов, обучающихся по специальностям, связанным с разработкой и созданием экранных произведений. Автором осмысляется практической опыт преподавания дисциплины «Слухо-зрительное восприятие» студентам творческих вузов. Раскрывается круг проблем, указывающих на необходимость модификации современного обучения специалистов, работающих с аудиовизуальными технологиями. К таковым относятся как проблемы, связанные с особенностями восприятия аудиовизуальных произведений современным поколением студентов, так и проблемы, порожденные состоянием аудиовизуальной культуры в целом. В работе представлена авторская концепция преподавания дисциплины «Слухо-зрительное восприятие». Автор определяет основные тематические блоки дисциплины, поясняет последовательность изложения материала курса, возможное содержание разделов, дает методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов, проведению семинарских занятий, подбору аудиовизуального материала. В статье дается подробное описание тренингов «Где я?», «Кто это?», направленных на развитие слухового восприятия, концентрации, звуковой памяти, фантазии студентов. Описание тренингов подкрепляется методическими рекомендациями для преподавателя, ведущего тренинг. Намечаются возможные направления и варианты развития тренингов. Полученный теоретический и методический материал может быть применен в образовательном процессе на кафедрах и факультетах режиссуры и звукорежиссуры.

Ключевые слова: звук, аудиовизуальное произведение, режиссура, аудиовизуальное искусство, подготовка специалистов, методология обучения, режиссура мультимедиа, педагогические технологии

SPECIFICS OF TEACHING THE DISCIPLINE «AUDITORY-VISUAL PERCEPTION» IN CREATIVE UNIVERSITIES

Nikitina G.A.

Saint-Petersburg University of Humanities and Social Sciences, Saint-Petersburg, e-mail: regmm_kafedra@mail.ru

The article discusses the issues of improving the training of students in specialties related to the media art works. The author conceptualizes the practical experience of teaching the discipline «Audio-visual perception» to students of art Universities. The author reveals the range of problems indicating the need to modify the modern training of specialists working with audiovisual technologies. These include both the problems associated with the peculiarities of perception of audiovisual works by the modern generation of students, and the problems generated by the state of audiovisual culture as a whole. The author's concept of teaching the discipline «Auditory-visual perception» is presented in the work. The author defines the main thematic blocks of the discipline, explains the sequence of presentation of the course material, the possible content of the sections, gives methodological recommendations for organizing students' independent work, conducting seminars, and selection of audiovisual material. The article gives a detailed description of the training «Where am I?», «Who is this?», aimed at developing students' audio perception, concentration, sound memory, and imagination. The description of the trainings is supported by methodological recommendations for the teacher conducting the training. Possible directions and options for the development of trainings are outlined. The obtained theoretical and methodological material can be applied in the educational process at the departments and faculties of directing and sound engineering.

Keywords: sound, audiovisual artwork, direction, audiovisual art, training, training methodology, multimedia, pedagogical technologies

Внедрение технических новаций (виртуальность, интерактивность, нелинейность) трансформируют художественный язык аудиовизуального произведения [1, 2]. «Воздействие медийных технологий на искусство проявляется в изменении художественного видения современного художника, используемом им выразительном языке. Особенно это заметно в творчестве молодых художников» [3, с. 390].

Нельзя не согласиться с одним из ведущих специалистов в области мультимедиа В.Д. Сошниковым, что «процессы, происходящие в современном искусстве и культуре, проявляются в изменении принципов художественного мышления и формообразования» [4, с. 106].

Аудиовизуальное искусство в этом смысле является полем для «воплощения наиболее революционных идей и представлений современного искусства о произведении, роли автора и зрителя, соотношении реальности и искусства» [5, с. 94].

Однако при всех изменениях, коснувшихся структуры произведений, особенностей восприятия аудиовизуального про-

изведения зрителем, способов творчества, презентации и т.д. звук по-прежнему является значимой частью образного строя произведения [6]. Известно, что воздействие звука на человека происходит и при целенаправленном и при неосознанном восприятии, а роль звука в художественно-эстетическом, эмоциональном воздействии на зрителя трудно переоценить.

Современным молодым авторам – режиссерам игровых, документальных, анимационных фильмов, режиссерам мультимедиа необходимо представлять возможности звука, его роль в целостности художественно-эстетического восприятия произведения, различать особенности проявления звука в экранных произведениях разных видов и жанров. Логика и этапы знакомства студентов с возможностями звука представляют для нас в этой статье наибольший интерес.

Цель исследования: осмысление подходов к преподаванию дисциплины «Слухо-зрительное восприятие», входящей в цикл подготовки специалистов режиссеров мультимедиа.

Методы исследования: анализ специализированной литературы по исследуемой проблеме, в том числе авторских методик и процедур по анализу звуковой партитуры произведения.

Результаты исследования и их обсуждение

Как показывает многолетняя педагогическая практика, студенты творческих вузов, обучающиеся работе с современными экранными технологиями (в том числе режиссуре мультимедиа) имеют разный уровень слухового опыта восприятия произведений экранного искусства и из года в год представление абитуриентов о возможностях выразительных средств звука снижается. Звуковой «багаж» и опыт работы со звуком студента зависит от многих факторов, среди которых можно назвать: доступность музыкального образования, эффективность деятельности учреждений культуры по популяризации мирового музыкального наследия и лучших экранных произведений, уровень базового (и дополнительного) образования, полученного студентом, особенности культурной жизни города, в котором он воспитывался, собственные стремления студента к самообразованию, его заинтересованность в саморазвитии и другие факторы. Как результат, мы видим, что в творческих работах студентов начальных курсах звук иллюстративен, случаен. Во многих работах аудиовизуальное решение представляет собой серию музыкальных композиций. В лучшем случае эти композиции используются для формирования эмоционального настроя, задают ритм, используются в качестве основы для монтажа.

Один из крупнейших советских социологов музыки А.Н. Сохор, говоря о возможности слушателя воспринимать сложные музыкальные произведения, применял понятие «музыкальная воспитанность». Таким образом, А.Н. Сохор обозначал предшествующий опыт слушателя, широту (разнообразие жанров, стилей) знакомства с музыкой, имеющиеся навыки анализа музыкального текста [7, с. 59].

Будущий режиссер экранного искусства должен обладать достаточными навыками и компетенциями чтобы формировать и последовательно реализовывать замысел своего аудиовизуального произведения, что предполагает в том числе работу со звуком. Кроме того, композитор, звукорежиссер – специалисты, с которыми режиссеру предстоит работать в своей профессиональной деятельности. Режиссер должен иметь представления о звуковых выразительных средствах, владеть профессиональной терминологией. Условием успешной работы со звуком является развитый слух, звуковая память.

Развитие слухового опыта студентов

Для работы со звуком необходимо умение слушать – музыку, голоса, природу, анализировать звуковые явления, различать и запоминать характерные звуки их отличительные особенности, тембр голоса, манеру речи. Для режиссера важным является сформированный слух, развитая звуковая память, умение ориентироваться в акустическом пространстве. Существует ряд упражнений, направленных на развитие этих навыков. Весьма эффективными автор считает упражнения З.Я. Корогодского [8] и предлагает эти упражнения студентам.

Среди наиболее полюбившихся студентам тренингов З.Я. Корогодского можно назвать тренинг «Где я?» Для его проведения нужна аудитория, где вы имеете возможность рассадить студентов в круг на небольшом расстоянии друг от друга и от стен – так, чтобы можно было пройти, никого не задев. Студенты садятся в круг лицом, мебель должна быть удобная, поза свободная, шея расслаблена, в руках ничего нет, ноги стоят на полу. Перед началом упражнения студенты должны запомнить кто где сидит для того, чтобы назвать имя человека, за которым вы остановитесь. Затем можно закрыть глаза. Дайте ребятам минутку освоиться в новой обстановке, похихикать и настроиться на работу. Когда все наконец успо-

коятся, начинайте двигаться за их спинами. Ваша задача – мобилизовать внимание студентов, заставить их сконцентрироваться на звуках, ну, и запутать их немного – ведь это игра! Создавайте много звуков, меняйте походку, внезапно останавливайтесь, – здесь открывается простор для вашей фантазии. Сколько по времени это может продолжаться? По опыту – не более 30 с. Важно не заиграться. Перемещаясь за спинами, остановитесь за кем-либо из студентов. Осознав вашу остановку, студенты должны назвать имя того, за кем вы остановились. И только после этого можно открывать глаза! Попросите их описать то, что они слышали и что им представлялось вместе с этими звуками. И так далее. Этот тренинг доставляет немало удовольствия и студентам, и преподавателям. Простой и забавный, он позволяет «включить» слуховое восприятие студентов, обостряет восприятие, тренирует концентрацию, – и со временем вам, конечно, будет все сложнее их «обмануть». Кроме того, наблюдение за студентами в тренинге дает педагогу немало пищи для анализа – скорость, точность восприятия, словарный запас, который студенты используют для описания звуков и своего состояния, взаимодействие в группе, отношение к ошибкам – своим и чужим и много чего еще. Эта информация очень помогает выстраивать траекторию обучения для каждой конкретной группы и индивидуализировать подход к студентам. Ну и, разумеется, игра, как совместное переживание, сближает, помогает установить контакт даже с самыми сложными, «неконтактными» группами студентов.

Понятно, что результат, полученный в игре, необходимо закрепить. Для этого предлагается использовать упражнение, также имеющего основой тренинг Зиновия Яковлевича, однако развитый и дополненный специально для студентов, обучающихся экранным искусствам. Этот тренинг можно условно назвать «Кто это?» Для его проведения вам необходимо составить «библиотеку» шумов. В основе этого «собрания» – разнообразные шаги. Здесь можно использовать как шаги, найденные в библиотеках шумов и интернете, так и небольшие звуковые фрагменты из фильмов или мультипликации. Прослушав запись, студенты должны не только отгадать – кто это идет. Необходимо составить историю этого персонажа (да, это могут быть не только люди!) – кто он, сколько ему лет, откуда и куда он идет, в каком настроении находится и т.д. Удивительно, что все это можно определить только по шагам, – не так ли? Но это не плод фантазии, потому что студент должен обосновать свое видение, подробно описывая детали звука. Надо сказать, что во время проведения этого тренинга Корогодским, никакой «библиотеки» шагов, конечно, не было, студенты сидели в полукруге, и за их спинами один из актеров «показывал» шаги. Но суть упражнения заключалась именно в «узнавании» человека по шагам, – как и описано. Для студентов режиссуры мультимедиа этот тренинг имеет визуальное продолжение: необходимо «создать» персонажа, чьи шаги мы слышим. И потом уже обратным ходом мы вместе можем проверить – соответствует ли звук изображению или нет.

Таким образом, упражнение «Кто это?» логично развивает навыки, полученные в тренинге «Где я?»: студент уже работает с конкретным звуком, перед ним стоит задача не просто услышать его, но и осознать его, дать оценку, осмыслить и найти ему визуальное подтверждение. Это упражнение, по мнению автора, одно из самых действенных тренингов на развитие воображения студентов. При этом воображение работает в границах поставленной задачи, а не просто как хочется. Разумеется, задача педагога в тренинге – следить, мягко и с юмором, чтобы эти границы не «нарушались», направлять при необходимости фантазию студентов в «нужное русло». Навык работы по задаче, что означает умение дисциплинировать свое воображение, управлять им, не ощущая при этом скованности, довольно сложно формировать у студентов. Представляется, что вышеописанный тренинг может весьма в этом способствовать.

Работа в тренингах требует пристального внимания педагога к самочувствию студентов. При малейших признаках и жалобах на головокружение, головную боль, внезапную слабость, любые симптомы, не свойственные нормальному самочувствию, тренинг должен быть прекращен. В тренингах, который проводил лично З.Я. Корогодский, этому уделялось постоянное внимание. У автора нет причин не доверять опыту великого мастера, поэтому, проводя тренинг, он всегда интересуется, как чувствуют себя студенты. Действительно, любые ментальные упражнения, требующие концентрации и переключения внимания, обострения восприятия нужно усиливать постепенно, избегая насилия над собой и чувства эмоционального опустошения, возникающего после сильной физической нагрузки. Представляется, что лучший способ сделать занятия более продуктивными, – это чередование нагрузки и сброса: после тренингов можно посмотреть и обсудить мультфильм или музыкальный клип.

Методологические аспекты освоения материала курса «Слухо-зрительное восприятие»

Обучение работе с выразительными средствами звука студентов младших курсов должно быть последовательным, поэтапным [9]. В программе студентов, обучающихся по специальности «Режиссура кино и телевидения», на освоение базовых элементов работы режиссера со звуком направлена дисциплина «Слухо-зрительное восприятие».

Осваиваемый в дисциплине «Слухо-зрительное восприятие» материал можно поделить на следующие разделы:

– специфика использования речи, шумов и музыки как средств звуковой выразительности;

– методы соединения звуковых компонентов в соответствии с авторским решением произведения;

– работа со звуком на разных этапах создания экранного произведения;

– оценка качества звуковых компонентов произведения.

Для объяснения роли звука как информационной и художественной компоненты произведения необходимо обратить внимание студентов на следующие аспекты: развитие палитры звуковых выразительных средств в экранном искусстве было тесно связано как с совершенствованием аудиовизуальных технологий, так и с их творческим и теоретическим осмыслением. Наиболее логично подавать эту информацию в контексте истории становления экранного искусства – от немого кино до современных мультимедийных проектов. Таким образом, студенты могут составить целостное представление о технико-технологических аспектах аудиовизуального искусства, о современных возможностях записи, обработки и воспроизведения звука.

Необходимо отметить, что для освоения этого материала во время семинаров и самостоятельной работы студентами должно быть изучено и проанализировано значительное количество аудиовизуального материала. На этом этапе стоит задача объяснить, что означает структура звука в произведении, а также показать, что звук является важным монтажным элементом.

Последующие занятия следует посвятить основным компонентам звукового решения (речь, музыка, шумы) в отдельности. Так, студенты должны иметь представление о роли и специфике применения закадровых и внутрикадровых, синхронных и дополнительных шумов, крупном и общем плане шума, принципах отбора закадровых шумов. Для усвоения этого блока материала можно дать задание на сравнение восприятия привычных шумов в жизни и в аудиальном произведении. Можно также предложить студентам проанализировать эмоциональные оттенки шумов, сравнить имитируемые и натуральные шумы. Если занятие проходит в специализированной аудитории (оборудованной компьютерами с программами для монтажа и обработки аудио- и видеоматериала), студентам можно предложить трансформировать характер шумов, использованных во фрагменте фильма, и тем самым изменить атмосферу. Может быть предложено задание: «переозвучание шумов» в отрывке видео с заменой их на имитируемые шумы (шумы, которые, при записи звука создаются при помощи источников, разнящихся с источником звука, зафиксированным на видео). Полезным заданием для представления о возможностях шумов будет задание на звуковую ассоциацию и интерпретацию шумов.

Невозможно переоценить роль музыки в аудиовизуальном произведении. Режиссер, работающий в области аудиовизуального искусства должен осознанно подходить к отбору музыки, к работе с композитором, звукорежиссером. Студентам необходимо знать основные цели и задачи использования музыки. Во время занятий можно рассмотреть роль музыки в создании персонажа, персонификацию музыкальных тем, изучить понятия «контрапункт», «лейтмотив», «полифония», «гармония». Будет полезно проанализировать примеры применения музыкального контрапункта, лейтмотива, использования музыкальной темы места действия, темы персонажа, музыкального подтекста и другие.

Важным компонентом звукового решения является речь. Режиссеры должны иметь представление о ее специфике, различать виды речи, используемые в аудиовизуальном произведении, владеть профессиональной терминологией. Так, необходимо дать аудиовизуальные примеры закадровой, внутрикадровой речи, авторской речи, речи диктора, речи ведущего за кадром. Студенты должны получить представление о роли и специфике построения монолога и диалога в экранном произведении, отличии сценарной (литературной) речи и экранной речи. Для получения собственного опыта можно предложить студентам в качестве самостоятельного задания адаптировать литературный материал к условиям экрана, «расписать» диалоги персонажей.

Кроме того, необходимо рассмотреть возможности речи в создании персонажа. Для проведения занятия на эту тему мож-

но подобрать примеры, в которых важную роль играют индивидуальные особенности речи, такие как тембр, дефекты речи. Внимание студентов нужно обратить на интонацию, ритм речи. Удаленность источника речи, речевая доминанта являются важными композиционными решениями, что можно продемонстрировать на соответствующих примерах.

В качестве задания для закрепления материала, посвященного речи, можно попросить учащихся сформулировать актёрские задачи, связанные с речевыми характеристиками для исполнителей ролей в выбранной преподавателем сцене. При наличии соответствующего оборудования можно записать речь исполнителей, прослушать и проанализировать, выполнены ли установки режиссеров.

На дальнейших этапах обучения можно рассмотреть со студентами методы соединения компонентов звукового решения на примерах экранных произведений разных жанров, в том числе интерактивных. В качестве самостоятельной работы можно предложить студентам провести письменный либо устный анализ произведения.

Для представления об этапах работы над экранным произведением можно рассмотреть примеры звуковой партитуры фильма. В этом тематическом разделе студентов можно ознакомить с основной документацией, связанной со звуком в фильме, организационными аспектами работы.

На завершающем этапе можно рассмотреть критерии оценки качества звучания.

Заключение

В настоящее время существует необходимость совершенствования аудиовизуальных произведений, и важную роль в этом должны сыграть квалифицированные специалисты, способные не только к технически грамотной, но и к эстетически ориентированной профессиональной работе. На основе анализа литературы и эмпирических исследований проблемы подготовки к работе со звуком студентов творческих вузов была сформулирована педагогическая концепция, положенная в основу программы дисциплины «Слухо-зрительное восприятие». Концепция ориентирована на формирование профессионального отношения студентов к звуку как к способу творческой самореализации. Согласно концепции, профессиональное становление студентов должно быть построено как система теоретических представлений о звуке в экранном произведении, подкрепленных примерами и практическими заданиями, важным компонентом являются также тренинги по развитию восприятия звука. В этом вопросе автор согласен с подходом В.Д. Сошникова, утверждающего, что совершенствование образовательного процесса сегодня требует «сочетания теоретических и практических аспектов, знакомства с современными мультимедийными жанрами, прикладными программами, соответствующими технологическими циклами» [10, с. 461].

На данный момент можно говорить лишь о промежуточных результатах апробации программы. Однако высокая оценка звукового решения ряда творческих и учебных работ студентов, прошедших курс «Слухо-зрительное восприятие», на профессиональных конкурсах и экзаменационных испытаниях подтверждает эффективность описываемой методики, в связи с чем можно говорить о повышении уровня профессионального мастерства студентов.

Список литературы

1. Югай И.И. Художественно-эстетическая специфика звука в медиа-арте // Музыка в пространстве медиакультуры: материалы Международной научно-практической конференции (Краснодар, 14 апреля 2014 г.). Краснодар: Издательство КУГИ, 2014. С. 65–71.

2. Югай И.И. Звук в компьютерных играх: теория и практика // Музыка в пространстве медиакультуры: материалы IV Международной научно-практической конференции (Краснодар, 17 апреля 2017 г.). Краснодар: Издательство КУГИ, 2017. С. 147–148.

3. Югай И.И. Проблемы профессиональной подготовки специалистов для работы с медиатехнологиями // Педагогика искусства. 2013. № 4. С. 389–393.

4. Сошников В.Д. Монтаж. Исторический аспект // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 2–1 (56). С. 106–108.

5. Югай И.И. Понятие медиа в искусстве // Вопросы культурологии. 2013. № 7. С. 93–97.

6. Сошников В.Д., Денисов А.В., Югай И.И. Искусство мультимедиа. Мультимедиа и творчество. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, 2012. 352 с.

7. Сохор А. Воспитательная роль музыки. 2-е изд., доп. Л.: Музыка, 1975. 64 с.

8. Корогодский З. Возвращение. СПб.: Стройиздат, 2001. 388 с.

9. Никитина Г.А. Шумы в звуко-зрительной партитуре фильма // Музыка в пространстве медиакультуры: материалы II Международной научно-практической конференции (Краснодар, 13 апреля 2015 г.). Краснодар: Издательство КУГИ, 2015. С. 57–60.

10. Сошников В.Д. Система практических заданий как фактор повышения качества подготовки режиссеров мультимедиа // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 12–2. С. 460–464.

УДК 378.147

КЕЙС-ТЕХНОЛОГИИ В ИНТЕРАКТИВНОМ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ СТУДЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

[1]Сарванова Ж.А., [1]Кочетова И.В., [2]Дорофеев С.Н., [1]Порваткин А.В.

[1]ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: sarvan@yandex.ru, ir_vi_kochetova@mail.ru, kadoshkin-641129@yandex.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, e-mail: komrad.dorofeev2010@yandex.ru

В статье выявлена сущность и выяснена роль кейс-технологий как одного из условий формирования профессиональных компетенций студентов естественно-технических профилей в обучении математике. Выявлено содержание интерактивных форм и методов обучения, раскрыты основные характеристики кейс-технологий, способствующих интерактивному взаимодействию обучающихся и преподавателя. Отмечено, что интерактивные технологии предполагают включение в учебный процесс специально разработанных комплектов учебно-методических материалов – кейсов, разработанных на основе практических ситуаций. Различная степень разрешения таких ситуаций явилась основой для выбора классификации кейсов. Определено, что технологии использования кейсов сводятся к последовательному включению в учебный процесс ситуаций-проблем, ситуаций-оценок, ситуаций-иллюстраций, ситуаций-опережений. Приведены примеры кейсов, решение которых основано на применении знаний математического анализа. Отмечено, что использование кейсов в обучении математике студентов естественно-технических профилей обуславливает не только овладение методом математического моделирования, но и способствует формированию компетенций обучающихся в области решения профессиональных задач. Выявлено, что студенты, активно выполняющие кейсы, проявляют познавательную активность, включаются в творческую, исследовательскую деятельность, учатся разрешать проблемные, профессионально значимые ситуации, а значит, учатся моделировать свое профессиональное поведение в будущем.

Ключевые слова: интерактивные методы и формы обучения, интерактивные технологии, кейс-технологии, естественно-технический профиль обучения, обучение математическим дисциплинам

CASE TECHNOLOGIES IN INTERACTIVE TEACHING OF MATHEMATICAL DISCIPLINES OF STUDENTS OF NATURAL-TECHNICAL PROFILES

[1]Sarvanova Zh.A., [1]Kochetova I.V., [2]Dorofeev S.N., [1]Porvatkin A.V.

