

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 1,007
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,308

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, Горбатько С.М. (Москва); д.т.н., профессор, Гоц А.Н. (Владимир); д.п.н., профессор, Далингер В.А. (Омск); д.псх.н., профессор, Долгова В.И. (Челябинск); д.э.н., профессор, Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., профессор, Дресвянников А.Ф. (Казань); д.псх.н., профессор, Дубовицкая Т.Д. (Сочи); д.т.н., доцент, Дубровин А.С. (Воронеж); д.п.н., доцент, Евтушенко И.В. (Москва); д.п.н., профессор, Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.т.н., профессор, Завражнов А.И. (Мичуринск); д.п.н., доцент, Загrevский О.И. (Томск); д.т.н., профессор, Ибраев И.К. (Караганда); д.т.н., профессор, Иванова Г.С. (Москва); д.х.н., профессор, Ивашкевич А.Н. (Москва); д.ф.-м.н., профессор, Ижтуткин 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, Кузиков О.Н. (Тюмень); д.т.н., профессор, Куликовская И.Э. (Ростов-на-Дону); д.т.н., профессор, Лавров Е.А. (Сумы); 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, Хола Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., профессор, Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., профессор, Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., профессор, Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., профессор, Шалумов А.С. (Ковров); д.т.н., профессор, Шарфеев И.Ш. (Казань); д.т.н., профессор, Шишков В.А. (Самара); д.т.н., профессор, Шипицын А.Г. (Челябинск); д.т.н., профессор, Яблокова М.А. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент, Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург)

«СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № ФС 77 – 63399.

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 1,007.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,308.

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

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

Подписано в печать – 30.12.2022

Дата выхода номера – 31.01.2023

Формат 60×90 1/8

Типография

ООО «Научно-издательский центр Академия Естествознания»
410035, Саратовская область, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 26,25
Тираж 1000 экз.
Заказ СНТ 2022/12
Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

СТАТЬИ

О ПЕРСПЕКТИВАХ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВАХ <i>Вендин С.В., Бондаренко А.А., Шаламаева Д.С.</i>	193
ПРИМЕР И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ <i>Гейда А.С.</i>	199
ЗАЩИТА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ НЕПРАВОМЕРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАРКИРОВАНИЕМ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ <i>Земцов А.Н., Чан Зунг Хань</i>	211
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Ивахненко А.А., Иващук О.А.</i>	217
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ И ПОЛОЖЕНИЯ ДИСКА НА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ В ЗУБЧАТОМ КОЛЕСЕ <i>Иващенко А.П.</i>	223
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДХОДОВ И МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПО КАТЕГОРИЯМ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ <i>Кийкова Е.В., Кийкова Д.А.</i>	230
УПРАВЛЕНИЕ ВЫХОДНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ГАЗОСТАТИЧЕСКОЙ ОПОРЫ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ СРЕДНЕГО РАДИАЛЬНОГО ЗАЗОРА <i>Космынин А.В., Щетинин В.С., Хвостиков А.С., Смирнов А.В.</i>	235
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ЕГО МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ПРИМЕРЕ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ СУДОВОГО ГЛАВНОГО МАЛООБОРОТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ СИНУСОИДАЛЬНЫХ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ <i>Куколев А.А., Пиотровский Д.Л., Подгорный С.А., Спицын В.В.</i>	240
МОДЕЛИРОВАНИЕ ШТАМПОВКИ ШАРА ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ МАГНИЕВОЙ ЗАГОТОВКИ <i>Логинов Ю.Н., Замараева Ю.В.</i>	247
АЛГОРИТМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ <i>Макарова Е.А., Хасанова Н.В., Павлова А.Н., Мансурова М.Т.</i>	253
ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОДАЧИ СТОЛА НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ПРИ ГЛУБИННОМ ШЛИФОВАНИИ <i>Носенко С.В., Носенко В.А., Кременецкий Л.Л., Сердюков Н.Д.</i>	260
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕНСИОННЫХ УСТРОЙСТВ <i>Фокин Р.Р., Булекбаев Д.А., Атоян А.А., Абиссова М.А.</i>	266
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОДУКЦИИ <i>Халилов Э.Р., Садковская Н.Е.</i>	272

НАУЧНЫЙ ОБЗОР**АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ АВТОНОМНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ**

Никитенко М.С., Кизилов С.А., Худоногов Д.Ю. 278

Физико-математические науки (1.2.2)**СТАТЬЯ****КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАССООБМЕНА В ОКРЕСТНОСТИ КАПЛИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОБТЕКАНИЯ И ОБЪЕМНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ**

Абрамова В.А., Ахметов Р.Г. 284

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)**СТАТЬИ****ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ТРАЕКТОРИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ПЕДАГОГА-ВОСПИТАТЕЛЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Абдалина Л.В., Чупрынина И.Ю. 290

ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ОНЛАЙН-КУРС РУССКОГО ЯЗЫКА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН К ЗАНЯТИЯМ ПО ИНФОРМАТИКЕ НА ДОВУЗОВСКОМ ЭТАПЕ

Аникина Е.И. 296

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВЫСШЕЙ АЛГЕБРЕ С ПОМОЩЬЮ MATHTX

Вильданов А.Н. 301

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИКО-КОНСТРУКТОРСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ

Дергунова О.Ю., Крутова И.А., Фисенко М.А., Исмухамбетова А.С. 306

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСКУРСИЙ ПО ФИЗИКЕ В ТЕХНОПАРК УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Евдокимова В.Е., Устинова Н.Н. 312

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КОЧЕВОГО ДЕТСКОГО САДА ДЛЯ ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В АРКТИКЕ

Жожикова Л.В. 318

ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЕМОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ У СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАЧ

Капкаева Л.С. 323

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Кондрашова Е.В. 332

К ВОПРОСУ О ПЛАНИРОВАНИИ И РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ СТУДЕНТОВ

Красноперова С.А., Барданова О.Н., Дё А.Д., Дорофеев Н. П., Седов Н.В. 341

ПОЛИСУБЪЕКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАК ОСНОВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ В ВУЗЕ

Кролевецкая Е.Н. 347

ТЕХНОЛОГИЯ «TREATMENT EDUCATION OF AUTISTIC CHILDREN AND CHILDREN WITH RELATIVE HANDICAP» КАК СРЕДСТВО КОРРЕКЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВОМ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА <i>Кувшинова И.А., Шунина Е.А., Бровина С.С.</i>	353
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ФУТБОЛИСТОВ В ВУЗЕ <i>Муртазин Ш.Н., Салахов И.М.</i>	358
К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛОЩАДКАХ, НАКЛОНЕННЫХ К БОКОВЫМ ГРАНЯМ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДА, ПРИ ПЛОСКОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ <i>Подобед С.А.</i>	363
ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖКУЛЬТУРНОГО И СОЦИАЛЬНОГО ОБМЕНА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ <i>Рыбасова Ю.Ю., Утеева Э.Н.</i>	372
ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ В ФОРМИРОВАНИИ ЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НАЧАЛЬНОЙ И ОСНОВНОЙ ШКОЛ <i>Севостьянова С.А., Мартынова Е.В.</i>	377
РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ПОДХОДА В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ РЕЧИ ДОШКОЛЬНИКОВ <i>Соколова Т.В., Тулупова А.О., Соколова Л.А.</i>	383
СТАРТОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА В ОВЛАДЕНИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫМИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯМИ НАЧАЛЬНОГО КУРСА МАТЕМАТИКИ <i>Тишина Л.А., Данилова А.М., Подвальная Е.В.</i>	388

CONTENTS

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

ARTICLES

ON THE PROSPECTS OF INTRODUCING SYSTEMS OF MONITORING AND MICROCLIMATE CONTROL IN MEAT PROCESSING PRODUCTIONS <i>Vendin S.V., Bondarenko A.A., Shalamaeva D.S.</i>	193
AN EXAMPLE AND DIRECTIONS FOR IMPROVING THE MODELING OF THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR ACTIONS IN SYSTEMS <i>Geyda A.S.</i>	199
SECURING OF IMAGES FROM UNAUTHORIZED USE BASED ON EMBEDDING IN THE SPATIAL DOMAIN <i>Zemtsov A.N., Chan K.Z.</i>	211
SIMULATION OF CAR SERVICE COMPANY INVENTORY MANAGEMENT STRATEGIES <i>Ivakhnenko A.A., Ivaschuk O.A.</i>	217
ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE FORM AND POSITION OF THE DISK ON THE STRESS-STRAIN STATE IN THE GEARWHEEL <i>Ivashchenko A.P.</i>	223
ANALYSIS OF THE APPLICATION OF APPROACHES AND METHODS OF DIGITAL TRANSFORMATION BY CATEGORIES OF MEDICAL ORGANIZATIONS <i>Kiykova E.V., Kiykova D.A.</i>	230
CONTROL OF THE OUTPUT CHARACTERISTICS OF THE GAS-STATIC SUPPORT BY ADJUSTING THE AVERAGE RADIAL CLEARANCE <i>Kosmyrin A.V., Schetinin V.S., Khvostikov A.S., Smirnov A.V.</i>	235
CONTROL OBJECT AND ITS MATH MODEL PARALLEL OPERATION ASSESSMENT FOR THE EXAMPLE OF HYBRID SPEED OF ROTATION CONTROL SYSTEM OPERATION WITHIN SINE WAVE IMPACT <i>Kukolev A.A., Piotrovskiy D.L., Podgornyy S.A., Spitsyn V.V.</i>	240
SIMULATION OF DIE FORMING A BALL FROM A CYLINDRICAL MAGNESIUM BILLET <i>Loginov Yu.N., Zamaraeva Yu.V.</i>	247
THE ALGORITHM OF INTELLECTUAL DECISION SUPPORT IN THE MANAGEMENT OF THE INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIAN REGIONS <i>Makarova E.A., Khasanova N.V., Pavlova A.N., Mansurova M.T.</i>	253
THE EFFECT OF FEED RATE ON SURFACE MORPHOLOGY OF TITANIUM ALLOY AT CREEP-FEED GRINDING <i>Nosenko S.V., Nosenko V.A., Kremenetskiy L.L., Serdyukov N.D.</i>	260
MATHEMATICAL MODELING AND APPLICATIONS OF SOME TENSION DEVICES <i>Fokin R.R., Bulekbaev D.A., Atoyan A.A., Abissova M.A.</i>	266
RESEARCH OF THE PROBLEMS OF DIGITALIZATION OF PRODUCTION OF CARBON-CONTAINING PRODUCTS <i>Khalilov E.R., Sadkovskaya N.E.</i>	272