[1]Mordovian State Pedagogical Institute named after M.E. Evseyev, Saransk, e-mail: sarvan@yandex.ru, ir_vi_kochetova@mail.ru, kadoshkin-641129@yandex.ru;

[2]Togliatti State University, Togliatti, e-mail: komrad.dorofeev2010@yandex.ru

The article reveals the essence and clarifies the role of case technologies as one of the conditions for the formation of professional competencies of students of natural-technical profiles in teaching mathematics. The content of interactive forms and teaching methods is revealed, the main characteristics of case technologies that promote the interactive interaction of students and teachers are disclosed. It is noted that interactive technologies involve the inclusion in the educational process of specially designed sets of teaching materials – cases developed on the basis of practical situations. A different degree of resolution of such situations was the basis for choosing the classification of cases. It has been determined that the technologies for using cases are reduced to the sequential inclusion of situations-problems, situations-assessments, situations-illustrations, situations-advances in the educational process. Examples of cases are given, the solution of which is based on the application of knowledge of mathematical analysis. It is noted that the use of cases in teaching mathematics to students of natural-technical profiles determines not only mastery of the mathematical modeling method, but also contributes to the formation of students' competencies in the field of solving professional problems. It was revealed that students who are actively performing case studies are cognitively active, are involved in creative, research activities, learn to solve problematic, professionally significant situations, and therefore, learn to model their professional behavior in the future.

Keywords: interactive teaching methods and forms, interactive technologies, case technologies, natural-technical education profile, training in mathematical disciplines

Динамично развивающееся общество нуждается в грамотных специалистах, которые обладают широким спектром профессиональных знаний и умений, готовы и способны качественно решать профессиональные задачи. Особо востребованы на рынке труда в настоящее время выпускники вузов, на базе которых ведется подготовка студентов естественно-технических профилей. Необходимым компонентом обучения студентов названных профилей является обучение математике. Основной целью этого обучения является формирование компетенций в области использования и разработки математических моделей, которые находят применение в определенной профессиональной сфере. Поэтому проблема поиска путей, методов, средств, раз-

работка технологий качественной математической подготовки студентов названных профилей является актуальной.

В соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования реализация учебного процесса должна предусматривать проведение занятий в интерактивных и активных формах и методах обучения с целью формирования необходимых профессиональных компетенций [1–3].

Активные формы и методы обучения характеризуются равным участием студентов и преподавателя в проведении занятий. Их применение базируется на демократическом стиле педагогического общения. Интерактивные формы и методы во многом аналогичны активным и предполагают интенсивное взаимодействие всех студентов с преподавателем. Однако можно выделить несколько ключевых отличий. Во-первых, применение интерактивных форм и методов характеризуется тем, что именно обучаемым отводится ведущая роль, наставник только «направляет» их работу. Во-вторых, на занятии в основе организации лежат преимущественно активные методы, а взаимодействие студентов друг с другом проявляется не так явно, как в случае интерактивного взаимодействия.

Интерактивные формы и методы обучения являются основой интерактивных технологий [3–7]. Данные технологии предполагают поэтапное включение в учебный процесс специально разработанных кейсов – «комплектов учебно-методических материалов, разработанных на основе практических ситуаций, формирующих у обучающихся навыки самостоятельного конструирования способов решения задач» [8, с. 216]. Одной из особенностей таких комплектов является наличие подзадач, решение каждой из которых служит основой для решения последующей.

Цель исследования: выявить возможности применения интерактивных кейс-технологий в обучении математике студентов естественно-технических профилей.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на основе применения теоретических (изучение и анализ психолого-педагогической, научно-методической и учебной литературы, в частности исследование образовательных программ бакалавриата естественно-технических профилей, в частности математических дисциплин) и эмпирических (наблюдение, беседа со студентами и преподавателями вузов) методов. Для изучения особенностей использования кейс-технологий в обучении студентов исследование проводилось на базе естественно-технологического факультета ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева», материально-техническое, аппаратно-программное и организационно-методическое обеспечение которых позволили определить потенциальные возможности и перспективы интерактивного обучения в вузе. Для описания содержания обучения с использованием кейсов и выявления оптимальных условий его реализации в контексте обучения в высшей школе использовался деятельностный подход [9].

Материалы статьи обладают практической значимостью для преподавателей математических дисциплин в контексте интерактивного обучения студентов вузов.

Результаты исследования и их обсуждение

Применение кейс-технологий связано с использованием в обучении конкретных ситуаций, описания которых заранее подготовлены преподавателем. Очень часто преподаватель заготавливает целую цепочку ситуаций, выстроенных так, что решение каждой последующей непосредственно связано с решением предыдущей. Предлагаемые к изучению ситуации можно разделить на четыре группы: ситуации-проблемы, ситуации-оценки, ситуации-иллюстрации, ситуации-опережения [10]. В первом случае ситуации связаны с конкретной практической проблемой, оценив которую студенты предлагают решения, если таковое вообще существует.

Ситуации-оценки – это описание проблемы с уже готовым вариантом ее решения. Студентам остается лишь оценить его. Ситуация-иллюстрация требует от учащихся подробного описания имеющегося положения дел, причин по которым она возникла. Также разрешение этой ситуации предполагает описание поиска ее решения и его алгоритма. Студенты должны всесторонне и с максимальной объективностью проанализировать ситуацию, сформулировать систему вопросов, позволяющих выбрать наиболее рациональное решение. Ситуации, решение которых основывается на применении уже приобретенных знаний и умений, называются ситуациями-опережениями.

В интерактивном обучении студентов важны все четыре вида описанных ситуаций, необходимо их поэтапное использование. Приведем примеры таких кейсов, в которых последовательно отражены ситуации-иллюстрации, ситуации-проблемы, ситуации-оценки и ситуации-опережения, разработанные в соответствии с рекомендациями, представленными в [11, 12].

Задание 1.

Заказчик обратился в инженерно-строительную компанию в связи с вопросом,

возникшим у него при строительстве газопровода. В проектной документации, в соответствии с которой идет строительство газопровода, отсутствовал расчет величины прогиба трубы в пролете между опорами *A* и *B*, которые расположены, по сравнению с остальными опорами, на значительном расстоянии друг от друга. Кроме того, на этом участке труба будет подвергаться нагрузкам из-за близкого расположения к железной дороге. Заказчик обеспокоен потенциальной опасностью экологической катастрофы и собирается установить дополнительную опору между *A* и *B*, но где конкретно это необходимо сделать, не знает. Значение прогиба трубы в точке, расположенной правее опоры *A* на расстоянии *x* от нее, определяется по формуле $f(x)=\frac{Dx^2(l-x)^2}{24TFl}$, где значения *T* и *F* зависят от материала изготовления трубы и ее диаметра, *l* – длина части нефтепровода между *A* и *B*. Проведя новый расчет, инженер дал рекомендацию по установке дополнительной опоры на расстоянии $\frac{l}{2}$ правее *A*.

1. Проанализируйте описанную ситуацию. 2. На основании чего инженер предоставил рекомендацию? 3. В соответствии с представленными данными проведите исследование прогиба трубы и докажите или опровергните заключение сотрудника инженерно-строительной компании. 4. При каких вариантах установки дополнительной опоры риск экологической катастрофы не сводится к минимуму?

Приведем вариант решения данного кейса.

1. Фактически решение кейса сводится к исследованию экстремумов функции $f(x)$ на отрезке [0; l].

2. Инженер мог предоставить рекомендацию, проанализировав функцию $f(x)$ на экстремум и выявив точку максимального прогиба.

3. Проведем исследование функции $f(x)$ на экстремум. Исходя из описанной ситуации, необходимо найти максимум названной функции на отрезке [0; l]. Вычисляем производную функции: $f'(x)=\frac{Dx(x-l)(x-\frac{l}{2})}{6TFl}$. Отсюда получаем точки, подозрительные на экстремум: $f'(x)=0$ при $x_1=l$, $x_2=\frac{l}{2}$, $x_1=0$. Вычислим значения функции в точках 0, l и сравним их: $f(1)=0$, $f(0)=0$. При $x=\frac{l}{2}$ $f\left(\frac{l}{2}\right)=\frac{Dl^3}{384TF}$. Таким образом, деформация газопровода будет наибольшей при $x=\frac{l}{2}$. Заключение инженера истинно.

4. Риск экологической катастрофы не сводится к минимуму в том случае, если координата дополнительной опоры будет удовлетворять неравенствам $x<\frac{l}{2}$ или $x>\frac{l}{2}$.

Задание 2.

На одном из берегов реки располагается склад *A*, но подъезд к нему очень неудобный и опасный – на пути располагается множество мест, где могут произойти обвалы горной породы. В связи с этим было решено построить новый склад – *B* на другом берегу реки. После того, как новое место хранения было построено, владельцы задумались, как с наименьшими затратами перевезти материал из *A* в *B*. Организовать паромную переправу не представляется возможным, а переезжать реку через уже построенный мост за несколько километров затратно. Очевидна необходимость постройки временного моста.

1. Проанализируйте описанную ситуацию. 2. Сформулируйте условие, при котором затраты на перевозку будут минимальными (все автомобили одинаковы, заправляются одинаковым топливом и замене не подлежат). Поставьте вопрос, ответ на который необходимо дать для достижимости условия. 3. Найдите ответ на поставленный вопрос. 4. После того, как оптимальное решение будет найдено, ответьте на следующий вопрос. Предположим, возникла необходимость транспортировать кран-погрузчик со склада *A* на склад *B*. При движении кран может поворачивать только на угол 90 градусов. В соответствии с этим было решено организовать маршрут крана следующим образом: от пункта *A* до берега реки, далее к мосту, через мост на другой берег, от моста по берегу до точки, расстояние от которой до *B* будет минимальным, в пункт *B*. Каким соотношением в этом случае связаны расстояния, которые погрузчик пройдет по береговым линиям с расстояниями, которые он пройдет, двигаясь от склада *A* к берегу реки и от другого берега реки ко второму складу?

Далее представим один из возможных вариантов решения данного кейса.

1. Сделаем чертеж, который соответствует описанной ситуации (рисунок). Здесь *A* и *B* – склады, *CD* – мост через реку. Очевидно, что по условию значения *a*, *b*, *c*, *h* неизменны.

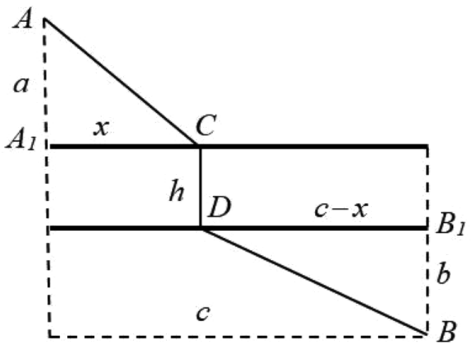


Схема расположения складов A, B и моста через реку CD

2. Затраты на перевозку при заданных условиях будут минимальны в том случае, если маршрут автомобилей, перевозящих материалы из A в B, будет минимальным по расстоянию. Таким образом, необходимо найти такое место для постройки моста, чтобы выполнялось указанное выше условие.

3. Если все объекты на местности расположены так же, как и на чертеже, то весь путь от A к B равен $f = AC + CD + DB$. Обозначив за x длину отрезка A_1C, получим: $BD = \sqrt{b^2 + (c-x)^2}$, $AC = \sqrt{a^2 + x^2}$, $f = \sqrt{a^2 + x^2} + h + \sqrt{b^2 + (x-c)^2}$, причем $x \in [0; c]$.

Найдем минимум функции $f(x)$ на указанном отрезке. $f'(x) = \frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} + \frac{x-c}{\sqrt{b^2 + (x-c)^2}}$. Решая уравнение $f'(x) = 0$, получаем точки, подозрительные на экстремум: $x_1 = \frac{ac}{a+b}$ и $x_2 = \frac{ac}{a-b}$. Вторая точка расположена вне рассматриваемого отрезка, первая – на отрезке (поскольку $x_1 > 0$, $\frac{a}{a+b} < 1$, следовательно, $x_1 < c$). Применяя достаточные признаки возрастания и убывания функции, убеждаемся, что x_1 – точка минимума.

Таким образом, чтобы длина маршрута была минимальной, необходимо построить мост там, где $A_1C = \frac{ac}{a+b}$.

4. В соответствии с чертежом необходимо указать соотношение, которым связаны значения x, $c - x$, a, и b в том случае, когда мост построен в соответствии с найденным решением. Нетрудно проверить, что в этом случае $a(c - x) = bx$.

Задание 3.

Фабрика, выпускающая сотовые телефоны, не работала длительное время, в связи с чем при ее запуске было разработано новое планирование хозяйственной деятельности. В соответствии с ним в первый год фабрика должна будет выпустить 31000 телефонов. Каждый год количество товара будет увеличиваться на 500 единиц. Владелец решил зарезервировать часть средств в сумме 100 000 руб. для реализации последующих амортизационных отчислений в течение 10 лет.

1. Проанализируйте описанную ситуацию. 2. Будет ли достаточно зарезервированной владельцем суммы для покрытия амортизации за 10 лет, если норма отчислений за каждый год составляет 1% от стоимости товара при стоимости телефона 50 рублей? 3. Какое количество амортизационных сумм за 10 лет будет достаточным для покупки телефонов, выпущенных за аналогичный период? Эффективна ли норма амортизации, предложенная в предыдущем пункте в случае, если количество непроданных телефонов составляет не более 20% от выпущенных?

Использование представленных кейсов позволит преподавателю выстроить структуру занятия, позволяющую в наиболее полной степени реализовать принцип индивидуального подхода, при этом поддерживая высокую связь обучения с практикой [13].

Ситуации, подобные описанным выше, имеют прикладное содержание. При обсуждении решения кейсов обучающиеся могут свободно привлекать собственный жизненный опыт и кругозор. Так, на заключительном этапе работы с предложенной ситуацией необходимо соотнести построенную математическую модель с элементами реального образа, сформированного в воображении и основывающегося на реальном опыте.

Работа над представленными заданиями может быть организована с привлечением метода мозгового штурма. Это способствует развитию гибкости мышления студентов, позволяет находить решения в различных ситуациях, обеспечивает возможность широкого взаимодействия обучающихся между собой.

Заключение

Применение кейс-технологий в обучении математике студентов естественно-технических профилей, прежде всего, основано на включении в учебный процесс кейсов – конкретных ситуаций четырех видов, описанных выше. Методика работы с этими комплектами заданий предполагает

интерактивное взаимодействие студентов между собой и преподавателем. Выполнение предлагаемых кейсов благотворно развивает у обучающихся умения анализировать ситуации, дает им возможность оценивать альтернативные решения, выбирать из них наиболее оптимальное и осуществлять его.

Таким образом, у студентов формируются умения работать в команде, развиваются способности обосновать и представлять результаты своей деятельности. Предлагаемые нами интерактивные технологии позволят им в будущем успешно моделировать свое профессиональное поведение, обусловят их востребованность и успешное трудоустройство.

Статья выполнена в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет и Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева) по теме «Технология математической подготовки студентов естественно-технических профилей в условиях бакалавриата».

Список литературы

1. Баранова Е.М. Формирование ключевых компетенций у студентов технических вузов в процессе обучения математике посредством активных методов обучения // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2011. № 24. С. 544–549.

2. Кочетова И.В., Шалина О.Н., Егорченко И.В. Интерактивное обучение как фактор совершенствования современного высшего образования // Гуманитарные науки и образование: научный журнал. 2017. № 3. С. 31–36.

3. Широкова С.Ю., Широкова А.Ю. Использование интерактивных технологий обучения в образовательном процессе // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 2–1. С. 184–187.

4. Далингер В.А. Кейс-метод в подготовке учителя математики // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 3–4. С. 427–430.

5. Добрынина Т.Н. Интерактивное обучение в системе высшего образования: монография. Новосибирск: Изд. НГПУ, 2008. 183 с.

6. Дорофеев С.Н., Журавлева О.Н., Рыбина Т.М., Сарванова Ж.А. Формирование исследовательских компетенций учащихся на современном уроке математики // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 10. С. 181–185.

7. Кучугурова Н.Д. Методы активного обучения как средство формирования профессиональных компетенций будущего учителя // Наука и школа. 2016. № 6. С. 135–140.

8. Насиханова А.Г., Насиханова Р.Т. Кейс-технология на уроках математики как условие продуктивного обучения в условиях реализации ФГОС // Актуальные проблемы современного образования. 2018. № 1. С. 215–221.

9. Саранцев Г.И. Современные методы исследования в предметных методиках // Педагогика. 2015. № 6. С. 25–32.

10. Гаджигурбанова Г.М. Анализ подходов к классификации кейсов // Мир науки, культуры, образования. 2013. № 3 (40). С. 9–12.

11. Махотин Д.А. Метод анализа конкретных ситуаций (кейсов) как педагогическая технология // Вестник РМАТ. 2014. № 1. С. 94–98.

12. Табишев Т.А. Методические особенности конструирования кейс-заданий для студентов образовательных организаций высшего образования профильных специальностей и направлений подготовки (на примере учебной дисциплины «Математический анализ») // Актуальные проблемы современного образования. 2016. № 1 (20). С. 76–84.

13. Троешестова Д.А. Выбор интерактивных методов обучения студентов специальности «Математика» на основе психолого-педагогического мониторинга // Вестник Чувашского университета. 2013. № 2. С. 141–145.

УДК 378.14

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Семенова В.Н., Галузо Н.А., Никифорова Н.Г., Федянина Н.С., Федянин А.П.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет», Новосибирск, e-mail: tezis-ngmu@mail.ru

Необходимость модернизации образования обусловлена современными изменениями во всех отраслях науки и техники. Для обеспечения качества высшего профессионального образования, подготовки конкурентоспособного специалиста, формирования нравственной, социально и духовно зрелой личности необходимо постоянное усовершенствование педагогических технологий. В статье приводятся результаты длительного практического использования при подготовке специалистов медико-профилактического профиля в медицинском вузе на кафедре гигиены и экологии разнообразных образовательных технологий, форм, способов и методов (деловые игры, ситуационные задачи, эссе, презентации, учебно-исследовательская деятельность, электронные учебники, дистанционное образование, само- и взаимооценка, научно-исследовательская и проектная деятельность). На основании собственного опыта обсуждаются положительные и негативные стороны применения широкого арсенала образовательных технологий. При обсуждении затрагиваются позиции как со стороны профессорско-преподавательского состава, так и со стороны обучающегося. Для объяснения возможных негативных последствий в некоторых случаях приводятся результаты собственных физиологических исследований. Акцентируется внимание на особенностях современных студентов. Накопленный, критически осмысленный опыт преподавания общей гигиены и профильных гигиенических дисциплин позволяет нам использовать положительные моменты как традиционных, старых, «проверенных жизнью», так и инновационных технологий, нивелируя их «минусы».

Ключевые слова: гигиена, информатизация, компетенции, образовательный процесс, образовательные стандарты, технологии

EXPERIENCE WITH VARIOUS EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

Semenova V.N., Galuzo N.A., Nikiforova N.G., Fedyanina N.S., Fedyanin A.P.

Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, e-mail: tezis-ngmu@mail.ru

The need to modernize education is due to modern changes in all branches of science and technology. To ensure the quality of higher professional education, the training of a competitive specialist, the formation of a moral, social and spiritual Mature personality, it is necessary to constantly improve pedagogical technologies. The article presents the results of long-term practical use in the training of medical and preventive profile in the medical University at the Department of hygiene and ecology of a variety of educational technologies, forms, methods and methods (business games, situational tasks, essays, presentations, educational and research activities, electronic textbooks, distance education, self-and mutual evaluation, research and project activities). On the basis of our own experience, we discuss the positive and negative aspects of the use of a wide range of educational technologies. The discussion addressed the position both from the faculty and from the student. To explain the possible negative consequences in some cases, the results of their own physiological studies. Attention is focused on the features of modern students. The accumulated, critically meaningful experience of teaching General hygiene and specialized hygienic disciplines allows us to use the positive aspects of both traditional, old, «life-tested «and innovative technologies, leveling their «cons».

Keywords: hygiene, Informatization, competences, educational process, educational standards, technologies

Современные тенденции мирового глобального развития, необходимость формирования профессионально значимых качеств конкурентоспособного специалиста, постоянная изменчивость информационного поля диктуют необходимость модернизации общества во всех областях, включая образование. С 1994 г. в России действуют государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования, которые предназначались для обеспечения качества высшего профессионального образования; единства образовательного пространства Российской Федерации; основы для объективной оценки деятельности образовательных учреждений, реализующих образовательные программы высшего профессионального образования. Данные документы постоянно совершенствовались. На сегодняшний момент практически во всех действующих ФГОСах имеется указание на то, что «реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся….». Основные федеральные документы об образовании [1, 2] акцентируют внимание на разработке и реализации в системе профессионального образования новых технологий и форм организации учебного процесса.

Коллектив нашей кафедры идет в ногу со временем – при преподавании профилактических дисциплин используется множество инновационных технологий,

замещающих традиционное объяснительно-иллюстративное обучение.

Цель работы: провести анализ и систематизировать положительные и отрицательные стороны разнообразных инновационных технологий.

Применены общелогические методы и приемы исследований – анализа, синтеза, абстрагирования и обобщения результатов опыта применения в образовательном процессе различных технологий. Для выявления некоторых характеристик анализируемых технологий в ряде случаев дополнительно использовали данные социологических, физиологических и гигиенических исследований.

Результаты исследования и их обсуждение

Старый проверенный способ формирования необходимых умений/навыков – решение ситуационной(ых) задач(и), технология «Кейс-стади» по конкретной тематике или комплексных задач, интегрирующих несколько тем. Реализуя психолого-педагогические рекомендации, практикуется, помимо индивидуальной работы, вариант разбора ситуации группой из 2–3 студентов. Это позволяет работать «в команде», обмениваться мнениями, формировать опыт коллективной работы, вырабатывать стратегию действий, способы ее практического использования. «Проговаривание» вслух информации улучшает усвоение материала, способствует «живому общению» между студентами, студентами и преподавателем, формирует положительную учебную мотивацию. Одним из элементов творческой деятельности служит не решение, а составление ситуационных задач как по конкретной теме, так и интегрирующих несколько проблем. Активно реализуется данный подход при изучении проблем гигиены питания (например, тема «Лечебно-профилактическое питание»), детей и подростков (например, «Здоровье детей и условия его формирования»). Однако надежды ППС на возможность использования в дальнейшем на практических занятиях разработанной студентом задачи без внесения коррективов не имеют 100% претворения, однако возможно использование материала в качестве основы при обновлении фонда ситуационных задач, кейс-заданий.

Деловая игра. Одна из первых активных технологий, зародилась как инструмент поиска управленческих решений в условиях неопределённости и многофакторности. В настоящее время они используются в учебном процессе, как педагогическая технология, или один из методов активного обучения, при проведении социально-психологических тренингов и на производстве для решения производственных, социальных и психологических задач. Деловая/ые игра/ы нивелируют и часто отмечаемый работодателями недостаток современного высшего образования – слабая практическая ориентированность полученных знаний. Деловая игра – это коллективный метод обучения, в деловых играх решения вырабатываются коллективно, коллективное мнение формируется при защите решений собственной группы, при критике решений других групп. Поэтому данный подход эффективен в ситуации активного участия всех обучающихся, что затрудняет его использование при работе с группой в 20 и более человек (что, к сожалению, практикуется в нашем вузе, даже при преподавании профильных гигиенических дисциплин). Кроме того, важен исходный уровень знаний, т.е. необходима хорошая подготовка к занятию. Это важно всегда, но в данном случае особенно, так как требует гораздо большего времени для подготовки, при распределении ролей, необходимости внесения коррективов со стороны преподавателя как в организационной, так и основной и заключительной частях игры.

Презентация. С приходом в нашу жизнь высоких технологий это – достаточно распространенный вид учебной работы, используемый как преподавателями, так и студентами. Вполне понятен огромный плюс – высокая степень наглядности. Но! Хорош для визуалов, сложнее для аудиалов. Большое значение имеет не только содержательная часть, но и оформление – перенасыщенность цветами, увлечение разнообразными эффектами вначале активизирует внимание, но в последующем способствует быстрому утомлению, особенно зрительного анализатора, что показано в наших собственных исследованиях. Использование на лекциях мультимедийного сопровождения значительно улучшает восприятие информации студентами, упрощает задачу преподавателя, снижает уровень усталости у студентов, позволяет более наглядно получить представление об изучаемом материале, но при этом, как было показано нами в недавно проведенном исследовании, хоть и в незначительной степени (на 13–20%), увеличивает нагрузку на зрение, снижая его остроту, изменяя контрастную чувствительность и цветоощущение. К сожалению, не только обучающиеся, но и некоторые преподаватели не знают о наличии специальных правил оформления презентаций, ГОСТов. Надо отметить факт несоответствующего гигиеническим требованиям уровня освещенности в ряде случаев, осо-

бенно в лекционных залах, при применении некоторых мультимедийных устройств, что, вполне понятно, усугубляет негативное воздействие на зрение.

Дебаты, диспуты, «круглые столы». Эта форма присутствует на многих практических занятиях и является непременным элементом при обсуждении реферативных сообщений. Студентов привлекает, естественно, возможность выразить свое мнение, высказать свою точку зрения. Данная форма способствует развитию познавательных процессов, речи, памяти, мышления, эффективному усвоению большого объема учебной и научной информации, развитию творческих способностей и нестандартности мышления, развитию навыков самостоятельного умственного труда; формирует умение работать с научной литературой, кратко и ясно выражать мысли, выступать перед аудиторией. Однако помимо знаний, успех определяется наличием ораторских и лидерских качеств, значим и психологический микроклимат в группе.

Эссе. Данная форма имеет практически такие же достоинства, как описанные выше при использовании дебатов, диспутов. Не теряющая актуальности идея «личностно-ориентированного обучения» в высшей школе предполагает развитие самостоятельности мышления у каждого студента. Одним из примеров инновационного подхода к проблемно- и личностно-ориентированному обучению студентов, требующего от обучаемого нестандартного решения с привлечением знаний и навыков, полученных при освоении дисциплины, выступает написание эссе, позволяющее развивать их интерес к науке, творческие навыки, критичность оценок при освоении теоретического материала, способствовать развитию общекультурных и профессиональных компетенций. Это – достаточно эффективная форма как внеаудиторной, так и аудиторной самостоятельной работы студентов, направленная на оценку их интеллектуального и творческого потенциала.

В то же время применение такой формы показало, что немногие студенты умеют подбирать и анализировать научные данные, четко и грамотно формулировать свою позицию, логически выстраивать аргументацию, иллюстрировать тезис соответствующими примерами, обосновывать выводы, пользоваться медицинской терминологией и научным стилем речи. Дополнительные трудности создает требование изложить материал кратко, в пределах одной-двух страниц, что исключает прямое перенесение в текст эссе содержимого сайтов Интернета или абзацев учебника, как это теперь нередко встречается в студенческих рефератах. Неумение выражать свои мысли, бедность речи, вполне возможно, является неким отголоском одного из этапов компьютеризации, увлеченности тестовыми заданиями, когда перед человеком стоит только альтернативный выбор – «да – нет». И, как ни прискорбно, необходимо констатировать наличие грамматических и орфографических ошибок.

Применение данной формы весьма затруднительно в образовательном процессе иностранцев, причем любого варианта сочинения, особенно в рукописном исполнении. Мы практиковали непосредственное исполнение в аудитории, особенно на заключительном этапе изучения всего курса дисциплины или какой-то части, раздела, темы. В принципе, работа с иностранными студентами имеет ряд особенностей, создающих сложности – языковой барьер, разный уровень осведомленности и подготовленности в рамках среднего образования, зависящий от страны прибытия, особенности менталитета и традиций.

Творчество. Человек – существо не только биологическое, но и социальное. На сегодняшний день существует множество разнообразных видов деятельности, причем постоянно изменяется их перечень как по названиям, так и по содержанию. Большая часть требует профессиональной подготовки, определенного уровня образования. Как известно, жизнь состоит не только из работы. Поэтому, вероятно, вполне обосновано исчезновение из названия ФГОС и учреждений образования слова «профессиональное», появление термина «общекультурные» и «универсальные компетенции». Хотя, справедливости ради, надо отметить, что всегда задача высшего образования заключалась не только в подготовке специалиста, профессионала, но и формировании нравственной, социально и духовно зрелой личности. На это «работает» спортивная, культурная, волонтерская и т.п. жизнь в вузах. Но это необходимо внедрять и непосредственно в образовательный процесс, для чего имеется много возможностей, которые мы тоже пытаемся встраивать в обычную учебную деятельность. Например, при проведении практического занятия «Витаминная и минеральная обеспеченность питания» исходный уровень теоретической подготовленности проверяется следующим образом. Каждый студент через 5–10 минут после получения, анонимно, индивидуального задания должен представить информацию о действии, значении, последствиях, источниках и т.п. какого-либо микронутриента, не называя его, в форме загадки, ребуса, пантомимы, стихотворения, коротенького кроссворда. Формирование необходимых для любого

специалиста медико-биологического профиля компетенций (как-то, например, ПК 16 «готовность к просветительской деятельности по устранению факторов риска и формированию навыков здорового образа жизни». [3].) происходит не только путем изучения теоретических сведений, но практической деятельностью – разработка конкретных материалов просветительной направленности (брошюры, буклеты, мини-плакаты, памятки и т.п.). Причем надо отметить, что разработанная студентами наглядная агитация не лежит мертвым грузом в архивах кафедры, а выполняет свою функцию в образовательных, лечебно-профилактических, аптечных, жилищно-коммунальных учреждениях и организациях.

Несомненными достоинствами *электронных учебников* являются четкая структуризация (при достаточно большом объем информации) и компьютерная визуализация, позволяющие получить более ёмкое представление о процессах и явлениях; возможность поиска нужного материала в тексте электронного учебного пособия в любое время (что может быть и минусом при отсутствии возможности выхода в сеть); обеспечение возможности усвоения как теоретического, так и практического звена учебного процесса, предоставление дополнительных теоретических сведений, необходимых для усвоения материала каждой темы; наличие гиперссылок на необходимый справочно-нормативный материал. Последнее очень важно при изучении гигиены, особенно профильных гигиенических дисциплин, так как обращение и применение большого количества современных нормативных документов нередко представляет сложности, обусловленные большим объемом документа, достаточно частым изменением его содержания полностью (отмена) или частично. С одной стороны, данная форма обладает мобильностью, так как контент можно обновлять, пополнять новой информацией, что крайне важно в условиях научно-технического прогресса, но, с другой стороны, это затруднительно в ситуации соблюдения всех необходимых процессуальных организационно-технических сложностей. Обратим внимание еще на один аспект. Нынешние студенты – продвинутые пользователи современных достижений научно-технического прогресса, «впитали их с молоком матери», понимают все достоинства электронного учебника (и даже электронной версии обычного учебно-методического материала). Однако при этом бумажный носитель знаний не теряет своих позиций, о чем свидетельствуют результаты различных социологических исследований, в том числе и недавнего собственного – 76%, три четверти будущих медиков, в ситуации единственного выбора, отдали предпочтение бумажному источнику информации. Надо иметь в виду и возможные негативные последствия неразумного использования всевозможных гаджетов, прежде всего влияние на костно-суставную систему, зрение. Так, 64, 3% обучающихся, по собственной оценке, отмечают неправильную позу при работе за компьютером (что находит свое отражение в субъективных и объективных проявлениях), а 54,3% – снижение остроты зрения за годы обучения в университете.

Само- и взаимооценка. Степень доверия со стороны преподавателя повышает мотивацию, переводит положение линии «студент – преподаватель» из вертикального в горизонтальное. Но велика доля высокой самооценки знаний. Психологи давно отмечают проблемы не только заниженной, но и завышенной самооценки, в том числе и в студенческой среде. Существует даже определенный термин – эффект Даннинга – Крюгера. Причем, действительно завышение оценки собственной деятельности отмечается чаще в группах и у студентов с низким средним баллом успеваемости по итогам зачетов и экзаменов. В то время как большинство групп и студентов с высоким средним баллом успеваемости, отличники и хорошисты, более адекватно оценивают свои успехи и результаты – в немалом проценте случаев, приблизительно 20–30%, честно ставя себе оценку «удовлетворительно».

УИРС. Несмотря на то, что чаще всего данная работа выполняется по предложенному алгоритму, велика доля ответственности и самостоятельности исполнителя, его способностей, в том числе и творческих. Однако по различным причинам данный вид деятельности на нашей кафедре постепенно сокращается. Причины имеют, прежде всего, организационный характер, обусловленный сложностями посещения различных объектов.

В процессе преподавания нашей дисциплины как непрофильной сложно реализовать *проектно-исследовательскую деятельность*. Одним из элементов такой деятельности служит, как указывалось выше, составление заданий, ситуационных задач. Несколько большие возможности подобного приема реализуются в научно-исследовательской деятельности обучающихся (НИРС). Цели и задачи НИРС многогранны. Очень важно в плане формирования общекультурных и профессиональных компетенций умение представлять и защищать отчет. (В качестве примера приведем одну компетенцию [4] – ПК 16 «способен и го-

тов к формулированию, оценке и проверке гипотез, объясняющих причину, условия и механизм возникновения заболеваний и их распространения»). Выбор темы осуществляется студентом самостоятельно (и это можно трактовать как проектную деятельность), при помощи преподавателя, при этом целесообразно, чтобы тематика органично соответствовала научному направлению кафедры. Непременным элементом любой работы, особенно научно-исследовательской, является работа с литературой, не только поиск достаточного количества источников, но и ее критический анализ, а также оформление списка литературы в соответствии с существующими нормативными актами.

Во все времена, особенно на современном этапе научно-технического прогресса, не только важным, но и необходимым условием подготовки специалистов высокого качества, является, образно говоря, триумвират, союз образования, науки и практики. Две составляющие этого союза всегда рядом: реализуясь, в частности, в процессе прохождения предусмотренных ФГОСами разнообразных практик. С «наукой» дело обстояло и обстоит несколько сложнее. Для какой-то части обучающихся – это участие в научно-исследовательской деятельности. Но, как следует из образовательных стандартов, одним из направлений деятельности любого специалиста, включая врачей, является научная деятельность, и в настоящее время, следуя вызовам времени, имеется предложение о введении специальной дисциплины. На нашей кафедре, так называемой выпускающей для ряда специальностей («медико-профилактическое дело», «медицинская биофизика», «медицинская биохимия»), в течение длительного времени существовала, в вариативной части, подобная дисциплина со всей необходимой атрибутикой в виде УМК.

Одной из новых тенденций в образовательном процессе является *дистанционное обучение*, в основе которого лежит принцип самостоятельного обучения путем целенаправленного интерактивного взаимодействия преподавателей и студентов. Понятно, что данная технология не может полностью подменить весь процесс образования, к тому же надо иметь в виду и содержание профессии. Например, в медицине невозможно полностью исключить взаимодействие больного и врача. Мы на своей кафедре используем данную технологию, естественно, не по всей дисциплине и даже не всему разделу, а лишь по отдельным темам. Одним из применяемых вариантов является система Moodle. В качестве примера приведем две темы «Оценка пищевого статуса» и «Особенности питания различных социально-демографических групп населения», практическим элементом которых служит гигиеническая оценка питания по меню-раскладке. Разработан вариант изучения гигиены в процессе очно-заочной подготовки некоторых специалистов, в частности 34.03.01 «сестринское дело», в котором «очное» участие осуществляется только на вводном занятии и, при необходимости, при индивидуальных консультациях. Пока у нас недостаточно данных говорить о более высокой эффективности использования системы Moodle. Хотя надо отметить, что исследованиями некоторых авторов [5] показана достаточно высокая эффективность обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Немаловажным плюсом для студента является нечеткая регламентированность по времени, в отличие от аудиторной работы, практического занятия, которое имеет четко установленную продолжительность, что, несомненно, повышает качество выполнения работы. Это важно и для преподавателя, но для последнего создаются определенные сложности, связанные с тем, что данный вариант овладения практическими навыками требует более четкой оценки. В то время как на занятиях, особенно в условиях большой наполняемости учебной группы (20–25 человек, что как уже указывалось выше, вошло в практику в нашем вузе), не всегда удается уделить должное внимание индивидуальной оценке.

Заключение

Таким образом, накопленный, критически осмысленный опыт преподавания общей гигиены и профильных гигиенических дисциплин позволяет нам использовать положительные моменты как традиционных, старых, «проверенных жизнью», так и инновационных технологий, нивелируя их «минусы».

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

2. Федеральная целевая программа развития образования на 2016-2020 годы. Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 23 мая 2015 г. № 497. Приказ Минобрнауки России от 20.09.2016 № 1200.

3. Федеральный Государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 33.05.01 «Фармация». Приказ Минобрнауки России от 27 марта 2018 г. № 219.

4. Федеральный Государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 32.05.01 «Медико-профилактическое дело». Приказ Минобрнауки России от 16.01.2017 № 21 от 17 июня 2017 г. № 552.

5. Турчанинова М.С., Юнацкая Т.А., Костина Н.Н. Использование компонента дистанционного обучения в преподавании дисциплины «гигиена питания» // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–2. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=20077 (дата обращения: 21.11.2019).

УДК 796.015.6

КОМПЛЕКСНЫЙ КОНТРОЛЬ В СПОРТЕ: ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ

Семёнова Г.И., Иванова В.Д.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: galsem@list.ru

Контроль за подготовкой спортсменов является важнейшей составляющей тренировочного процесса. Комплексный контроль позволяет выявить сильные и слабые стороны спортсмена, оценить эффективность тренировки, скорректировать тренировочный процесс. Традиционно комплексный контроль включает в себя оценку различных сторон подготовленности (физической, технико-тактической, психологической) спортсменов и функционального состояния. Классически с этой целью используются тесты и функциональные пробы. Однако на современном этапе к данным методикам добавляются инновационные разработки, компьютерные технологии и диагностическая аппаратура. Целью исследования явилось выявление преимущества современных подходов к комплексному контролю в спорте по сравнению с традиционными методами диагностики. В ходе исследования использовались такие современные методики комплексного контроля, как оценка скоростно-силовых способностей, показателей пиковой мощности и силовой выносливости рук и ног с помощью вертикального велоэргометра TechnoGym Bike Forma; оценка адаптации сердечно-сосудистой системы к нагрузкам с помощью теста на велоэргометре со ступенчато-нарастающей нагрузкой; кардио-гемодинамическое исследование с помощью прибора МАРГ. Анализ полученных результатов в ходе комплексного контроля лыжников высших разрядов показал, что благодаря использованию инноваций в процессе диагностики, управление подготовкой спортсменов становится более эффективным. Полученные в ходе комплексного контроля показатели позволяют быстро и целенаправленно вносить коррективы в тренировочный процесс, избегать перетренированности и достигать высоких спортивных результатов.

Ключевые слова: комплексный контроль в спорте, физическая подготовленность, функциональное состояние, физические качества, диагностика в спорте

INTEGRATED CONTROL IN SPORT: TRADITIONS AND INNOVATIONS

Semenova G.I., Ivanova V.D.

Ural Federal University named after the first president of Russia B.N Yeltsin, Yekaterinburg, e-mail: galsem@list.ru

Control over the preparation of athletes is the most important component of the training process. Complex control allows to reveal strengths and weaknesses of the athlete, to estimate efficiency of training, to correct training process. Traditionally, complex control includes assessment of various aspects of preparedness (physical, technical, tactical, psychological) of athletes and functional state. Classically, tests and functional tests are used for this purpose. However, at the present stage, innovative developments, computer technologies and diagnostic equipment are added to these methods. The aim of the study was to identify the advantages of modern approaches to complex control in sports compared to traditional methods of diagnosis. The study used such modern methods of complex control, as the assessment of speed and strength abilities, peak power and strength endurance of the hands and feet with the help of a vertical Bicycle Ergometer TechnoGym Bike Forma; assessment of the adaptation of the cardiovascular system to stress using the test on the Bicycle Ergometer with step-increasing load; cardio-hemodynamic study using the device MARG. The analysis of the results obtained during the integrated control of skiers of the highest ranks showed that due to the use of innovations in the diagnosis process, the management of athletes ' training becomes more effective. The indicators obtained during the complex control allow to make quick and purposeful adjustments to the training process, to avoid overtraining and to achieve high sports results.

Keywords: comprehensive control in sports, physical fitness, functional state, physical qualities, diagnostics in sports

В настоящее время для достижения высоких результатов в спорте необходимы планирование, контроль, квалифицированные тренеры, медицинское и материальное обеспечение, а также спортивный отбор и многое другое. Все вышеперечисленное позволяет достигать высоких результатов на всероссийских и международных соревнованиях, а также на Олимпийских играх.

В спортивной подготовке важнейшим звеном является комплексный контроль. Он позволяет выявить сильные и слабые стороны спортсмена, оценить эффективность тренировки, скорректировать тренировочный процесс и оценить эффективность выбранной тренером тренировочной программы.

Комплексным контролем принято считать совокупность организационных мероприятий для оценки различных сторон подготовленности спортсменов, реакций организма на тренировочные и соревновательные нагрузки, эффективности тренировочного процесса, учета адаптационных перестроек функций организма спортсменов [1]. Комплексный контроль в спорте предусматривает практическую реализацию различных видов контроля (этапного, текущего, оперативного), применяемого в структурных звеньях тренировочного процесса

для получения объективной информации о состоянии спортсмена и динамике его показателей с целью управления процессом спортивной подготовки [2].

На сегодняшний день хорошо разработаны теория и методика педагогического контроля в спорте [2], система комплексного контроля в различных видах спорта с целью управления подготовкой юных спортсменов [3]. Но стремительный прогресс в спорте, обусловленный ростом спортивных результатов и достижением предельных объёмов тренировочных нагрузок, говорит о возрастании сложности в обеспечении двигательной деятельности спортсменов. Это предъявляет повышенные требования к организации мероприятий по обеспечению комплексного контроля и управления тренировочным процессом, а также необходимостью разработки новых методик и технологий, позволяющих тренеру грамотно выстраивать тренировочный процесс [4].

Как отмечают большинство авторов, в систему комплексного контроля входят педагогический, биомеханический, медико-биологический, психологический и другие виды контроля [1, 2, 4].

В педагогический контроль входит оценка и анализ средств и методов всех видов подготовки, а также спортивных результатов и поведения спортсменов. Основными методами данного вида контроля являются педагогические наблюдения и тестирование (контрольные упражнения) [5].

Медико-биологический контроль включает совокупность методов и мероприятий, направленных на оценку здоровья, функционального состояния организма спортсмена с учётом реакции его систем на различные нагрузки.

Биомеханический контроль предусматривает совокупность средств, методов, алгоритмов по оценке техники выполнения спортивных упражнений и технического мастерства спортсмена. При этом анализируются такие показатели, как темп, ритм. амплитуда движения, скорость, ускорение и др. [4].

Психологический контроль включает совокупность показателей средств, методов, мероприятий по оценке индивидуальных особенностей личности спортсмена, моральных и волевых качеств, темперамента, общих и специальных психомоторных способностей [5].

Все виды контроля объединены общей целью, направленной на выявление объективной оценки подготовленности спортсмена на различных этапах многолетней подготовки.

Так, в циклических видах спорта, в том числе лыжных гонках, оцениваются скоростные возможности, общая и специальная выносливость, скоростно-силовая подготовленность. Для оценки общей физической подготовленности юных спортсменов используются следующие контрольные упражнения: бег на 30, 100, 1000 и 3000 м, прыжок в длину с места, прыжок в длину с разбега, прыжок в высоту с разбега, подтягивание. Для оценки специальной физической подготовленности в этих видах спорта используется бег на 30, 60, 100, 400, 3000, 5000 м, бег 2х (4х400 м) и тест Купера [5].

Для диагностики функционального состояния традиционно используются следующие тесты и пробы: определение максимального потребления кислорода (МПК), тест PWC 170, проба Летунова, Гарвардский степ-тест, ортостатическая проба и др. В частности, для оценки дыхательной системы используются следующие тесты: оценка жизненной емкости легких (ЖЕЛ), проба Штанге, проба Генчи и др. Для оценки физической подготовленности в большинстве видов спорта традиционно используются двигательные тесты (бег на различные дистанции, прыжки, метания и пр.). Преимущество данных тестов заключается в простоте их проведения и в минимальных финансовых затратах, поскольку при их проведении не требуется дорогостоящее и сложное оборудование. При этом на современном этапе, даже при использовании тех же самых тестов и проб, к ним добавляется новейшая измерительная аппаратура с программным обеспечением, что позволяет повысить качество диагностики.

В спортивной науке разработаны разнообразные психодиагностические методики, методы функциональной диагностики, программы для имитации кратковременной и долговременной адаптации организма [6]. Стоит отметить, что современные методы комплексного контроля позволяют не только учесть индивидуальные особенности, функциональную подготовленность спортсменов, но и смоделировать, спрогнозировать и спроектировать отдельные компоненты спортивной подготовки и тренировочного процесса.