REVIEW

ANALYSIS OF APPROACHES TO AUTONOMOUS VEHICLE CONTROL

Nikitenko M.S., Kizilov S.A., Khudonogov D.Yu. 278

Physical and mathematical sciences (1.2.2)**ARTICLE**COMPUTER SIMULATION OF THE PROCESS OF MASS TRANSFER
IN THE SURROUNDING OF A DROP WITH ACCOUNT FOR THE EFFECT
OF THE FLOW AND VOLUME NONLINEAR CHEMICAL REACTION

Abramova V.A., Akhmetov R.G. 284

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)**ARTICLES**INDIVIDUAL TRAJECTORY OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT
OF A TEACHER EDUCATOR: CURRENT RESEARCH ISSUES

Abdalina L.V., Chuprynina I.Yu. 290

SUBJECT-ORIENTED ONLINE RUSSIAN LANGUAGE COURSE
TO PREPARE FOREIGN CITIZENS FOR COMPUTER SCIENCE
CLASSES AT THE PRE-UNIVERSITY STAGE

Anikina E.I. 296

BUILDING INTERACTIVE TEST TASKS FOR HIGHER ALGEBRA
USING MATHJAX

Vildanov A.N. 301

DEVELOPING THE TECHNICAL AND DESIGN COMPETENCE
OF A FUTURE PHYSICS TEACHER

Dergunova O.Yu., Krutova I.A., Fisenko M.A., Ismukhambetova A.S. 306

ORGANIZATION OF EXCURSIONS IN PHYSICS TO THE TECHNOPARK
OF UNIVERSAL PEDAGOGICAL COMPETENCIES

Evdokimova V.E., Ustinova N.N. 312

FEATURES OF ORGANIZING A NOMAD KINDERGARTEN FOR CHILDREN
LIVING IN THE ARCTIC

Zhozhikova L.V. 318

FORMATION OF MATHEMATICAL MODELING METHODS
OF PEDAGOGICAL STUDENTS IN THE PROCESS OF SOLVING
PRACTICE-ORIENTED PROBLEMS

Kapkaeva L.S. 323

QUALITY CRITERIA FOR PRESCHOOL EDUCATION

Kondrashova E.V. 332

TO THE QUESTION OF PLANNING AND IMPLEMENTATION
OF STUDENTS' RESEARCH WORKS

Krasnoperova S.A., Bardanova O.N., De A.D., Dorofeev N.P., Sedov N.V. 341

POLYSUBJECT INTERACTION AS THE BASIS OF FUTURE TEACHERS
PROFESSIONAL TRAINING AT THE UNIVERSITY

Krolevetskaya E.N. 347

TECHNOLOGY “TREATMENT EDUCATION OF AUTISTIC CHILDREN AND CHILDREN WITH RELATIVE HANDICAP” AS A MEANS OF CORRECTIONAL AND PEDAGOGICAL SUPPORT FOR CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER <i>Kuvshinova I.A., Shunina E.A., Brovina S.S.</i>	353
THE USE OF STRENGTH EXERCISES FOR THE DEVELOPMENT OF PHYSICAL QUALITIES OF FOOTBALL PLAYERS AT THE UNIVERSITY <i>Murtazin Sh.N., Salakhov I.M.</i>	358
CONCERNING THE DETERMINATION OF STRESSES IN AREA ELEMENTS SLOPED TOWARDS PLATELIKE ELEMENT OF VOLUME LATERAL FACES IN PLAIN STRESS CONDITION <i>Podobed S.A.</i>	363
THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR THE USE OF INTERCULTURAL AND SOCIAL EXCHANGE IN THE EDUCATIONAL PROCESS <i>Rybasova Yu.Yu., Uteeva E.N.</i>	372
CONTINUITY IN THE FORMATION OF LOGICAL LITERACY OF PRIMARY AND SECONDARY SCHOOL STUDENTS <i>Sevostyanova S.A., Martynova E.V.</i>	377
IMPLEMENTATION OF AN INTERACTIVE APPROACH IN THE PROCESS OF FORMATION AND DEVELOPMENT OF SPEECH OF PRESCHOOLERS <i>Sokolova T.V., Tulupova A.O., Sokolova L.A.</i>	383
STARTING OPPORTUNITIES FOR STUDENTS WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS IN MASTERING ELEMENTARY CONCEPTS OF THE INITIAL COURSE OF MATHEMATICS <i>Tishina L.A., Danilova A.M., Podvalnaya E.V.</i>	388