Цель исследования: выявить преимущества современных подходов к комплексному контролю в спорте по сравнению с традиционными методами диагностики подготовленности и состояния спортсменов.

Материалы и методы исследования

В апреле 2019 г. нами было проведено несколько исследований в лаборатории ИФКСиМП УрФУ (г. Екатеринбург). В исследовании приняли участие

17 лыжников-гонщиков в возрасте от 13 до 16 лет (уровень спортивной квалификации от 1 разряда до мастера спорта), завершивших соревновательный сезон.

Предварительно участники исследования были проинформированы о процедуре предстоящего тестирования и опрошены об их самочувствии, состоянии здоровья, готовности к тестированию. Жалоб выявлено не было, все участники были допущены к тестированию.

Для оценки функционального состояния организма было проведено кардио-гемодинамическое исследование с помощью прибора МАРГ. Гемодинамический мониторинг и анализ его показателей позволяет отслеживать эффективность тренировочного процесса и влияние качества проведенных восстановительных мероприятий. Также анализ показателей гемодинамики позволяет выявить нарушения регуляции сердечно-сосудистой системы, возможную перетренированность организма спортсмена. Во время гемодинамического исследования регистрировались следующие показатели гемодинамики: частота сердечных сокращений, ударный объем, конечно-диастолический объем, систолическое давление, диастолическое давление, частота дыхания, а также относительные показатели с учётом веса человека: ударный индекс, конечно-диастолический индекс, фракция выброса [7].

Для оценки скоростно-силовых способностей, показателей пиковой мощности и силовой выносливости рук и ног использовался вертикальный велоэргометр TechnoGym Bike Forma (Италия). Прибор позволяет выявить следующие показатели: максимальная мощность (Вт), мощность работы на 15-й и 30-й секундах выполняемой работы (Вт). После окончания тестирования компьютерная программа рассчитывала среднюю мощность (Вт) и степень утомления (%). Кроме того, с учетом веса испытуемых рассчитывались относительные значения вышеперечисленных силовых показателей (Вт/кг). Следует отметить, что показатели максимальной мощности, время до максимальной мощности, максимальная скорость и мощность на максимальной скорости являются мерами взрывной силы, то есть определяют развитие алактатной системы энергообеспечения. В то же время средняя мощность, минимальная мощность, процент усталости, падение мощности используются для измерения алактатной и аэробной гликолитической мощности активных мышц [8].

Для оценки адаптации сердечно-сосудистой системы к нагрузкам все спортсмены проходили тест на велоэргометре со ступенчато-нарастающей нагрузкой. Во время исследования регистрировались следующие показатели: ЧСС (частота сердечных сокращений) до теста в спокойном состоянии, на протяжении всего теста через каждые 30 с, а также после теста во время восстановления каждые 30 с в течение 3 мин, нагрузка в ваттах, МПК (максимальное потребление кислорода), интенсивность тренировки, анаэробный и аэробный пороги.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате комплексного контроля было получено большое количество данных (МПК, ЧСС, аэробный и анаэробные пороги, максимальная мощность, ударный объём и многие другие), позволившие оценить как подготовленность, так и функциональное состояние с целью дальнейшего планирования тренировочного процесса.

Так, анализ гемодинамики позволил выявить ряд отклонений от нормы отдельных показателей, таких как пульс стоя (16,6%) и конечно-диастолический объём (38,8%). Стоит отметить, что у 16,6% спортсменов было выявлено перенапряжение, при этом у 33% занимающих показатели гемодинамики были выше нормы, что говорит о хорошей адаптации к нагрузке у данных спортсменов. Корреляционный анализ показателей выявил наиболее часто встречающую взаимосвязь с пульсом лёжа (r от 0,5 до 0,97). Также тесная взаимосвязь была выявлена между ударным объемом крови и тонусом сосудов ($r = –0,7$), ударным индексом ($r = 0,9$), конечно-диастолическим индексом ($r = 0,98$).

Второе тестирование было направлено на определение скоростно-силовых качеств спортсменов. Тестирование выявило, что средние значения взрывной силы ног у лыжников составили 581,5 Вт, а относительные значения – 9,0 Вт/кг. В то же время средние значения максимальной алактатной мощности (МАМ) рук у лыжников составили 347,5 Вт, а относительные средние значения – 5,4 Вт/кг.

Средние показатели силы и МАМ ног – 12,6 Вт/кг, а показатели взрывной силы рук – 7,5 Вт/кг. При этом среди всех спортсменов максимальное относительное значение МАМ ног было 14 Вт/кг, минимальное – 11 Вт/кг. В то же время максимальное относительное значение МАМ рук составило 5,2 Вт/кг. Распределение данных по относительной максимальной мощности в группе было нормальным.

Также было выявлено, на какой секунде была достигнута максимальная мощность. На рисунке отображена средняя динамика мощности (рисунок).

По данным рисунка можно заметить, что произошло резкое снижение мощности, что говорит о недостаточном уровне скоростно-силовой выносливости. Максимальная мощность была показана на седьмой секунде у рук и на второй – у ног.

Во время тестирования также регистрировался процент утомляемости рук и ног, который составил 51,8% у рук и 49,4% у ног. Это является недостаточно хорошим показателем для адаптации к скоростно-силовой работе. Такие данные говорят о том, что большинству спортсменов из всех лыжных дистанций не вполне подходит лыжный спринт. Для увеличения же показателей скоростно-силовой подготовленности

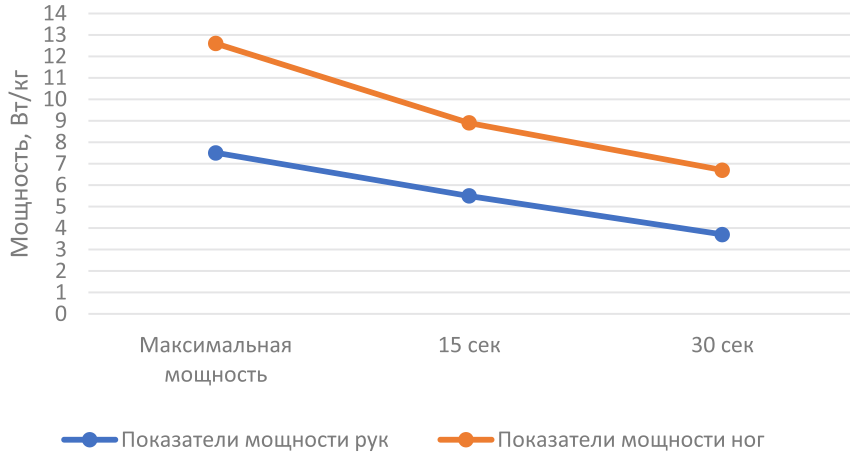
стоит добавить в тренировочный процесс упражнения с отягощениями, прыжковые упражнения и упражнения соревновательного характера в умеренном темпе с взрывным началом и чередованием с постепенным увеличением темпа движений.

Таким образом, данное исследование показало, что уровень скоростно-силовой подготовленности лыжников в конце сезона высокий, однако наблюдается высокая степень утомления после выполнения скоростно-силовой нагрузки.

подготовленности большинства спортсменов в конце спортивного сезона. Однако у некоторых спортсменов наблюдалось перенапряжение (по результатам анализа гемодинамики). При этом у ряда испытуемых была выявлена высокая степень недовосстановления после выполнения скоростно-силовой нагрузки.

Заключение

Проведенное исследование показало, что комплексный контроль за подготовлен-



Динамика мощности рук и ног в ходе велоэргометрии

Результаты теста для оценки адаптации к сердечно-сосудистой нагрузке показали превосходные показатели МПК. У 88,8% лыжников этот показатель является превосходным и лишь у двоих спортсменов (11,2%) показатель МПК составил 44,2–48,2. Во время более детального анализа показателей ЧСС, анаэробного и аэробного порогов были заметны индивидуальные различия у спортсменов. Более высокий разброс результатов имел аэробный порог – от 60 до 147 уд/мин, в то время как анаэробный порог варьировался от 153 до 197 уд/мин. Показатели пульса у двух спортсменов достигли показателя 200 уд/мин, и их тестирование пришлось прекратить в целях предотвращения негативного воздействия на сердечно-сосудистую систему.

Также была выявлена тесная корреляционная взаимосвязь между силовым индексом и показателями МПК. Это свидетельствует о важности развития не только сердечно-сосудистой системы, но и силовых показателей у лыжников.

Анализ результатов комплексного контроля позволил сделать следующие выводы. Превосходные показатели МПК свидетельствуют о высоком уровне функциональной

ностью спортсменов и их функциональным состоянием с использованием современной диагностической аппаратуры позволяет своевременно выявить имеющиеся проблемы в построении тренировочного процесса, устранить недостатки в подготовленности спортсменов, скорректировать планы и программы тренировок. Очевидно преимущество современных методов диагностики, по сравнению с традиционными. Тестирование лыжников-гонщиков высших разрядов показало, что благодаря использованию данных методик тестирования можно дать тренерам и спортсменам рекомендации для дальнейших тренировок с учетом их функционального состояния. Также очевидно, что углубленный комплексный контроль и получение при этом большого количества важных для анализа показателей позволяет делать более объективное обоснование тех или иных отклонений в состоянии спортсменов и прогнозировать дальнейший рост спортивного мастерства. При этом следует учесть, что большое количество полученных в ходе комплексного контроля показателей может затруднять их интерпретацию. Иногда тренеру трудно это сделать самостоятельно, без помощи квалифицированных специалистов в области диагностики. Ведь

у конкретного спортсмена по отдельным показателям могут быть отличные результаты, а по некоторым – более низкие или даже отрицательные. Поэтому очевидно, что комплексным контролем должны заниматься тренеры в сотрудничестве с исследователями-диагностами, сотрудниками научно-исследовательских лабораторий. Очевидно, что подобное сотрудничество позволит сделать комплексный контроль в спорте эффективным и объективным.

Список литературы

1. Корженевский А.Н. Методы диагностики функциональной подготовленности и современные аспекты подготовки спортсменов: монография. М.: ФГОУ «ГШВСМ центр подготовки сборных юношеских, юниорских и молодежных команд России», 2011. 116 с.

2. Федоров А.И., Шарманова С.Б. Комплексный контроль и управление в спорте: теоретико-методические, технические и информационные аспекты // Теория и практика физической культуры. 1997. № 7. С. 25–26.

3. Озолин Н.Г. Основы управления подготовкой юных спортсменов // Теория и практика физической культуры. 1982. № 8. С. 55–56.

4. Семёнова Г.И. Основы научно-методической деятельности в спорте: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2014. 180 с.

5. Никитушкин В.Г. Теория и методика юношеского спорта. М.: Издательство «Физическая культура», 2010. 122 с.

6. Гибадуллин И.Г. Способ экспресс-диагностики функционального состояния и резервных возможностей организма в учебно-тренировочном процессе спортсменов // Проблемы физкультурного образования: содержание, направленность, методика, организация. Белгород: Изд-во БелГУ, 2009. С. 10–12.

7. Иванова В.Д., Семёнова Г.И. Анализ показателей гемодинамики у лыжников высших разрядов // Эколого-физиологические проблемы адаптации: материалы XVIII Всероссийского симпозиума с международным участием (Сочи, 26–28 июня 2019 г.). М.: РУДН, 2019. С. 94–96.

8. Захарова А.В., Бердникова А.Н., Тарбеева А.Н. Интервальное тестирование контроля физической подготовленности юных футболистов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 6. 124 с.

УДК 378.18:379.83/.84

ИЗ ОПЫТА ВОЛОНТЁРСКОГО ОТРЯДА «НА СТАРТЕ» ФГБОУ ВО «ВЕЛИКОЛУКСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»

Смирнова Е.Ю., Алексеев Д.А., Ходотова В.Ю.

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Великие Луки, e-mail: lenhicpress@mail.ru

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме вовлеченности студентов в общественную деятельность в свободное от обучения время. Рассмотрены и проанализированы результаты анкетирования членов волонтерского отряда «На старте» обучающихся Великолукской государственной академии физической культуры и спорта (ФГБОУ ВО ВЛГАФК). С помощью вопросов анкеты был изучен не только опыт участия молодежи в мероприятиях в качестве волонтеров, но рассмотрены потребности, выявлены мотивационные аспекты и интересы, оказывающие влияние на принятие решения об участии в волонтерской деятельности, а также выбора конкретного направления приложения усилий. Проведено сравнение количества обучающихся в ФГБОУ ВО ВЛГАФК, задействованных в волонтерской деятельности на различных курсах обучения. Результаты исследования показали, что активное участие в волонтерской деятельности существенно увеличивает возможности налаживания эффективного взаимодействия, в том числе поиска единомышленников в процессе решения конкретных социально значимых проблем. Полученные результаты исследования могут стать основой для разработки практических и методических рекомендаций по организации волонтерской деятельности, а также привлечению и мотивации обучающихся различных учебных заведений к решению общественно значимых проблем конкретного города и региона.

Ключевые слова: волонтерский отряд, обучающиеся высшей школы, событийное волонтерство, спортивные и культурно-массовые мероприятия, волонтерская деятельность

FROM THE EXPERIENCE OF THE VOLUNTEER GROUP «AT THE START» FGBOU VO «VELIKIE LUKI STATE ACADEMY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT»

Smirnova E.Yu., Alekseev D.A., Khodotova V.Yu.

Velikie Luki State Academy of Physical Education and Sport, Velikie Luki, e-mail: lenhicpress@mail.ru

The article is devoted to the actual problem of students ' involvement in social activities in their free time. The results of the survey of members of the volunteer group «at the start» of students of the «Velikiye Luki state Academy of physical culture and sports» (FGBOU VO «VLGAFK») are considered and analyzed. Using the questions in the questionnaire were explored not only the experience of youth participation in events as a volunteer, but considered the needs identified motivational aspects and interests influencing the decision to participate in volunteer activities, as well as select specific areas of effort. A comparison of the number of students in the FGBOU VO «VLGAFK» involved in volunteer activities at various training courses. The results of the study showed that active participation in volunteer activities significantly increases the possibility of establishing effective cooperation, including the search for like-minded people in the process of solving specific socially significant problems. The obtained results of the study can become the basis for the development of practical and methodological recommendations for the organization of volunteer activities, as well as attracting and motivating students of various educational institutions to solve socially significant problems of a particular city and region.

Keyword: volunteer unit, students of higher education, event volunteering, sports and cultural events, volunteer activities

Вербовка добровольцев к участию в масштабных действиях на сегодняшний момент говорит о ее важности и значительности. Достаточно хорошо этот опыт участия волонтеров продемонстрирован на таких значимых и серьезных мероприятиях, как Кубок Конфедераций FIFA 2017; Чемпионат мира по Танковому биатлону; XIX Всемирный фестиваль молодежи и студентов и др.), федеральных событий (например, Шествие «Бессмертный полк»; события в честь государственных праздников России: День России, День Государственного флага РФ, День народного единства и др.), городских событий (Московский урбанистический форум; Московский выпускной; Открытие парка «Зарядье» и др.). Подобные события сопровождаются необыкновенной атмосферой, как самого праздника, так и ответственности за закрепленную за волонтером работу, дружеского участия, сопереживания и взаимовыручки. Являясь участниками, волонтеры взаимодействуют с различными представителями и должны олицетворять в себе профессиональные знания, доброжелательность, внимание, учтивость, умение ответить на все поставленные любым участником мероприятия вопросы. Сотрудничество с волонтерами способствует улучшению качества организации мероприятия, а о его результатах можно судить, по отзывам

в общественных сетях, где работа волонтеров получает широкий резонанс в благодарностях гостей [1, с. 8].

«Бесспорно, волонтерство по праву можно назвать глобальным социальным феноменом современности, включенным в мировые тренды и в то же время имеющим ярко выраженные национальные особенности в каждой стране» [2, с. 4].

Возможности событийного волонтерства, как общественного парадокса, получают сейчас широкое распространение на всех уровнях (международном, национальном, локальном), заставляя направить внимание исследователей на необходимость общества в исследовании возможностей управления данным видом деятельности.

Событийное волонтёрство, привлекая добровольцев в свои ряды, получает возможность воздействовать на воспитание в них духовно-нравственных гуманистических ценностей, соучастия, взаимодействия, общения, безвозмездной помощи и, как следствие, бескорыстного служения гуманным идеалам человечества.

Проведение мероприятий требует создания общей единой системы документации, которая необходима на всех уровнях взаимодействия с волонтером: при заключении договоров, инструктаже, выборе ответственного лица, создании и использовании специально разработанных методик [3, с. 38].

Для более активного привлечения учащейся молодежи высшей школы в волонтерское движение необходимо применять системный подход. Включение в учебно-воспитательный и образовательный процессы разнообразных форм и методов организации общественно полезного досуга, при планировании общественной и досуговой деятельности, способствует повышению профессионального потенциала молодых специалистов их профессионального роста и становления. Поэтому целесообразно активно вовлекать обучающихся высшей школы в волонтерское движение на протяжении всего периода обучения. [4, с. 17].

Основой положительной реализации любых активных действий для их организаторов является развитый человеческий капитал, понимаемый Н.И. Горловой как совокупность способностей, знаний, умений, навыков и мотивационных установок людей, вовлеченных в реализацию задачи [5, с. 69].

В целях создания условий для вовлечения, обучающихся Великолукской государственной академии физической культуры и спорта в добровольческое движение и активизации волонтерской деятельности 20 февраля 2017 г. в академии был создан волонтерский отряд «На старте». На сегодняшний день исследований мотивационных аспектов волонтерской деятельности отряда «На старте» не проводилось, поэтому полученные данные представляются значимыми для развития волонтерского движения среди учащейся молодежи вуза и способны помочь в выборе средств и методов работы с молодежью.

Цель исследования: проанализировать участие и мотивацию обучающихся в работе волонтерского отряда «На старте» ФГБОУ ВЛГАФК на основе результатов исследования данных опроса.

Материалы и методы исследования

Для оценки опыта участия молодежи в мероприятиях в качестве волонтера, выявления мотивационных аспектов волонтерской деятельности на мероприятиях в событийном волонтерстве был проведен анкетный опрос членов волонтерского отряда «На старте» обучающихся ФГБОУ ВО «ВЛГАФК».

В опросе приняло участие 40 волонтеров, из которых 28 девушки и 12 юношей.

Методы исследования

1. Анализ научно-методической литературы по изучаемой тематике.

2. Изучение локальных нормативно-правовых актов;

3. Анкетирование.

Результаты исследования и их обсуждение

На предварительном этапе исследования были проанализированы данные по возрастному, половому составу респондентов и региону, откуда прибыл обучающийся, принимающий участие в опросе (табл. 1).

Приведенная статистика участников опроса показала, что большинство респондентов 70 % проживают в г. Великие Луки или в Великолукском районе, 15 % обучающихся приехали из районов Псковской области, меньше всего опрошенных из тверской – 10 % и Новгородской – 5 % областей. Среди волонтеров преобладает возраст от 18–22 лет, и это в основном жители города Великие Луки (табл. 1).

Соотношение по половому признаку выражено в сторону преобладания девушек-волонтеров по всем представленным регионам.

В табл. 2 представлены результаты анкетирования волонтерского отряда «На старте» обучающихся в ФГБОУ ВО ВЛГАФК.

У 100 % молодежи, занимающейся событийным волонтерством, есть опыт участия в других видах волонтерской деятельности. Больше всего волонтеры принимали участие в экологическом волонтерстве – 82,5 %, в праздновании 75-летии Победы – 62,5 % и социальном – 57,5 %. Меньше всего – 27,5 % опрошенных участвовали

в культурном виде волонтерства. Это говорит о том, что большинство молодежи отряда «На старте» осознанно оказывают помощь на разного рода мероприятиях, которые наиболее распространены в данном регионе. На наш взгляд, из-за недостаточного количество масштабных культурных мероприятий, проводимых в г. Великие Луки выявлен самый низкий процент данного вида волонтерской деятельности.

Таблица 1

Распределение респондентов по численному и половозрастному составу

Место проживания / Численный и половозрастной критерий	Великие Луки, Великолукский район	Тверская область	Новгородская область	Районы Псковской области
Количество респондентов из регионов	70%	10%	5%	15%
Соотношение мужчин и женщин	32% 68% женщин	25% мужчин 75% женщин	100% женщин	33,3% мужчин 66,6% женщин
14–17 лет	7,%	0	0	33.3%
18–22 лет	78%	100%	100%	66,6%
23–26 лет	15%	0	0	0
27–30 лет	0	0	0	0

Таблица 2

Результаты опроса волонтёров отряда «На старте», обучающихся в ФГБОУ ВО ВЛГАФК

№ п/п	Вопросы и варианты ответов	Ответы обучающихся в ФГБОУ ВО ВЛГАФК
1. В каких видах волонтерской деятельности у Вас есть опыт участия?		
а) Социальное волонтерство		57,5%
б) Событийное волонтерство		100%
в) Экологическое волонтерство		82,5%
г) Волонтерство 75-летия Победы		62,5%
д) Культурное волонтерство		27,5%
2. Как долго Вы занимаетесь событийным волонтерством?		
а) Менее 1 года		10%
б) 1–2 года		22,5%
в) Более 2 лет		67,5%
3. Каким событиям Вы отдаете предпочтение при выборе мероприятия для участия в качестве волонтера?		
а) Культурно-массовым		62,5%
б) Спортивным		77,5%
в) Образовательным		12,5%
г) Военно-патриотическим		27,5%
д) Экологическим		2,5%
е) Официальным		0
4. Сколько раз в месяц Вы принимали участие в качестве событийного волонтера?		
а) Реже 1 раза в месяц		10%
б) 1–2 раза в месяц		25%
в) 3–4 раза в месяц		55%
г) 5 и более раз в месяц		10%
5. Из каких источников Вы получаете информацию о наборе волонтеров?		
а) Средств массовой информации		7,5%
б) Общественных организаций		17,5%
в) Образовательных учреждений		35%
г) От друзей, знакомых		40%

Окончание табл. 2

№ п/п	Вопросы и варианты ответов	Ответы обучающихся в ФГБОУ ВО ВЛГАФК
6. Что Вас больше всего привлекает в волонтерской деятельности?		
а) Возможность бесплатно посетить интересные мероприятия		52,5%
б) Познакомиться с новыми людьми, найти единомышленников		57,5%
в) Получить необходимые навыки работы в определенной сфере		25%
г) Возможность увидеть известных личностей		7,5%
д) «Засветиться» в новостях		0
е) Получить благодарственное письмо, сувениры		2,5%
ж) Обзавестись полезными связями		55%
7. Какие трудности Вы испытали при выполнении волонтерской работы?		
а) Несвоевременное или неполное предоставление необходимой информации		82%
б) Трудности при взаимодействии с организаторами мероприятия		25%
в) Отсутствие реальной потребности в волонтерской помощи		0
г) Несоблюдение заявленных условий труда		0
д) Перекладывание обязанностей организаторов на волонтеров		22,5%
е) Подобных проблем не возникало		12,5%
8. Какие Вам необходимы условия для постоянной работы в качестве событийного волонтера?		
а) Свободное время		30%
б) Дружеские отношения с кураторами, волонтерами		20%
в) Общественно значимые, интересные проекты		65%
г) Возможность карьерного роста		12,5%
д) Заинтересованность в конкретной сфере		45%

Результаты исследования показали, что более 2 лет занимаются событийным волонтёрством 67,5% респондентов. Можно говорить, что основная часть событийных волонтёров – это студенты 3 и 4 курсов вуза.

При выборе мероприятия для участия в качестве волонтера предпочтение отдано спортивным – 77,5% и культурно-массовым – 62,5% мероприятиям; военно-патриотическое направление выбрали 10%, экологическим хотят заниматься 2,5% респондентов. В качестве событийного волонтера 10% опрошенных принимали участие хотя бы раз в месяц; 25% респондентов 1–2 раза в месяц; 55% опрошенных 3–4 раза; 10% активно участвовали в различных событиях 5 и более раз.

На основе изучения результатов опроса выявлено, что основными источниками информации о наборе волонтеров на то или иное мероприятие поступает в основном из образовательного учреждения – 35% или через друзей и знакомых – 40%. Как показали исследования, средствами массовой информации пользуются 7,5% опрошенных.

Для респондентов в волонтерской деятельности привлекательной стороной отмечены: возможность обзавестись полезными связями – 55%; новые знакомства и поиск людей близких по духу людей – 57,5%; возможность посетить интересное мероприятие, не вкладывая денег – 52,5%; соприкоснуться с прославленными людьми – 7,5%. Желающих «засветиться» в новостях не выявлено.

При осуществлении волонтерской деятельности участникам отряда «На старте» приходилось сталкиваться с несвоевременным или неполным предоставлением необходимой информации – 82% респондентам, у 25% опрошенных возникали трудности при взаимодействии с организаторами мероприятия. Только у 12,5% волонтеров не возникло трудностей при выполнении волонтерской работы.

Для постоянной работы в качестве событийного волонтера 30% опрошенных необходимо наличие свободного времени, при этом 65% ответили, что важной составляющей является наличие социально значимых, заслуживающих внимание проектов для их участия.

Необходимым условием для постоянной работы в качестве событийного волонтера 45% респондентов считают заинтересованность в конкретной сфере или виде деятельности.

На основе исследования выявлено, что особой популярностью среди активной молодежи пользуется событийное волонтерство, то есть осуществление волонтерской деятельности на культурно-массовых, спортивных, образовательных, военно-патриотических, экологических, официальных

и других мероприятиях местного, регионального, федерального или международного уровня. Среди наиболее популярных форм событийного волонтерства является спортивное направление.

Для волонтеров первым порывом участия зачастую становится привлекательность самого события, его престижность, яркость, зрелищность, значимость для развития региона и страны.

Престижные коммерческие события привлекают волонтеров возможностью увидеть и завести знакомства с представителями экспертных сообществ, популярными артистами, известными блогерами, а также профессиональными ивент-менеджерами, и это может служить хорошим мотивом для привлечения обучающихся к участию в мероприятиях подобного рода.

Событийное волонтерство способствует продуктивному сотрудничеству и организаторов событий и добровольцев, так как взаимодействие обогащает участников данного вида деятельности и является катализатором по популяризации и пропаганде всего добровольческого движения.

Для того чтобы удовлетворить потребности волонтеров молодого поколения в саморазвитии, важно систематически задействовать интерактивные формы обучения, создавая атмосферу игры, предлагая креативные виды деятельности. В целях поощрения наиболее активных волонтеров могут выступать: продвижение по карьерной лестнице, возможность руководства группой вновь прибывших в ряды волонтеров, а также участие в более масштабных мероприятиях событийного характера.

Чтобы не допустить масштабных отказов от какого-либо мероприятия из-за плохого информирования, важно сделать лучше систему сообщений, которые связаны с участием добровольца в мероприятии (указать точное время и место проведения, уточнить форму одежды, предоставить данные о характере выполняемой работы, сообщить справочные данные). Данную работу необходимо проводить заблаговременно и последовательно.

Событийное волонтерство как технология вовлечения обучающихся в системную волонтерскую деятельность создаёт предпосылки для возможности быть причастным к значимому для города и страны событию; яркость и привлекательность самого события; возможности работы в команде, приобретение организационных и управленческих навыков.

Для повышения вовлеченности в событийное волонтерство будущих обучающихся ФГБОУ ВО ВЛГАФК необходимо включить в общеобразовательную практику вуза проведение различных мастер-классов, диспутов и др. форм воздействия. При проведении целесообразно использовать интерактивные технологии и привлекать опытных волонтеров.

С целью определения потребностей, задач и предпочтений юных добровольцев рекомендуется временами проводить анкетирование. Данный вид деятельности поможет скорректировать основную работу по привлечению, отбору и эффективной подготовке наиболее подходящих помощников.

Заключение

Волонтерство является лакмусовой бумажкой, с помощью которой можно определить сегодняшнее состояние социальной ответственности и активности молодого поколения. Данное направление деятельности вносит значимый вклад в работу различных образовательных учреждений и способствует не только привлечению молодежи к активной жизненной позиции, но и отвлечению от негативных явлений современной действительности.

Сегодня событийное волонтерство – это та форма активности молодежи, которая способна по-новому воздействовать на социальную адаптацию молодого поколения к всевозрастающим потребностям общества, а это в свою очередь требует более детального изучения, комплексного понимания и объяснения.

Если сегодня мы сможем привлечь обучающуюся молодежь в волонтерское движение, то завтра у нас появится поколение молодых людей, способных не только найти свое место в жизни, но и поколение, которое не пройдет равнодушно мимо негативных явлений нашей жизни.

Список литературы

1. Козель В.Н. Событийное волонтерство как технология вовлечения горожан в системную волонтерскую деятельность при участии сотрудников Ресурсного центра «Мосволонтёр». М.: ГБУ города Москвы «Мосволонтёр», 2018. 98 с.

2. Певная М.В. Управление волонтерством: международный опыт и локальные практики: монография. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2016. 431 с.

3. Горлова Н.И. Событийное волонтёрство новое направление развития практики добровольческой деятельности // Всероссийский научно-практический журнал «Волонтёр». 2016. № 4 (20). С. 37–46.

4. Рюмина Ю.Н., Воронцова В.И. Актуализация профессионально-личностного потенциала студентов педагогического вуза в процессе волонтёрской деятельности // Всероссийский научно-практический журнал «Волонтёр». 2018. № 3 (27). С. 16–29.

5. Горлова Н.И. Просветительские образовательные мероприятия, направленные на накопление и развитие человеческого капитала в добровольческом движении // Всероссийский научно-практический журнал «Волонтёр». 2016. № 3. С. 68–81.

УДК 796.378

ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ К СДАЧЕ НОРМ КОМПЛЕКСА «ГОТОВ К ТРУДУ И ОБОРОНЕ» В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Смирнова И.А., Ожиганова М.В., Захарова А.В., Межнина Т.О.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: teacher2017tiu@mail.ru

В статье представлены результаты исследования студентов технического вуза в части подготовленности их к сдаче нормативов комплекса «Готов к труду и обороне» (ГТО) для соответствующего возраста. Обоснована актуальность создания системы тренировок для подготовки студентов технических вузов, ведущих малоподвижный образ жизни, к сдаче норм ГТО. Проанализирована проблема низкого уровня физической подготовки студентов технических вузов, особенностей их образа жизни (серьезных умственных нагрузок), что обуславливает необходимость совершенствования физической формы и общего оздоровления. В рамках исследования разработана система упражнений и программа тренировок для подготовки студентов технических вузов к сдаче норм ГТО. Представленная методика тренировок позволяет создать условия для ежедневных физических нагрузок, что способствует росту общей физической подготовленности обучающихся и создает условия для подготовки сдачи норм ГТО. Также представлена система упражнений в рамках еженедельных тренировок, которая позволит подготовить студентов к сдаче норм ГТО. Представленная система упражнений допустима для использования даже для тренировки людей, имеющих сравнительно низкий уровень физической подготовленности. Кроме того, в систему включены упражнения на развитие гибкости, что также способствует развитию координации и уменьшает уровень травматичности при выполнении ряда упражнений.

Ключевые слова: ГТО, студенты, нормы ГТО, VI ступень ГТО, физическая подготовка, методика тренировок

STUDENTS TRAINING FOR PASSING THE NORMS OF COMPLEX «READINESS TO WORK AND DEFENCE» IN THE TECHNICAL UNIVERSITY

Smirnova I.A., Ozhiganova M.V., Zakharova A.V., Mezhnina T.O.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: teacher2017tiu@mail.ru

The article presents the results of a study of students of technical university in terms of their preparedness for passing the complex «Readiness for work and defense» (TRP) norms for the corresponding age. The relevance of creating a training system for preparing of students of technical universities, leading a sedentary lifestyle, for passing the TRP norms, is justified. The problem of the low level of physical training of students of technical universities and the characteristics of their lifestyle (serious mental stress), which necessitates the improvement of physical form and general recovery, is analyzed. The system of exercises and training program for preparing students of technical universities for passing the TRP norms were developed within the framework of the study. The presented training technique allows creating conditions for daily physical loads, which contributes to the growth of the general physical preparedness of students and creates the conditions for preparing for passing the TRP norms. System of exercises within the framework of weekly training, which will prepare students for passing the TRP norms, is also presented. The submitted system of exercises is acceptable even for training people with a relatively low level of physical preparedness. In addition, the system includes exercises on the development of flexibility, which also contributes to the development of coordination and reduces the trauma level during a series of exercises.

Keywords: TRP, students, TRP norms, VI TRP level, physical training, training methodology

На современном этапе процесс сдачи нормативов системы «Готов к труду и обороне» (далее – ГТО) достаточно системно внедряется для школьников. В частности, создаются центры подготовки и сдачи норм ГТО для школьников различных возрастов, процесс сдачи норм ГТО организуют и образовательные организации (школы).

Однако для студентов высших учебных заведений (исключая вузы спортивной направленности) на настоящий момент не существует системы подготовки к сдаче норм ГТО, что достаточно негативно отражается на общем здоровье студентов в связи с потерей физической формы, приобретенной в школе.

Существенной проблемой является и то, что для студентов вузов, возраст которых 18–24 года, существенно ужесточены и требования нормативов ГТО в рамках VI ступени, в сравнении с требованиями для предыдущей возрастной группы – V ступени.

Зачастую многие обучающиеся вузов оказываются физически не подготовлены к сдаче высоких нормативов, что обуславливает актуальность анализа методик подготовки студентов к сдаче норм ГТО. Наиболее остро данная проблема затрагивает студентов технических вузов, которые длительное время находятся в сидячем положении, ведут сравнительно малоподвижный образ жизни.

Цель исследования: разработка методики подготовки студентов технических вузов к сдаче норм ГТО.

Материал и методы исследования включают в себя анализ уровня подготовки

студентов технического вуза (Тюменский индустриальный университет), а также исследование информационных и методических материалов.

Результаты исследования и их обсуждение

При проведении исследования оценивался начальный уровень подготовки студентов технического вуза. В рамках исследования двадцати пяти испытуемым было предложено пройти три испытания ГТО, их результаты были обработаны, рассчитаны средние результаты по группе, которые приведены в сравнение с соответствующим нормативом для VI ступени ГТО.

Результаты исследования представлены на рисунке.

Согласно данным (рисунок), большинство испытуемых показывают результат ниже установленного норматива ГТО. В целом среднее значение по группе ниже требуемого.

В работе [1] авторы подчеркивают низкий уровень физической подготовленности современных студентов, указывая в том числе на то, что зачастую у большинства учащихся вузов недостаточно времени для организации полноценных занятий физической культурой и спортом.

Кроме того, многие студенты, тренируясь самостоятельно, например, в спортивных тренажерных залах, недостаточно грамотно организуют процесс и систему тренировки (например, делая акцент на силовых упражнениях с утяжелителями в ущерб кардио- и общеукрепляющим упражнениям) [2–3]. В этой связи создается неравномерное развитие мышц – наращивание их силы при снижении гибкости и уровня координации движений, а также выносливости.

Указанные факторы обуславливают тот факт, что даже сравнительно тренированные молодые люди оказываются недостаточно подготовлены к сдаче норм ГТО. Это обусловлено тем, что нормативные требования ГТО предполагают не только высокий уровень развития силы мышц, но и достаточно высокий уровень гибкости, координации и выносливости [4].

Важное значение на современном этапе имеет и сама идеология ГТО, которая подразумевает ответственное отношение к своему здоровью и физическому развитию, привычку к здоровому и активному образу жизни, сохранению работоспособности длительное время.

Особое внимание необходимо уделить и особенностям деятельности студентов технических вузов.

При высоких умственных нагрузках для сохранения работоспособности необходимо чередование умственной деятельности с легкими физическими нагрузками [5]. На основании этого, для студентов технических вузов и специальностей, которые испытывают значительные умственные нагрузки, целесообразна будет организация физических нагрузок таким образом, чтобы они были регулярными и незначительными по тяжести и продолжительности.

Кроме того, сегодня существуют исследования, согласно которым включение в качестве перерывов для умственной деятельности физических нагрузок будет способствовать улучшению концентрации внимания и более активной умственной деятельности [6]. Это также обуславливает актуальность включения отдельных физкультминуток в повседневный режим дня.

Результаты оценки выполнения нормативов ГТО студентами технического вуза

Учитывая данные теоретических исследований, можно рекомендовать включение дополнительных занятий в течение дня в формате «малых форм» физической культуры (особенно в периоды зачетных и экзаменационных сессий). Это могут быть пятиминутные занятия, небольшие разминки, упражнения из положения лежа (что способствует снятию нагрузки с позвоночника, весьма значительной в условиях сидячего образа жизни современных людей).

Важно отметить, что небольшие по продолжительности физические нагрузки, которые занимают 5–10 минут, обладают большим мотивационным эффектом, чем физические нагрузки, которые длятся час и более [7]. Для людей, которые не занимаются систематически физической культурой, значительно проще организовать свое время для выполнения упражнений на 10–15 минут, чем выделить время на часовую и более длительную тренировку.

Как было выявлено на основании эмпирического исследования (рисунок), студенты технических вузов в целом имеют сравнительно низкий уровень физической подготовки. Это обуславливает необходимость организации их занятий физической культурой таким образом, чтобы начальная нагрузка была минимальной, и с последовательным ее увеличением по мере роста физической подготовленности.

Это позволит избежать ситуаций перенапряжения, боли в мышцах, а также иных негативных последствий несбалансированных занятий спортом. Кроме того, небольшие физические нагрузки создают условия, при которых занимающемуся несколько проще «заставить» себя выполнить упражнения, то есть процесс тренировок будет более регулярным. Такой подход актуален для студентов технических вузов и в том аспекте, что они, как правило, не располагают длительным свободным временем, в особенности обучаясь на младших курсах.

Результаты тестирования студентов свидетельствуют о необходимости проведения систематической подготовки обучающихся к сдаче нормативов ГТО и общему увеличению уровня их физической подготовленности.

На современном этапе разрабатываются методики совершенствования физической подготовки взрослых людей, исходя из особенностей их уровня жизни, специфики деятельности, наличия физических нагрузок [8].

Однако большинство методик подготовки к сдаче нормативов ГТО для взрослых людей рассчитаны на тех, кто имеет достаточный уровень физической подготовленности, а сами методики в большей степени направлены на совершенствование отдельных навыков, то есть направлены на людей, которые постоянно занимаются спортом.

Немаловажно учитывать тот факт, что школьников к сдаче норм ГТО мотивирует определённая привилегия при поступлении в вузы, в особенности военной и физкультурной направленности, а для студентов присутствует недостаточная социальная мотивация для подготовки к ГТО. В целом сдача нормативов ГТО не влияет на их социальный статус, обучение или последующее трудоустройство.

Данная проблема достаточно широко обсуждается и требует урегулирования, в частности необходимо внедрение дополнительных стимулов для студентов, которые успешно прошли испытания ГТО на уровне вуза (например, по линии профкома или студенческого профсоюза). Такой подход будет способствовать росту мотивации студентов в рамках подготовки их к сдаче норм ГТО.

Это обуславливает необходимость формирования такой системы тренировок, которая будет не только формировать привычку к здоровому образу жизни и регулярным физическим нагрузкам, но и будет способствовать поддержанию высокого уровня мотивации.

Ввиду того, что студенты демонстрируют сравнительно низкий уровень физической подготовки, представляется целесообразным создать систему подготовки, которая будет направлена на минимальную моментную нагрузку, но при этом будет способствовать регулярным занятиям физической культурой.

В рамках этого предлагается следующая методика подготовки студентов технического вуза к сдаче норм ГТО по нормативам, соответствующим их возрасту.

Система занятий включает в себя:

1) регулярные небольшие нагрузки ежедневно;

2) более длительные тренировки в спортивном зале раз в неделю (например, в рамках занятий физической культурой в вузах).

Ежедневные нагрузки должны быть организованы следующим образом:

1) в форме утренней зарядки: наклоны в стороны, вперед и назад, по десять раз, два подхода, приседания 20 раз один подход, упражнения на мышцы пресса из положения лежа, подъем ног, два подхода по двадцать раз, упражнения на руки – отжимания от пола либо подъем туловища в висе – пять

раз один подход, махи руками. Длительность выполнения комплекса упражнений составляет 10–15 минут;

2) в форме вечерней зарядки: несколько упражнений на развитие гибкости: в частности, из йоги (поза плуга, кошки), упражнения на шпагат, растяжку мышц спины (наклоны к ступням из положения сидя), упражнение «мостик» из положения лежа и, по мере роста тренированности – «отжимания» на мостике пять раз. Длительность составляет 10 минут.

Система упражнений в рамках часовых тренировок два раза в неделю включает в себя следующий комплекс:

1) разминка в виде медленного бега, прыжков на скакалке, махов руками. Длительность разминки составляет 10 минут;

2) основная часть тренировки включает в себя упражнения из программы ГТО, в частности:

а) прыжки с места и с разбега – по три попытки каждого вида;

б) бег 2 км по залу;

3) без 100 м на скорость;

4) метание снаряда весом 700 грамм;

5) в холодное время года – бег на лыжах;

6) борьба в парах;

7) отжимания из виса, от пола.

Плавание и тренировку стрелковых навыков при наличии соответствующих условий необходимо организовать в качестве отдельных тренировок.

Длительность основной части – 30 минут.

3) завершение тренировки – восстановление дыхания, упражнения на расслабление, ходьба.

Применение данной системы упражнений для подготовки студентов технических вузов к сдаче норм ГТО обеспечивает ежедневную нагрузку на мышцы тела, которая способствует формированию более высокого уровня физической подготовки и при этом подходит для людей, которые долгое время не занимались физической культурой и спортом.

Еженедельные занятия позволят создать условия для отработки основных нормативов ГТО, что будет способствовать отработке навыков, необходимых для выполнения соответствующих упражнений ГТО. Кроме того, регулярная физическая нагрузка в щадящем режиме окажет положительное влияние на общий уровень здоровья, а также будет способствовать поддержанию и развитию гибкости и силы мышц, укреплению организма, росту общей выносливости.

Представляется актуальным создать условия для регулярных небольших физических нагрузок, при этом в процессе выполнения упражнений целесообразно по мере овладения отдельными упражнениями увеличивать число движений в подходе, а также – число подходов.

Подобная система позволит постепенно увеличивать уровень физической подготовки, что в дальнейшем положительно скажется на развитии мышц и формировании навыков выполнения различных упражнений.

Заключение

На основании изложенного можно сделать несколько основных выводов. В частности, современные студенты технических вузов и специальностей демонстрируют сравнительно низкий уровень подготовки. Также для обучающихся на технических специальностях необходимо создание условий, при которых для них будет предусмотрена регулярная физическая нагрузка.

В этой связи, для данной группы нецелесообразно использование методик подготовки к сдаче норм ГТО, которые подразумевают интенсивные нагрузки с длительным периодом тренировочного процесса.

Более актуальным для студентов технических вузов и специальностей представляется использование методики тренировок, которая будет предполагать небольшие, но систематические (ежедневные) физические нагрузки с одной либо двумя более интенсивными тренировками (например, в условиях занятий физической культурой в вузе).

При этом, в рамках ежедневных кратковременных занятий, длительностью 10 минут, два раза в день утром и вечером следует уделить внимание общеукрепляющим упражнениям на гибкость и разминку мышц. И при длительных еженедельных занятиях создать условия для отработки навыков и умений, которые необходимы для сдачи нормативов ГТО.

Представленная методика подготовки студентов позволит мотивировать обучающихся к систематическим занятиям физической культурой, увеличить общий уровень их физической подготовленности, а также подготовиться к сдаче комплекса упражнений ГТО.

Список литературы

1. Захарова А.В., Яшкина Е.М., Ожиганова М.В., Смирнова И.А. Развитие волевых качеств студентов технического вуза средствами физического воспитания // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 2. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28648 (дата обращения: 09.10.2019).

2. Куцаев В.В. Рекомендации школьникам для самостоятельных занятий по подготовке к сдаче нормативов

комплекса ГТО // Физическая культура в школе. 2016. № 3. С. 20–26.

3. Ожиганова М.В., Смирнова И.А. Социальная значимость организации самостоятельных занятий студентов при обучении волейболу // Физкультурно-спортивная и воспитательно-патриотическая деятельность в вузах: инновации в решении актуальных проблем: материалы IV Международной научно-практической конференции (г. Тюмень, 19 апреля 2018 г.) Тюмень: Издательство Тюменского индустриального университета, 2018. С. 185–187.

4. Мурзин А.Э., Мурзина И.Я. Комплекс ГТО и перспективы развития массового спортивно-физкультурного движения в современной России // Педагогическое образование в России. 2016. № 6. С. 238–242.

5. Новикова Т.Г., Нагорная Т.В., Ткаченко И.П. Физические упражнения, как важное средство восстановления работоспособности // Actualscience. 2015. Т. 1. № 2 (2). С. 58–60.

6. Любаев А.В. Влияние физических упражнений на умственную деятельность студентов и их взаимосвязь // Молодой ученый. 2015. № 18. С. 423–425.

7. Абрамович Д.В., Лебединский В.Ю., Шпорин Э.Г. Влияние дополнительных занятий по месту жительства на физическую подготовленность детей и подростков // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 10 (128). С. 9–12.

8. Ивченко Е.А. Взаимосвязь физических и психических нагрузок при занятиях двигательной рекреацией: автореф. дис. … канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 2004. 24 с.

УДК 373.57:004.67

ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОНИТОРИНГА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В РУСЛЕ ТРЕБОВАНИЙ ФГОС

Трухманов В.Б., Трухманова Е.Н.

Арзамасский филиал ННГУ, Арзамас, e-mail: v.truhmanov@yandex.ru

Новые федеральные государственные образовательные стандарты поставили перед всей системой образования совершенно новые цели и задачи и потребовали искать новые пути и стратегии их достижения. С учетом новых требований к результатам учебно-воспитательного процесса в настоящее время существует необходимость использования учителем наряду с традиционными педагогическими приемами и различных психодиагностических методов, а также знания технологий обработки получаемых данных. В настоящее время учитель должен не только учить, но и планировать результаты обучения и развития учащихся, строить модель учебного процесса и делать на этой основе прогнозы. Как показывает анализ опыта педагогов, работающих по новым ФГОС, быстрее и легче осваиваются ими компетенции диагностики учебных достижений школьников с помощью психологических и педагогических тестов, поскольку эта сфера тесно связана с базовыми знаниями в области психологии и педагогики, полученными в период обучения в вузе. Сложнее формируются умения анализировать данные мониторинговых исследований учебных достижений, прогнозировать ближайшие результаты, разрабатывать и корректировать на их основе воспитательную и развивающую программы, поскольку это требует значительного повышения информационной и математической культуры учителя. В данной статье на примерах рассматриваются возможности информационных технологий для проведения мониторинга образовательного процесса, рассматриваются методы компьютерной обработки и корректной интерпретации данных диагностики универсальных учебных действий обучающихся.

Ключевые слова: ФГОС, мониторинг, информационная компетентность педагога, моделирование образовательного процесса

POSSIBILITIES OF INFORMATION TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE MONITORING OF THE EDUCATIONAL PROCESS WITHIN THE REQUIREMENTS OF THE FEDERAL STATE EDUCATIONAL STANDARDS

Trukhmanov V.B., Trukhmanova E.N.

Arzamas Branch of Lobachevsky University, Arzamas, e-mail: v.truhmanov@yandex.ru

The new federal state educational standards have set new goals and objectives for the entire educational system and have demanded to look for new ways and strategies to achieve them. Given the new requirements for the results of the educational process, there is currently a need for the teacher to use, along with traditional pedagogical techniques, various psycho-diagnostic methods, as well as knowledge of the technologies for processing the received data. At present, the teacher must not only teach, but also plan the learning outcomes and development of students, build a model of the educational process and make predictions on this basis. As an analysis of the experience of teachers working according to new standards shows, they quickly and easily master the competencies of diagnosing educational achievements of students with the help of psychological and pedagogical tests, since this area is closely related to the basic knowledge in the field of psychology and pedagogy acquired during the period of study at the university . More difficult are the ability to analyze the data of monitoring studies of educational achievements, predict the immediate results, develop and adjust educational and developmental programs on their basis, since this requires a significant increase in the information and mathematical culture of the teacher. This article illustrates the possibilities of information technology for monitoring the educational process using examples, examines the methods of computer processing and the correct interpretation of diagnostic data on universal educational actions of students.

Keywords: the federal state educational standards, monitoring, information competence of the teacher, modelling the educational process

Современная российская школа уже несколько лет (с 2011 г.) работает в условиях реализации новых федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), кардинально изменивших представления о целях образования школьников и путях их достижения. Произошел переход к «стратегии социального проектирования и конструирования, от простой ретрансляции знаний к развитию творческих способностей обучающихся, раскрытию их возможностей, подготовке к жизни в современных условиях» [1, с. 8].

Достижение желаемого результата в познавательном и личностном развитии ребенка – формирование компетентной мотивированной личности – предполагает активную роль всех участников образовательного процесса и предъявляет новые требования к деятельности учителя и его педагогической квалификации. Большое значение, в частности, придается психологическим аспектам педагогического труда. У современного школьного учителя, наряду с традиционными функциями – обучать, организовывать, контролировать, оценивать,

и др. – появились новые – планировать результаты обучения, на основе «выделения ожидаемого уровня актуального развития большинства обучающихся и ближайшей перспективы их развития, определять динамическую картину развития обучающихся, поощрять продвижения обучающихся, выстраивать индивидуальные траектории движения с учётом зоны ближайшего развития ребёнка» [1, с. 15].

Эффективная реализация этих функций требует освоения педагогом новых компетенций – в целеполагании (предметном и личностном), в разработке программ деятельности и их корректировке с учетом изменяющихся педагогических условий, в психологической диагностике личности и классного коллектива, в обработке и анализе диагностических данных с применением информационных технологий и др. Фактически квалифицированный учитель призван моделировать определенные условия образовательного процесса: выявлять его закономерности, представлять их в виде математических моделей и на этой основе прогнозировать результаты обучения и воспитания во временно́й перспективе.

Цель исследования: совершенствование мониторинга образовательного процесса в русле требований ФГОС [2] на основе построения и анализа моделей различных составных элементов образовательного процесса с использованием табличного процессора Microsoft Excel.

Материалы и методы исследования

Корреляционная связь между различными параметрами – это статистическая связь, при которой изменение среднего значения одного признака соответствует изменению среднего значения другого признака; она не является причинно-следственной, но указывает на более или менее согласованное изменение значений двух признаков.

Если при увеличении значений одного признака значения другого признака также увеличиваются – корреляция считается положительной, а если уменьшаются – отрицательной [3, с. 202].

При изучении корреляционной связи важно измерить ее тесноту с помощью коэффициента корреляции, например линейной корреляции К. Пирсона, и проверить уровень его значимости. В общем случае применяется следующая градация, характеризующая силу прямолинейной связи в зависимости от абсолютной величины коэффициента корреляции: если $0 \le |r_{xy}| < 0{,}3$, то связь практически отсутствует; если $0{,}3 \le |r_{xy}| < 0{,}5$, то связь слабая; если $0{,}5 \le |r_{xy}| < 0{,}7$, то связь умеренная; если $0{,}7 \le |r_{xy}| < 1$, то связь сильная; если $|r_{xy}| = 1$, то связь является функциональной. В математической статистике уровень значимости – это вероятность ошибки, которую можно допустить, принимая то или иное утверждение. Для педагогических исследований высказывания, имеющие вероятность ошибки $p \le 0{,}05$, называются значимыми [3, с. 207].

Для проверки значимости корреляционной связи необходимо вычислить значение статистики: $T = \frac{r_{xy}\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}}}$, где r_{xy} – коэффициент корреляции Пирсона, рассчитанный по выборке n. Если корреляционная связь незначима, то статистика T имеет распределение Стьюдента с $(n - 2)$ степенями свободы. Поэтому необходимо сравнить значение T с критическим значением критерия Стьюдента $t_{крит.}$ по заданному уровню значимости – 0,05 и числу степеней свободы – $(n - 2)$. Если $|T| < t_{крит.}$, то делается вывод – значение коэффициента корреляции статистически неотличимо от нуля. Если $|T| \ge t_{крит.}$, то коэффициент корреляции статистически значим: между переменными существует линейная связь [3, с. 207].

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим результаты диагностики личностных и познавательных универсальных учебных действий (УУД) [1, с. 20] обучающихся 3-го класса. В качестве примера возьмем такие значимые показатели, как «школьная мотивация», «школьная тревожность» (личностные УУД) и «словесно-логическое мышление» (познавательные УУД). Нас интересует, каким образом каждый из них влияет на учебную успешность (успеваемость) школьников.

Математическая обработка этого массива данных позволяет выявить следующие закономерности:

1. Взаимосвязь между исследуемыми параметрами развития школьников (на основе корреляционного анализа).

2. Тенденция изменения определенного параметра во времени (в сторону уменьшения или увеличения) – на основе регрессионного анализа.

3. Достоверность изменения определенного параметра во времени.

Рассмотрим расчет коэффициента корреляции и определение его значимости в MS Excel. Для проведения статистической обработки данных табличный процессор Microsoft Excel имеет большой набор встроенных статистических функций, а также подключаемую дополнительно программную надстройку «Пакет анализа» с различными модулями статистического анализа [4].

Пример 1. Определим, существует ли корреляция между следующими параметрами: уровнем развития школьной мотивации (данные по методике Н.Г. Лускановой), уровнем развития словесно-логического мышления (данные по методике Э.Ф. Замбацявичене), уровнем школьной тревожности (данные по методике А.М. Прихожан) и успеваемостью обучающихся (преобладающие оценки «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно»). В диагностике участвовали 23 ученика 3 класса общеобразовательной школы (табл. 1).

Таблица 1

Результаты диагностики учеников 3-го класса

	Уровень мотивации	Уровень словесно-логического мышления	Уровень тревожности	Успеваемость
1	2	2	2	3
2	5	3	3	4
3	2	2	1	3
4	3	4	2	4
5	4	4	3	5
6	3	3	3	3
7	4	4	2	5
8	3	3	2	3
9	3	3	4	4
10	2	3	2	3
11	3	4	3	4
12	4	4	2	5
13	3	3	1	3
14	5	4	4	5
15	4	4	2	5
16	4	3	2	4
17	4	3	2	4
18	5	4	2	4
19	2	3	1	3
20	4	3	3	5
21	4	4	3	5
22	2	4	2	3
23	2	3	3	3

Примечание: в столбце 2 цифрами 2, 3, 4, 5 обозначены уровни школьной мотивации: 2 – низкий, 3 – средний, 4 – выше среднего, 5 – высокий (1 – очень низкий уровень, в данной выборке отсутствует). В столбце 3 цифрами 2, 3, 4 обозначены уровни словесно-логического мышления: 2 – низкий, 3 – средний, 4 – высокий (1 – очень низкий уровень, в данной выборке отсутствует). В столбце 4 цифрами 1, 2, 3, 4 обозначены уровни школьной тревожности: 1 – чрезмерное спокойствие, 2 – нормальный, 3 – несколько повышенный, 4 – явно повышенный. В столбце 5 цифрами 3, 4, 5 обозначена успеваемость школьников: 3 – преобладают оценки «3», 4 – преобладают оценки «4», 5 – преобладают оценки «5».

В программе MS Excel открываем новый рабочий лист и переносим данные из табл. 1. MS Excel дает возможность провести корреляционный анализ с помощью различных инструментов. Рассмотрим один из возможных вариантов.

Чтобы вычислить коэффициент корреляции для переменных «Уровень мотивации» и «Успеваемость», используем встроенную функцию «КОРРЕЛ» (рис. 1, 2).

Получаем коэффициент корреляции $r_{xy} = 0{,}7666$, который свидетельствует о наличии прямой и сильной корреляционной связи. Определим теперь, значима ли эта связь.

В нашем случае, после подстановки соответствующих величин в формулу получаем значении статистики $T = 7{,}2816$. Значение $t_{крит.}$ позволяет вычислить функция «СТЬЮДЕНТ.ОБР.2Х». В диалоговом окне данной функции открываются два поля для ввода значений: поле Вероятность – вводим значение уровня значимости $p = 0{,}05$ и поле Степени свободы – вводим значение 21 (так как наша выборка содержит 23 наблюдения) (рис. 3).

Получили $t_{крит.} = 2{,}0796$. Сравнив расчетное и критическое значения статистики T, делаем вывод: найденный коэффициент корреляции – статистически значим. Аналогично, для пары переменных «Уровень словесно-логического мышления» и «Успеваемость» и для пары переменных «Уровень тревожности» и «Успеваемость» получаем соответственно следующие значения: $r_{xy} = 0{,}6372$, $T = 4{,}8479$ и $r_{xy} = 0{,}4315$, $T = 2{,}6222$, что также подтверждает значимость и этих коэффициентов корреляции.

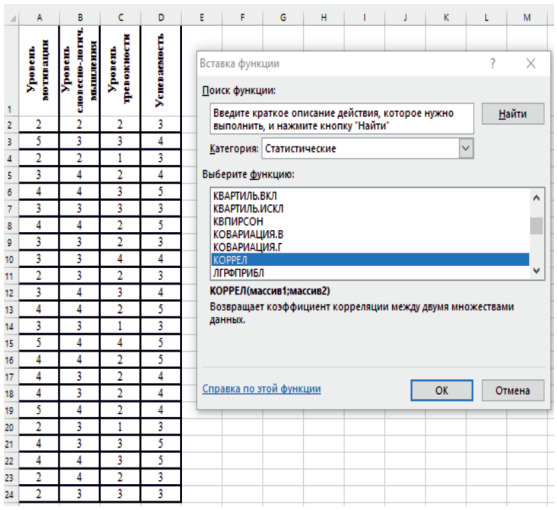


Рис. 1. Диалоговое окно функции «КОРРЕЛ» с данными диагностики

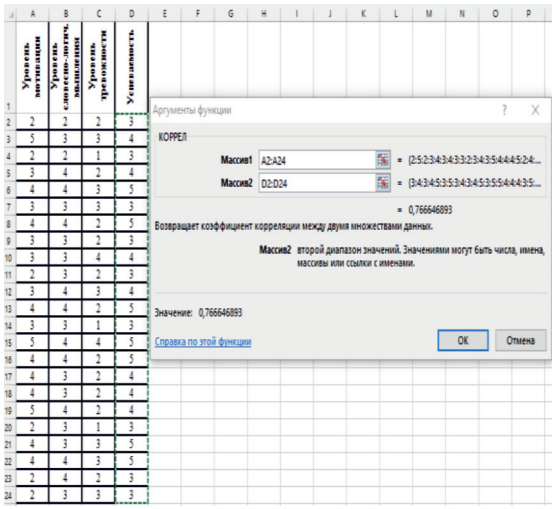


Рис. 2. Окно вывода функции «КОРРЕЛ»

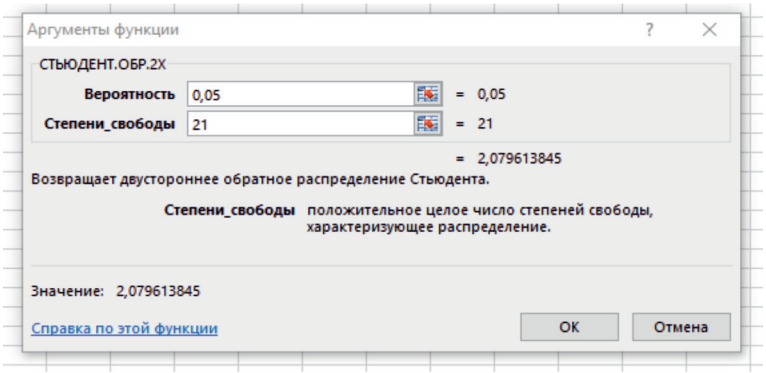


Рис. 3. Окно вывода функции «СТЬЮДЕНТ.ОБР.2Х»

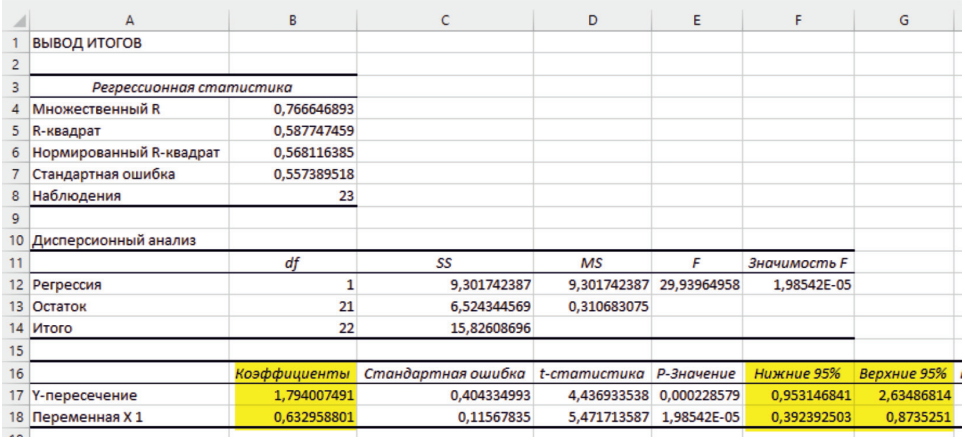
Таким образом, мы выявили взаимосвязь успеваемости обучающихся данного класса с каждым из трех факторов (мотивация, тревожность, словесно-логическое мышление). В целях планирования результатов образовательного процесса важно выяснить, какой фактор вносит наибольший вклад в изменение успеваемости школьников. Ответ на этот вопрос может дать построение математических моделей этих взаимосвязей, например, с помощью регрессионного анализа в MS Excel.

Надстройка Пакет анализа MS Excel с модулем Регрессия позволяет достаточно эффективно моделировать взаимосвязи признаков [4, 5]. Во вкладке ДАННЫЕ запускаем команду Анализ данных и в открывшемся диалоговом окне выбираем модуль Регрессия.

После подтверждения выбора в окне модуля Регрессия заполняем поля ввода данных: Входной интервал Y – указываем расположение значений зависимой переменной «Успеваемость», Входной интервал X – расположение значений независимой переменной «Уровень мотивации». Выбираем уровень надежности 95 %.

В окне вывода модуля Регрессия нас будут интересовать только значения коэффициентов и границы 95 % доверительных интервалов для них (рис. 4).

Таким образом, мы получаем уравнение зависимости переменной Y – Успеваемость – от переменной X – Уровень мотивации: $Y = 0{,}63X + 1{,}79$. Поскольку каждый из коэффициентов попадает в свой 95 %-ный доверительный интервал, то оба коэффициента признаются статистически значимыми на уровне значимости $p = 0{,}05$ (в противном случае коэффициент признается статистически не отличимым от нуля).



	A	B	C	D	E	F	G
1	ВЫВОД ИТОГОВ						
2							
3	*Регрессионная статистика*						
4	Множественный R	0,766646893					
5	R-квадрат	0,587747459					
6	Нормированный R-квадрат	0,568116385					
7	Стандартная ошибка	0,557389518					
8	Наблюдения	23					
9							
10	Дисперсионный анализ						
11		*df*	*SS*	*MS*	*F*	*Значимость F*	
12	Регрессия	1	9,301742387	9,301742387	29,93964958	1,98542E-05	
13	Остаток	21	6,524344569	0,310683075			
14	Итого	22	15,82608696				
15							
16		*Коэффициенты*	*Стандартная ошибка*	*t-статистика*	*P-Значение*	*Нижние 95%*	*Верхние 95%*
17	Y-пересечение	1,794007491	0,404334993	4,436933538	0,000228579	0,953146841	2,63486814
18	Переменная X 1	0,632958801	0,11567835	5,471713587	1,98542E-05	0,392392503	0,8735251

Рис. 4. Окно вывода модуля Регрессия пакета анализа MS Excel

Аналогично получаем уравнение зависимости переменной «Успеваемость» от переменной «Уровень словесно-логического мышления»: Y = 0,84X + 1,12; и уравнение зависимости переменной «Успеваемость» от переменной «Уровень тревожности»: Y = 0,44X + 2,88. Сравнивая коэффициенты при X в данных уравнениях (0,63; 0,84 и 0,44), мы можем сделать вывод, что наиболее существенный вклад в изменение успеваемости вносит второй фактор – уровень словесно-логического мышления (коэффициент 0,84), в меньшей степени – уровень школьной мотивации (коэффициент 0,63) и уровень тревожности (коэффициент 0,44). Подобным образом можно исследовать взаимосвязь и других факторов (например, особенностей общения учителя с уровнем тревожности школьников), что дает представление о закономерностях образовательного процесса в данном классе, тенденциях в развитии детей, позволяет прогнозировать ближайшие результаты обучения и воспитания и на этой основе корректировать образовательные программы.

Во многих случаях требуется установить не наличие взаимозависимости между переменными, а наоборот, имеется ли статистически значимое различие между выборками по уровню выраженности признака. Такая задача может возникнуть, если требуется проследить изменения во времени по каким-либо показателям для одного и того же класса.

Пример 2. Учитель провел два диагностических среза (в мае 2015 г. и в мае 2016 г.) особенностей самооценки обучающихся своего класса (по методике «Лесенка» В.Г. Щур) (табл. 2). Выявилась следующая динамика показателей: число детей с заниженной самооценкой снизилось на 4,3% (с 8,7% во втором классе до 4,3% в третьем классе), число детей с адекватной самооценкой увеличилось на 17,4% (с 43,5% до 60,9% соответственно), число детей с завышенной самооценкой уменьшилось (с 47,8% до 34,8% соответственно). Можем ли мы утверждать, что изменения показателей самооценки младших школьников статистически значимы?

Таблица 2

Результаты диагностики самооценки учеников

Испытуемый	2 класс (май 2015 г.)	3 класс (май 2016 г.)
1. Оля А.	1	2
2. Вика Б.	2	2
3. Саша Б.	2	2
4. Дима В.	2	2
5. Аня В.	2	2
6. Дима Г.	2	2
7. Илья Д.	3	3
8. Вова З.	2	2
9. Ира К.	3	3
10. Катя К.	2	2
11. Андрей К.	3	2
12. Маша Н.	1	1
13. Наташа П.	3	3
14. Игорь П.	3	2
15. Саша Р.	2	2
16. Лиза С.	3	3
17. Максим Т.	3	3
18. Юля Т.	2	2
19. Егор Т.	3	3
20. Оксана Х.	3	3
21. Алёна Ц.	2	2
22. Максим Ш.	3	3
23. Аня Ш.	3	3

Примечание: в столбцах 2 и 3 цифрами 1, 2, 3 обозначены уровни самооценки: 1 – низкий (заниженная самооценка), 2 – средний (адекватная самооценка), 3 – высокий (завышенная самооценка).

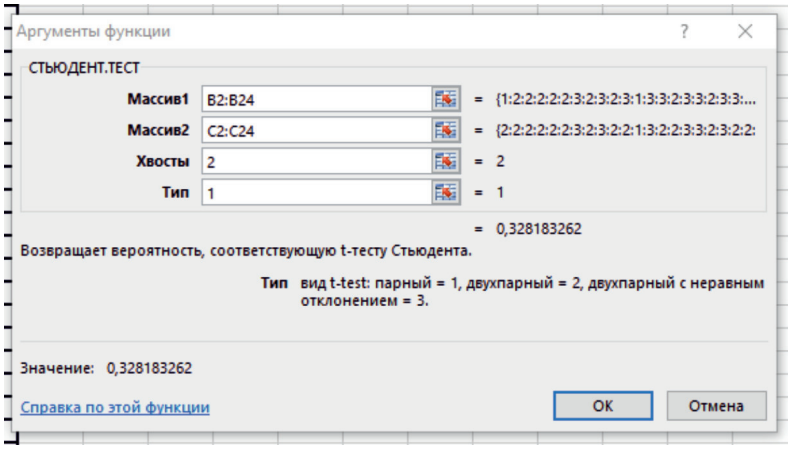


Рис. 5. Окно вывода функции «СТЬЮДЕНТ.ТЕСТ»

Для выявления статистической значимости (достоверности) различия между двумя выборками по уровню выраженности исследуемого признака наиболее часто применяется *t*-критерий Стьюдента. Применив встроенную функцию «СТЬЮДЕНТ.ТЕСТ», мы можем вычислить достоверность различий между выборками (показателями самооценки в конце второго и в конце третьего классов).

После подтверждения выбора в открывшемся диалоговом окне данной функции в полях Массив 1 и Массив 2 мы указываем расположение соответственно данных первого и последнего столбцов, в поле Хвосты вводим значение 2, что означает двусторонний тест, в поле Тип – значение 1 (парный тест) (рис. 5).

Получили уровень значимости $p = 0{,}328$, что значительно больше граничного; следовательно, различие между выборками по уровню выраженности признака не может быть признано достоверным. Если сравнивать показатели самооценки школьников в процентном соотношении (традиционный способ обобщения данных), то напрашивается вывод о положительной динамике. Но этот вывод ошибочен, поскольку различие значений изучаемых параметров статистически незначимо, случайно.

Заключение

Таким образом, использование педагогом информационных технологий открывает новые возможности совершенствования мониторинга образовательного процесса: выявлять взаимосвязи различных его составляющих, правильно интерпретировать данные диагностики УУД обучающихся, прогнозировать тенденции в их развитии, выстраивать корректную стратегию учебно-воспитательной работы.

Рассмотренные нами методы анализа данных на основе программного продукта MS Excel являются начальной ступенью повышения информационной культуры педагога, их освоение и дальнейшее развитие позволяет сделать процесс реализации новых ФГОС более эффективным.

Список литературы

1. Примерная основная образовательная программа образовательного учреждения. Основная школа / Сост. Е.С. Савинов. М.: Просвещение, 2011. 342 с.

2. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 07.06.2012 г. № 413 «Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования» // Российская газета. 21 июня 2012 г.

3. Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов. Учебник. 2-е изд. испр. М.: Московский психолого-социальный институт Флинта, 2003. 336 с.

4. Просветов Г.И. Анализ данных с помощью Excel. Задачи и решения. М.: Альфа-Пресс, 2015. 160 с.

5. Трухманов В.Б., Трухманова Е.Н. Возможности использования компьютерных технологий при обработке эмпирических данных // Современные образовательные Web-технологии в системе школьной и профессиональной подготовки: сборник статей участников Международной научно-практической конференции (Арзамас, 25–27 мая 2017 г.). Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2017. С. 470–474.

УДК 378.126

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КУРАТОРОВ ПО ФОРМИРОВАНИЮ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ СТУДЕНЧЕСКОГО СООБЩЕСТВА В ВУЗЕ

Чижикова Е.С.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тобольский индустриальный институт (филиал), Тобольск, e-mail: chizhikovaes@tyuiu.ru

В статье рассматривается проблема совершенствования деятельности кураторов по формированию корпоративной культуры студенческого сообщества в вузе. Воспитательный процесс в период обучения в вузе направлен на успешную адаптацию обучающихся, приобщение к корпоративной культуре студенческого сообщества и социализацию личности. Очевидно, что главную роль в этом процессе выполняют кураторы – наставники (тьюторы, коучи), которые сопровождают студентов в процессе их социально-культурной адаптации. Автор указывает, что в своей деятельности кураторы должны опираться на гуманистическую парадигму, подробно останавливается на факторах, способствующих эффективному взаимодействию с обучающимися. В статье приводится содержание деятельности куратора по формированию корпоративной культуры студенческого сообщества, определяются его педагогические и социально-гуманитарные функции как управленца и руководителя педагогического процесса в студенческой группе. Автор указывает и на проблемы, которые в настоящий момент препятствуют осуществлению данных функций и снижают эффективность деятельности института кураторства. Для разрешения таких проблем предлагаются меры по совершенствованию кураторской деятельности в направлении формирования, поддержания и/или изменения корпоративной культуры студенческого сообщества: организация эффективной обратной связи (кураторы – руководство вуза, кураторы – обучающиеся и т.д.); реформирование «Школ кураторов»; совершенствование деятельности «Службы психолого-педагогической поддержки»; обеспечение наставников необходимыми методическими материалами.

Ключевые слова: корпоративная культура, студенческое сообщество, деятельность куратора, наставничество, коучинг

IMPROVING THE CURATORS' ACTIVITIES ON FORMING AN ORGANIZATIONAL CULTURE OF THE STUDENT COMMUNITY AT THE UNIVERSITY

Chizhikova E.S.

Tobolsk Industrial Institute, the branch of the Tyumen Industrial University, Tobolsk, e-mail: chizhikovaes@tyuiu.ru

The article considers the problem of improving the curators' activities on forming the organizational culture of the student community at the university. The educational process during the study period is aimed at the students' successful adaptation, their introduction to the organizational culture of the student community and socialization of the individual. Obviously, the curators, i.e. the mentors (tutors, coaches) play the main role in this process accompanying the students in the process of their socio-cultural adaptation. The author indicates that in their activities, curators should rely on the humanistic paradigm; dwells in detail on factors contributing to the effective interaction with students. The article provides the list of the curator's activities on forming the organizational culture of the student community, determines curator's pedagogical and socio-humanitarian functions as a manager and a leader of the pedagogical process in the student group. The author also points out the problems that currently impede the implementation of these functions and reduce the effectiveness of the mentoring activities. To resolve such problems, measures are proposed to improve the curatorial activities on forming, maintaining and / or changing the organizational culture of the student community: such as organizing an effective feedback (curators with the university management, curators with students, etc.); reforming the «Curators' school»; improving the service of psychological and pedagogical support; providing mentors with necessary teaching materials.

Keywords: organizational culture, student comunity, curator's activity, mentoring, coaching

Анализируя исследования по теме корпоративной культуры вуза и роли куратора в ее формировании, можно с уверенностью отметить, что интерес к ней не ослабевает [1–3]. История педагогики и современная практика работы учреждений высшего профессионального образования подтверждает, что первостепенная роль в воспитательном процессе принадлежит куратору. Современный куратор – это наставник-профессионал, который организует систему отношений на разных уровнях: «студент – студент», «студент – преподаватель», «студент – администрация» с помощью разнообразных видов воспитывающего взаимодействия, создает условия для творческой самореализации студентов, направляет индивидуальную траекторию процесса адаптации и социализации студента. Поэтому значительная роль в успехе формирования корпоративной культуры студенческого сообщества отводится

именно куратору [4–6]. Так как преподаватели работают с группами, курсами, обучающиеся которых взаимодействуют между собой, его непосредственной задачей является формирование этих общностей как коллективных субъектов, что способствует формированию общих целей, тем самым способствует формированию корпоративной культуры студентов.

Цель исследования: разработка способов совершенствования деятельности кураторов, направленной на формирование корпоративной культуры студенческого сообщества в вузе, с учетом системных изменений в образовательном пространстве.

Материалы и методы исследования

1) общетеоретические (анализ, сравнение, обобщение, синтез);

2) эмпирические (наблюдение, педагогический эксперимент, прогнозирование, моделирование, тестирование, анкетирование).

Результаты исследования и их обсуждение

Решающую роль в формировании корпоративной культуры играет руководство, а также формальные и неформальные лидеры. Применительно к вузам первостепенную роль в формировании культуры студенческого сообщества должны выполнять кураторы групп, курсов, факультетов как носители и трансляторы основных ценностей вузовского сообщества.

Функция куратора заключается не столько в предоставлении студентам необходимого объема знаний, навыков и умений, но в первую очередь в приобщении студентов к определенным ценностным ориентациям, нормам и правилам, существующим в сообществе, в формировании культуры общения и взаимодействия, определенного стиля мышления, мировоззрения. То есть всего того, что составляет основу корпоративной культуры студенческого сообщества вуза.

Современные кураторы – это менеджеры образовательного процесса, которые должны обладать не только мастерством преподавания, но и знаниями из области психологии. Спивак в своих работах отмечает, что в своей деятельности кураторы, как и менеджеры, должны опираться на факторы, соответствующие гуманистическому подходу [7]. Эти факторы способствуют эффективному взаимодействию с обучающимися и получению намеченных результатов. К ним относятся:

– Самооценка: не зная себя, невозможно узнать и понять других; невозможно развиваться, не имея точки отсчета. Каждый преподаватель должен знать свой потенциал, уметь его оценивать и на этой основе определять потенциал других, направления развития для себя и других.

– Личное и профессиональное развитие: обращаясь к студентам, нужно самому являться профессионалом, проявлять уважение к личности студента. Например, А. Файоль утверждал: «Для руководителя высокого уровня залогом отсутствия как злоупотребления властью, так и слабости является цельность его личности и его высокие моральные качества; цельность же эта, как известно, не избирается и не приобретается» [8, с. 23]. Куратор только тогда будет пользоваться авторитетом, если он цельная личность. Тогда он будет иметь доверие, необходимое для успешного взаимодействия со студентами.

– Видение будущего. Необходимым условием для сотрудничества и взаимодействия кураторов со студентами является разделяемое единство целей и способов их достижения.

– Умение организовать командную работу. Для этого необходима индивидуальная работа по формированию атмосферы доверия, взаимопонимания и единства целей членов сообщества, для стимулирования индивидуального и группового творчества. В условиях постоянно изменяющегося состава студентов в вузе все большее значение приобретает «интуитивный» подход, эффективность которого повышается, когда принятие решений осуществляется на основе знаний, опыта и интуиции всех членов команды.

– Обратная связь. Куратор должен постоянно отслеживать ход процесса, своевременно выявлять отклонения и негативные тенденции в сообществе и принимать меры по их корректированию; поддерживать и развивать постоянные коммуникации со всеми членами сообщества.

– Управление индивидуальным развитием каждого в интересах сообщества, самого студента с учетом требований среды, потребностей и потенциала каждого члена сообщества.

– Обеспечение участия студентов в принятии решений как фактор развития доверия и ответственности.

– Проектирование развития сообщества, имея при этом в виду, что развитие сообщества – это в первую очередь развитие каждого его члена.

Деятельность куратора по формированию корпоративной культуры студенческого сообщества строится в соответствии с функциями, которые свойственны менеджерам образовательного процесса вуза (таблица).

Функции куратора по формированию корпоративной культуры студенческого сообщества

Функция	Цель деятельности	Направления деятельности
Информационно-аналитическая	Информирование обучающихся о нормативных и иных документах, регламентирующих различные аспекты корпоративной культуры вуза	– выявление куратором исходного уровня корпоративной культуры сообщества (группы); – приобщение обучающихся к общечеловеческим и корпоративным ценностям университетского сообщества; – начальная адаптация обучающихся к корпоративной культуре сообщества; – исследование и анализ групповых процессов (социометрия) и индивидуальных качеств обучающихся (психологическое тестирование)
Мотивационно-целевая	постановка SMART-целей кураторской деятельности и групповых целей	– стимулирование обучающихся к самоорганизации; – стимулирование студенческого самоуправления; – постоянное нацеливание обучающихся на проявление инициативы и творчества в процессе формирования корпоративной культуры
Планово-прогностическая	составление краткосрочных и долгосрочных планов работы с группой	– составление плана кураторской работы в соответствии с Планом работы вуза (на год, семестр); – определение прогнозов о достижении желаемого типа корпоративной культуры сообщества
Организационно-исполнительская	организация деятельности по формированию корпоративной культуры сообщества; выполнение намеченных целей и планов	– целенаправленная деятельность студенческого сообщества по овладению целостными, устойчивыми чертами и качествами, необходимыми для успешного перевода культуры на более высокий уровень с помощью необходимых организационно-педагогических условий, средств и действий; – достижение желаемого типа корпоративной культуры студенческого сообщества
Контрольно-диагностическая	постоянное отслеживание изменений в студенческом сообществе	– постоянная диагностика типа корпоративной культуры; – контроль сплочения сообщества (группы); – контроль достижения намеченных целей
Регулятивно-коррекционная	обеспечение постоянного совершенствования процесса формирования корпоративной культуры студенческого сообщества	– поиск причин неэффективности деятельности и деятельности группы в процессе формирования корпоративной культуры студенческого сообщества; – коррекция работы куратора как со студенческой группой, так и с отдельным студентом; – своевременное внесение изменений в планы работы для повышения эффективности деятельности

Однако в настоящее время существует ряд проблем, которые препятствуют осуществлению данных функций и снижают эффективность деятельности института кураторства (рис. 1).

В Тобольском индустриальном институте (филиале) ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» было проведено анкетирование среди преподавателей-кураторов о мерах по повышению эффективности их деятельности. Следующие предложения участников были взяты за основу совершенствования кураторской деятельности:

1) оптимизировать систему стимулирования работы кураторов;

2) четко определить должностные обязанности и полномочия кураторов;

3) организовать учебу молодых кураторов;

4) обеспечить кураторов необходимыми информационно-методическими материалами;

5) организовать психолого-педагогическую поддержку, необходимую для осуществления руководства академической группой, вооружить кураторов знаниями психофизиологии, возрастной психологии, психологии коллектива, провести тренинговое обучение для закрепления навыков.

Для обучения кураторов в филиале организована «Школа кураторов» на основе системы повышения квалификации. Два раза в год в студенческие каникулы в групповых интенсивных тренингах кураторы получают необходимые теоретические знания по основам корпоративной культуры и практические навыки общения и разрешения конфликтных ситуаций. Состав групп кураторов каждый семестр может

меняться в зависимости от их потребности. Подготовлены методические рекомендации для работы кураторов «Основы корпоративной культуры». В институте организована работа «Службы психолого-педагогической поддержки», которая оказывает кураторам помощь по различным направлениям их деятельности (рис. 2).

Рис. 1. Проблемы эффективности деятельности института кураторства

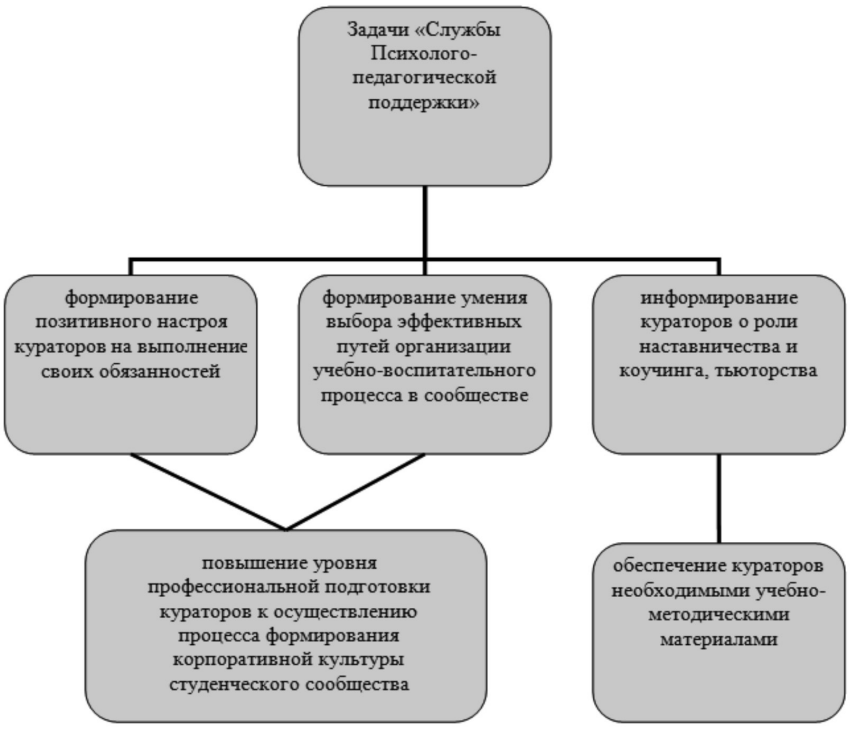


Рис. 2. Задачи и направления деятельности «Службы психолого-педагогической поддержки»

Для реализации поставленных задач сотрудники этой службы регулярно проводят с кураторами тренинги личностного роста и командообразования. После прохождения таких тренингов у кураторов отмечается повышение уровня мотивации; уровня стрессоустойчивости; уровня проведения социометрических исследований в сообществе; сформированность навыков разрешения конфликтных ситуаций; быстрая выработка новых идей. В результате тренингов даже самые пассивные кураторы меняют свое отношение к работе, получают заряд активности, начинают более ответственно осуществлять свою деятельность.

При формировании корпоративной культуры тренинг является одним из наиболее выигрышных методов обучения, так как он не предполагает жесткий контроль со стороны спикера, обучение проводится в игровой форме. Это обеспечивает ненасильственное принятие членами сообщества корпоративной политики и ценностей вуза. Этим тренинг отличается от корпоративных нормативных документов («Корпоративный Устав», «Корпоративный кодекс» и т.п.), в которых закреплено обязательное соблюдение всеми членами сообщества принципов жизнедеятельности в нем.

В конечном счете успешное прохождение тренингов кураторами повышает эффективность в следующих направлениях деятельности:

− установление доверительных взаимоотношений со студентами и коллегами;

− быстрое формирование определенных поведенческих навыков, умений;

− формирование желательного образа корпоративной культуры, убеждений и норм;

− формирование лояльного отношения к оппонентам и преданности академическому сообществу;

− выработка необходимых моделей поведения в отношении студентов и коллег;

− повышение уровня собственных знаний и качества выполняемых обязанностей;

− креативный подход к осуществлению кураторской работы;

− качественный психолого-педагогический анализ группы, личности обучающихся для проведения изменений корпоративной культуры сообщества;

− осуществление профессиональной психолого-педагогической диагностики группы, личности обучающихся для налаживания эффективной обратной связи.

Заключение

Организация эффективной кураторской работы – это один из важнейших аспектов образовательной деятельности в вузах. Это связано с тем, что одной из главных целей кураторской работы является содействие формированию полноценной гармонично развитой личности компетентного специалиста. Однако формировать корпоративную культуру студенческого сообщества невозможно без непосредственного участия в этом процессе самих студентов. Поэтому главной задачей кураторов является стимулирование творческой «управленческой» инициативы студентов, формирование этического самосознания, комплекса позитивных смысложизненных ориентаций, установок и отношений. Только в таком «субъект-субъектном» творчестве и взаимодействии может быть построена благоприятная корпоративная атмосфера в вузе.

Список литературы

1. Назаренко Н.В. Становление и современное состояние феноменов «корпоративная культура», «образовательная корпорация» и «корпоративная культура университета» // DIXI – 2014: идеи, гипотезы, открытия в социально-гуманитарных исследованиях: сборник научных трудов: выпуск 5 / Под науч. ред. докт. соц. наук А.Ю. Завалишина. Хабаровск: РИЦ ХГАЭП, 2014. С. 68–75.

2. Богданова А.И., Осипова С.И. Интегрирование ценностей толерантности в корпоративную культуру вуза // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8560 (дата обращения: 17.11.2019).

3. Безвесельная З.В. Корпоративная культура профессорско-преподавательского состава вуза как основа и фактор формирования корпоративной культуры студентов // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. Вступление. Путь в науку. М.: Изд-во Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2019. № 2 (26). С. 134–140.

4. Долгарева С.А. Работа куратора групп первого курса по сопровождению адаптации первокурсников к корпоративной культуре вуза и личностно-профессиональному развитию студентов // Язык. Образование. Культура: материалы X Всероссийской научно-практической электронной конференции с международным участием, посвященной 81-летию КГМУ (25–30 апреля 2016 г.). Курск: Изд-во КГМУ, 2016. С. 265–271.

5. Крайнов А.Л. Роль куратора в формировании корпоративной культуры среди студентов высшего учебного заведения // Актуальные проблемы воспитания в образовательном процессе вуза: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Саратов, 26 февраля 2016 г.) / Под ред. О.М. Поповой. Саратов: Изд-во ООО «ЦеСАин», 2016. С. 76–79.

6. Соколова И.Ю., Горбунков В.Я. Психолого-педагогическое сопровождение студентов в процессе формирования корпоративной культуры университета // Уральский научный вестник. 2017. Т. 7. № 1. С. 022–027.

7. Спивак В.А. Организационная культура. СПб.: Издательский дом «Нева», 2004. 224 с.

8. Файоль А., Эмерсон Г., Тэйлор Ф., Форд Г. Управление – это наука и искусство / Составитель Г.Л. Подвойский. М.: Республика, 1992. 349 с.

ОБЗОРЫ

УДК 37.01

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ РАБОТА СО СТРАХАМИ ДЕТЕЙ

[1]Минаева Е.В., [1]Иванова Н.В., [2]Павликова О.В.

[1]ФГБОУ ВО «НГПУ им. К. Минина», Нижний Новгород, e-mail: eminaeva69@mail.ru;
[2]МБОУ «Школа 169», Нижний Новгород

В статье представлен обзор некоторых видов работы со страхами у детей. Раскрываются общие вопросы проблемы страха. Указаны выделенные в научных источниках причины возникновения, источники, виды, уровни, некоторые возрастные особенности страха младших школьников, основные приемы совладающего поведения детей начальной школы. В статье подчеркивается важность комплексного подхода к решению проблемы детских страхов, выделены ряд направлений работы: необходимости участия родителей, дополнительной работы с общей тревожностью детей, повышения самооценки, работы по обучению навыкам релаксации. В качестве видов работы в статье рассматриваются сказкотерапия, игровая терапия, драматизация, рисование. Выделены возможности использования мультфильмов в коррекции страхов. При рассмотрении сказкотерапии представлен общий алгоритм работы с коррекционной сказкой, приведены примеры сказок с различными вариантами совладающего поведения персонажей. Приведены алгоритмы работы со страхами, предложенные в контексте работы с эмоциональной сферой детей в целом и эмоцией страха в частности. Описан возможный вариант драматизации. Представлены возможности рисования в работе с детскими страхами. Приведены приемы работы с рисунком. В статье рассмотрены некоторые авторские приемы работы со страхом. Включена беседа с ребенком на начальном этапе работы.

Ключевые слова: страх, сказкотерапия, детские страхи, совладающее поведение

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL WORK WITH FEARS CHILDREN

[1]Minaeva E.V., [1]Ivanova N.V., [2]Pavlikova O.V.

[1]Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: eminaeva69@mail.ru;
[2]School № 169, Nizhny Novgorod

The article provides an overview of some types of work with fears in children. The general issues of the problem of fear are revealed. Indicated, highlighted in scientific sources, causes, sources, types, levels, some age-related features of fear of primary school children, the basic techniques of coping behavior of primary school children. The article emphasizes the importance of an integrated approach to solving the problem of childhood fears, a number of areas of work are highlighted: the need for parental involvement, additional work with general anxiety of children, increased self-esteem, and work on teaching relaxation skills. As types of work, the article considers fairy-tale therapy, game therapy, dramatization, and drawing. The possibilities of using cartoons in the correction of fears are highlighted. When considering fairy tales, a general algorithm for working with a corrective fairy tale is presented, examples of fairy tales with different variants of the characters' coping behavior are given. Algorithms for working with fears proposed in the context of working with the emotional sphere of children in general and the emotion of fear in particular are given. A possible version of dramatization is described. The possibilities of drawing in the work with children's fears are presented. The methods of working with the drawing are given. The article received consideration of some of the author's methods of working with fear. A conversation with the child at the initial stage of work is included.

Keywords: fear, fairy-tale therapy, children's fears, coping behavior

Страх, как предмет исследования, получил рассмотрение в работах отечественных (А.И. Захаров, А.А. Фортунатов, А.И. Чистякова) и зарубежных исследователей (Г. Рибо, З. Фрейд, В. Штерн и др.).

В психологических и психиатрических словарях М.И. Дьяченко, Л.А. Кандыбович [1], В.М. Блейхера, И.В. Крука [2], А. Робера [3], А.В. Петровского, М.Г. Ярошевского [4] страх определяется как эмоция, психическое состояние, чувство внутренней напряженности, эмоциональное состояние психики.

Статья носит обзорный характер, мы предприняли попытку описать основные виды работ с детскими страхами, предложенными в современных психолого-педагогических исследованиях. В качестве возрастной категории мы рассмотрели детский возраст, включающий два периода: дошкольный и младший школьный возраст.

Материалы и методы исследования

Материалом для нашей работы послужили современные отечественные публикации: монографии, сборники, статьи, диссертации. Основным методом работы выступил теоретический анализ.

В исследованиях страха отмечается, что он возникает в ситуации угрозы биологического и социального характера. В его основе лежит инстинкт самосохранения. Источниками страха являются реальные или воображаемые обстоятельства. Страх сопровождает человека на протяжении всей жизни, имеет динамику развития и обладает возрастными

особенностями [5–7]. А следовательно, может выступать маркером возрастного развития. Выявлены гендерные особенности его проявления [5]. В работах А.С. Саржановой [8] описаны формы страха. А.И. Захаров выделяет уровни страха: обычный естественный, патологический [9, 10] .

В статье Т.П. Усыниной [11] экспериментально выделены ведущие страхи младшего школьного возраста, к ним относятся страх смерти родителей, страх собственной смерти, боязнь чудовищ, боязнь каких-либо людей, страх наказания, страх сделать что-либо плохое. Значительно отличаются по степени выраженности страх перед стихийными бедствиями, страх нападения.

В зависимости от особенностей возникновения А.И. Захаровым [9, 10] выделены виды страхов: внушенные (возникают в процессе общения с родителями и сверстниками), личностно обусловленные, ситуативные. Часто механизмы возникновения страхов сочетаются между собой.

Оптимальным временем коррекции страхов считается дошкольный и младший школьный возраст.

С практической точки зрения важным является выделение возможных стратегий совладания со страхом у детей. В своем диссертационном исследовании Л.С. Акопян [12,13] выделила у младших школьников следующие приемы совладающего поведения: пассивно-защитное «лезу под одеяло», «прячусь под кроватью», «отворачиваюсь к стене», «зажмуриваю глаза» и т.д.; самоуспокаивание «считаю до ста», «убеждаю себя, что этого нет», «говорю себе: “Костя, не бойся”» и т.д.; активно-защитное «иду на встречу страху», «борюсь с ним», «говорю страхам: “Отвалите”», «смотрю страху в глаза», «беру автомат», «делаю то, чего боюсь», «ругаю того, кто меня пугает» и т.д.;. бездействие; обращение за помощью родителей; отвлечение с помощью чего-либо, «играю с кошкой», «смотрю мультики», «стараюсь заиграться», «читаю интересную книгу», «начинаю танцевать» и т.д.; обращение к «высшим силам».

В работах А.И. Захарова [9, 10] указывается влияние родителей на формирование страхов у детей. Автор указывает на важность теплых, непосредственных и откровенных отношений родителей с детьми. Подчеркивается важность совместной деятельности, прогулок, различных игр, чтения сказок, рисования, спортивных мероприятий. Вслед за А.И. Захаровым Л.С. Акопян [12, 13] подтверждает связь между детско-родительскими отношениями и состоянием эмоциональной сферы детей. Анализируя влияние стилей семейного воспитания, Л.С. Акопян приходит к выводу, что большое количество страхов встречается у детей в семьях с гиперпротекцией, наличием большого количества требований-обязанностей, требований-запретов. Л.С. Акопян подчеркивает важность включения в коррекцию страхов у детей работу со значимыми взрослыми.

Наличие различных подходов к работе с детскими страхами делает актуальным их обобщение для максимально эффективного и комплексного применения в психолого-педагогической практике. В рамках ФГОС НОО указывается важность работы над эмоционально–волевым развитием младших школьников, сохранением психического здоровья, созданием условий для благоприятной, психологически безопасной образовательной среды, что подчеркивает актуальность нашего исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Существует ряд работ, в которых рассмотрены различные методы, техники и приемы работы со страхами у детей (Т.А. Арефьева [14], Ю.А. Кочетова [15], А.Ю. Татаринцева, М.Ю. Григорчук [16], Т.В. Бавина [17], В.И. Долгова, Е.Г. Капитанец, Н.Б. Погорелов [18]. В работах А.И. Захарова [19] рассматриваются простые, но эффективные методы работы со страхами. Подчеркивается значение игры. Автором выделены игры, которые знакомы каждому: «Пятнашки», «Жмурки», «Прятки», «Кто первый», «Быстрые ответы», «Сражение», «Стрельба из лука», «Подвижные игры с мячом», «Проникновение и выход за круг». Несмотря на простоту, эти игры позволяют снизить эмоциональное напряжение, научиться сдерживаться, победить неуверенность, застенчивость, страх.

Сказкотерапия используется как метод работы с возможными психологическими проблемами детей и взрослых. Данный метод показал свою высокую эффективность в работе со страхами детского возраста. Разработан алгоритм работы с психокоррекционной сказкой. Специалист может подобрать готовую авторскую сказку или составить ее самостоятельно. Для этого необходимо придумать главного героя, похожего на ребенка, с которым предстоит работать. Проблема главного героя должна повторить проблему ребенка. Далее главного героя помещают в сложную ситуацию, которую он с успехом решает. Пример положительного решения проблемы в сказке обязателен.

После прочтения сказки ее обсуждают с ребенком. В процессе беседы необходимо обсудить, как герой справляется со своей проблемой, что он при этом делает. Обязательными в обсуждении сказки являются два вопроса: «Чему нас эта сказка научить может?» и «Кого напоминает главный персонаж сказки?». Ответы на данные вопросы позволяют ребенку снизить эмоциональную напряженность, увидеть способы решения своей проблемы и перенести полученный опыт в свою жизнь.

Выделены приемы, с помощью которых главный герой может справиться с ситуацией. Преодоление себя и «включение себя в страшную ситуацию» – бойся, но делай. Сказки «Как Кенгуреныш стал самостоятельным», «Сказка о подсолнечном семечке», «Белочка Нуся», «Сказ о том, как Щтирлицев свой страх победил». Привлечение помощника (вместе не так страшно). Сказки «Мышонок и темнота», «Слоненок, который боялся темноты», «Мальчик и свет-

лячок». Вытеснение другим страхом (нужно спасти друга, на пути к цели герой, не задумываясь, преодолевает препятствия). Сказка «Медвежонок и Баба Яга». Волшебный талисман (его наличие помогает справиться с ситуацией, в результате герой понимает, что с ситуацией сумел справиться сам). «Сказка о Котенке, или Чего мне волноваться?». Активная борьба «Один обычный год, или Чрезвычайное происшествие».

Примеры сказок приведены из книги О.В. Хухлаевой, О.Е. Хухлаева «Лабиринт души» [20] .

Эффективность сказкотерапии возрастает, если вместе с ней используется рисование и драматизация. В процессе работы ребенку предлагают изобразить (драматизация) или нарисовать самый интересный для него эпизод сказки.

С нашей точки зрения, аналогичным образом может быть построена работа с мультфильмами. В своей коррекционной работе с детскими страхами мы используем следующие мультфильмы: «Монсики «Страхстрахов»», «Ночной монстр или Как победить свой страх», «Ничуть не страшно», «Как победить страх (смешной мультик про птенчика)», «Мультфильм про Страхи». Сначала мультфильм просматривается, анализируется, выделяется способ преодоления страха, обсуждаются уроки мультфильма. Можно нарисовать или проиграть самую интересную часть мультфильма. Как дополнительный вариант работы с мультфильмами можно выделить озвучивание мультфильма, если в нем нет текста. Ребенок сам придумывает реплики за героев. Стоит обратить внимание ребенка на эмоции героев, которые должны быть понятны при озвучивании.

В работе «Практические материалы для работы с детьми 3–9 лет» О.В. Хухлаева [21] предложила алгоритм работы с базовыми эмоциями, который включает три этапа.

1. Первичное знакомство с чувством.

2. Обучение распознаванию и произвольному проявлению чувств.

3. Обучение пониманию относительности в оценке чувства.

Мы считаем, что данный алгоритм можно включить в коррекционную работу с детскими страхами на начальном этапе.

Проигрывание страха. В работе Р.М. Грановской, И.М. Никольской «Защита личности. Психологические механизмы» [22]. Описывается интересный прием «Прием переноса страха на игрушку», который впервые использовала А. Фрейд в работе с детьми, пережившими бомбежки Лондона во время Второй мировой войны. Дети разыгрывали все, что происходило во время бомбежки. Строили из кубиков домики, потом их разрушали, изображали звук сирен, работу врачей и медсестер. Все это позволяло выразить переживания, их отреагировать и освободиться от страшных переживаний прошлого.

Вариантом драматизации может быть прием «Разговор со страхом». Данный прием может быть реализован несколькими вариантами. Можно распределить роли между ребенком и специалистом. Ребенок остается собой, а страх играет специалист. Можно предложить обе роли (ребенка и страха) сыграть самому ребенку. В этом случае ставятся два стула друг напротив друга. Ребенку объясняется, что на одном стуле сидит он сам, а когда он будет пересаживаться на другой стул, он будет в роли страха, и, следовательно, будет подавать реплики страха. Ребенку предлагают поговорить со своим страхом. Приведем пример возможных вопросов. «О чем бы ты хотел поговорить со страхом? Какие вопросы хотел ему задать? Зачем он тебя пугает? Что он от тебя хочет? Можешь ли ты с ним подружиться, оказать ему услугу, помочь?». Наш личный опыт использования данного приема показывает, что дети с охотой включаются в подобный разговор, в ходе которого происходит снижение эмоционального напряжения, отреагирование страха. Ребенок учится внутреннему диалогу в ситуации страха, анализу страха.

Рисование страха может быть самостоятельным вариантом работы с детскими страхами [23]. Стоит отметить, что рисование для большинства детей является любимым занятием, где можно выразить себя. Значение рисования в преодолении страха подчеркивается в работах А.В. Захарова [9, 10]. Детский рисунок помогает понять интересы, переживания ребенка, и, следовательно, может являться диагностическим инструментом в изучении детских страхов. В ходе рисования происходит отреагирование страха, есть возможность вывести страшное для себя наружу, изменить пугающую ситуацию, взять ее под контроль. В литературе предлагаются разные варианты использования рисунка в преодолении страхов. Перечислим некоторые: нарисовать свой страх, себя со страхом, вымышленного героя – победителя страха, себя в качестве героя – победителя страха, изменить пугающего персонажа, пририсовав ему смешные детали.

В.В. Лебединский, О.С. Никольская, Е.Р. Баенская, М.М. Либлинг [24] рассматривают детский страх, при нормальном развитии, как важный элемент регуляции поведения, обладающий адаптацион-

ным смыслом. Автор выделил копинг-стратегию преодоления страхов в детском возрасте – достижение объекта страха, его уничтожение или преобразование, чтобы он стал нестрашным. О.В. Хухлаева [21], опираясь на положения В.В. Лебединского, предложила свой алгоритм работы со страхом, который состоит из ряда этапов. Ребенку предлагается проявить страх вербально или невербально. Необходимо дать страху название. Далее вместе со взрослым подбирается способ уничтожения или преобразования объекта страха или ситуации для того, чтобы они перестали быть страшными. Автор подчеркивает важность ориентации ребенка на героический идеал. Важно, чтобы страшный объект был уничтожен через преодоление ребенком опасности и проявление собственной активности. Таким образом, выделяются два этапа в работе с детскими страхами. 1. Идентификация с объектом страха. Это включение объекта страха в себя, а следовательно, возникает возможность управления страхом. 2. Дистанцирование от объекта страха. Это отдаление от объекта или ситуации, внушающей страх. Это можно сделать, если представить страшный объект в необычной роли, преобразование в смешное (дорисовываем страху смешные элементы или представляем страшный объект в смешной ситуации), сопереживание объекту страха.

А.Л. Венгер предложил методику «Уничтожение страха», которая позволяет снизить личностную тревожность, депрессивную направленность и эмоциональную напряженность [25, 26]. Методика состоит из ряда этапов. Первоначально с ребенком обсуждается, как можно изобразить страх, и происходит его изображение. Далее идет обсуждение того, что страх уже снаружи, и мы можем сделать с ним все, что захотим. Ребенку предлагается разорвать рисунок на мелкие кусочки. Принципиально важным на данном этапе является сопровождение действий ребенка эмоциональными комментариями и косвенным внушением. После того как рисунок разорван необходимо собрать все кусочки, чтобы страх не вернулся, и выбросить их. Завершающий этап методики связан с объяснением ребенку смысла происходящего. Теперь ребенку показали, как можно справляться со своими страхами.

Опираясь на работы А.И. Захарова [9, 10, 19], О.В. Хухлаевой [20, 21] мы разработали беседу с ребенком, которая может быть использована в начале коррекции страха. Первоначально с ребенком обсуждается вопрос о пользе и вреде страха. Как правило, отвечая на вопрос, бояться – это хорошо или плохо, дети говорят о том, что страх – это плохо. Приведем возможные вопросы в беседе. «Как ты думаешь страх – это вредное или полезное явление? То, что люди боятся – это хорошо или плохо? Если бы люди не боялись переходить дорогу, по которой на большой скорости и в большом количестве мчатся автомобили, или в зоопарке кормить льва с руки, что бы произошло?» Таким образом, в процессе беседы ребенка подводят к важному выводу о том, что страх бывает полезен. Так как он спасает нам жизнь, он нас охраняет, он нам помогает. Однако так бывает не всегда. Есть страхи, которые нам мешают. Они придуманы нами, они плод нашего воображения. И с этими страхами нужно учиться справляться. Далее с ребенком обсуждается вопрос, все ли люди подвержены страхам? В результате мы подводим ребенка к важным выводам: страхи бывают полезными и вредными, страхи есть у всех, со страхами можно научиться справляться. Уже на данном этапе, как правило, у ребенка снижается эмоциональное напряжение. После беседы можно использовать различные формы работы: сказкотерапию, рисование, лепку, драматизацию, обсуждение мультфильмов и книг, что позволяет значительно снизить или снять страх, а результат работы носит устойчивый характер. Важный вывод, к которому необходимо подвести ребенка что: если страх нас охраняет, спасает, то нужно «бежать от страха», а если он нам мешает – «бежать в его сторону», тогда он исчезает.

Мы присоединяемся к мнению О.В. Хухлаевой о необходимости комплексной работы по преодолению страхов, с обучением релаксации и повышению самооценки ребенка.

Наш практический опыт показывает, что дети, испытывающие большое количество страхов, не умеют расслабляться. В качестве приемов релаксации можно использовать следующие. «Долгий выдох». Учим ребенка дышать животом. Совершая вдох на раз, выдох на два, три. Длинный выдох расслабляет, длинный вдох – тонизирует. Практикуем длинный выдох. Хорошо зарекомендовала себя игра «Шалтай-Болтай». Читая одноименное стихотворение, поворачивая тело в разные стороны, болтаем руками, позволяя им двигаться по свободной траектории. Расслабление под музыку, визуализация – замечательные приемы релаксации.

Работа с самооценкой может быть представлена различными приемами. Данное направление тесно связано с работой с родителями, так как в детском возрасте именно родители определяют самооценку ребенка. Родителям важно понимать необходимость

развернутого позитивного оценивания поведения ребенка с акцентом на положительных сторонах. В качестве приема работы с самооценкой можно предложить «Цветик-семицветик». Изготавливается цветок с семью лепестками, прикрепляется на видное место. Каждый день недели – отдельный лепесток. Каждый день вечером совместно с ребенком вспоминаем и записываем на лепестке достижения ребенка, чем можно гордиться. Таким образом, за неделю заполняется весь цветок.

Описанные методы и приемы работы над детскими страхами могут быть рекомендованы в практическую деятельность педагогам и психологам.

Выводы

Анализ научных источников показал достаточную изученность проблемы детских страхов. В литературе представлен практический материал по коррекции детских страхов. В качестве основных методов коррекции используются игровая терапия, рисунок, драматизация, сказкотерапия, специальные приемы техники. Сделан акцент на комплексном подходе к решению проблемы: участие родителей [27], обучение детей навыкам релаксации, снижение общей тревожности, повышение самооценки. Несмотря на проработанность обозначенной темы, существует недостаток программ коррекции детских страхов, в которых используется обозначенный выше комплексный подход. Данное направление может быть дальнейшим этапом работы.

Список литературы

1. Дьяченко М.И., Кандыбович Л.А. Психологический словарь-справочник. М., 2009. 576 с.

2. Блейхер В.М., Крук И.В. Толковый словарь психиатрических терминов. Воронеж, 1995. 640 с.

3. Робер А. Большой толковый психологический словарь. М., 2000. 560 с.

4. Психологический словарь / Под общ. ред. А.В. Петровский, М.Г. Ярошевский. М., 1990. 494 с.

5. Калацкая Н.Н. Детские страхи и способы их коррекции у детей школьного возраста // Вестник НЦБЖД. 2011. № 2. С. 44–47.

6. Бавина Т.В. Детские страхи: Решение проблемы в условиях детского сада. М., 2016. 64 с.

7. Гриднева С.В. Личностные детерминанты страхов и стратегий совладающего поведения у детей 9–10 лет: автореф. дис. ... канд. психол. наук. Ростов-на-Дону, 2007. 24 с.

8. Саржанова А.С. Детские страхи и пути их преодоление // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 7. С. 155–157.

9. Захаров А.И. Дневные и ночные страхи у детей. СПб., 2010. 320 с.

10. Захаров А.И. Происхождение и психотерапия детских неврозов. М., 2011. 268 с.

11. Усынина Т.П. Исследование страхов в младшем школьном возрасте // Психолог. 2019. № 4. С. 49–54.

12. Акопян Л.С. Психология эмоциональных состояний и их регуляция у детей младшего школьного возраста (на материале детских страхов): автореф. дис. ... докт. психол. наук. Самара, 2011. 52 с.

13. Акопян Л.С. Особенности преодоление страхов у детей младшего школьного возраста // Образование и саморазвитие. 2013. № 17. С. 214–218.

14. Арефьева Т.А., Галкина Н.И. Преодоление страхов у детей. М.: Психотерапия, 2009. 272 с.

15. Кочетова Ю.А. Психологическая коррекция детских страхов // Психологическая наука и образование. 2012. № 1. С. 1–14.

16. Татаринцева А.Ю., Григорчук М.Ю. Детские страхи: куклотерапия в помощь детям. СПб., 2007. 218 с.

17. Бавина Т.В. Детские страхи: Решение проблемы в условиях детского сада. М., 2016. 64 с.

18. Долгова В.И., Капитанец Е.Г., Погорелова Н.Б. Модель психолого-педагогической коррекции страхов детей дошкольного возраста 5–6 лет // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. [Электронный ресурс]. URL: https:// https://e-koncept.ru/2016/56108.htm (дата обращения: 10.11.2019).

19. Захаров А.И. Игра как способ преодоления неврозов у детей. М., 2009. 416 с.

20. Хухлаева О.В., Хухлаев О.Е. Лабиринт души: терапевтические сказки. СПб., 2019. 207 с.

21. Хухлаева О.В. Практические материалы для работы с детьми 3–9 лет. Психологические игры, упражнения, сказки. М., 2016. 190 с.

22. Грановской Р.М., Никольской И.М. Защита личности. Психологические механизмы. СПб., 1999. 360 с.

23. Ковалевская А.А. Психологическая коррекция страхов младших школьников // Проблемы современного педагогического образования. 2016. № 44. С. 75–81.

24. Лебединский В.В., Никольская О.С., Баенская Е.Р., Либлинг М.М. Эмоциональные нарушения в детском возрасте и их коррекция. М., 1990. 196 с.

25. Венгер А.Л., Гребенюкова А.С. Коррекция неблагоприятных эмоциональных состояний у младших школьников // Психологический журнал Международного университета природы, общества и человека «Дубна». 2013. № 4. С. 1–11. [Электронный ресурс]. URL: https://http://psyanima.su/journal/2013/4/2013n4a1/2013n4a1.pdf (дата обращения: 10.11.2019).

26. Венгер А.Л., Морозова Е.И. Экстренная психологическая помощь детям и подросткам. М., 2011. 172 с.

27. Тюмасева З.И., Орехова И.Л. Семейная среда как средство сохранения, укрепления здоровья обучающихся и формирования самосохранительного поведения // Вестник Мининского университета. 2019. Т. 7. № 3. DOI: 10.26795/2307-1281-2019-7-3-5.