СТАТЬИ

УДК 681.5

**О ПЕРСПЕКТИВАХ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА
И УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ
НА МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВАХ****Вендин С.В., Бондаренко А.А., Шаламаева Д.С.***ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»,
п. Майский, e-mail: elapk@mail.ru*

Представлены результаты исследований по разработке системы мониторинга и управления микроклиматом на объекте мясоперерабатывающего производства для снижения себестоимости продуктов мясного происхождения и обеспечения санитарной безопасности продукции. Предлагается функциональная схема приточной вентиляционной установки с учетом возможности мониторинга температуры и влажности на объекте, которая включает оборудование системы приточной вентиляции, преобразователи влажности и температуры воздуха, систему мониторинга и удаленного управления параметрами микроклимата. Представлен сравнительный анализ основных применяемых методов охлаждения и заморозки свиных туш: максимально быстрого снижения температуры поверхности туши; повышения влажности в камере перед заморозкой с целью создания на поверхности туши слоя влаги, который и будет испаряться, сохраняя влагу туши. На основе проведенного сравнительного анализа эффективности методов заморозки свиных туш установлено, что использование метода максимально быстрого снижения температуры в камере является наиболее эффективным вариантом. Его применение вместе с системой мониторинга и автоматического управления параметрами микроклимата на мясоперерабатывающем производстве позволит не только сократить процент усушки, но и оптимизировать работу персонала путем управления вентиляцией без участия сотрудника. При этом система позволяет организовать: удаленное управление параметрами микроклимата в камерах шоковой заморозки и дозревания посредством использования веб-интерфейса; сбор данных параметров микроклимата; выгрузку архивных значений в случае обнаружения отклонений и выявления их причин.

Ключевые слова: система мониторинга и управления, микроклимат, вентиляция, усушка продукта, мясопереработка, санитарная безопасность продукции

**ON THE PROSPECTS OF INTRODUCING SYSTEMS OF MONITORING
AND MICROCLIMATE CONTROL IN MEAT PROCESSING PRODUCTIONS****Vendin S.V., Bondarenko A.A., Shalamaeva D.S.***Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Maiskiy, e-mail: elapk@mail.ru*

The results of research on the development of a system for monitoring and controlling the microclimate at a meat processing facility to reduce the cost of meat products and ensure sanitary safety of products are presented. A functional diagram of the supply ventilation unit is proposed, taking into account the possibility of monitoring temperature and humidity at the facility, which includes equipment for the supply ventilation system, humidity and air temperature converters, a system for monitoring and remote control of microclimate parameters. A comparative analysis of the main applied methods of cooling and freezing of pork carcasses is presented: the most rapid decrease in the surface temperature of the carcass; increasing the humidity in the chamber before freezing, in order to create a layer of moisture on the surface of the carcass, which will evaporate, retaining the moisture of the carcass. Based on a comparative analysis of the effectiveness of methods for freezing pork carcasses, it was found that using the method of lowering the temperature in the chamber as quickly as possible is the most effective use case. Its use together with a system for monitoring and automatic control of microclimate parameters in a meat processing plant will not only reduce the percentage of shrinkage, but also optimize the work of personnel by controlling ventilation without the participation of an employee. At the same time, the system allows organizing: remote control of microclimate parameters in shock freezing and ripening chambers through the use of a web interface; data collection of microclimate parameters; uploading archived values in case of deviations and identifying their causes.

Keywords: monitoring and control system, microclimate, ventilation, product shrinkage, meat processing, product sanitary safety

В настоящее время одним из лидеров среди отраслей сельского хозяйства и российского АПК является животноводство, производительность которого в первом квартале этого года составила 107,4% и достигла 1,3 млн т [1]. При этом отмечается рост потребления мяса внутри страны. Отмечается увеличение объема производства парной свинины, остывшей и охлажденной, что составляет 5,5 млн т мяса всех категорий.

Заметим также, что работа пищевого производства связана с определенными рисками из-за высокой динамики среды и большо-

го количества конкурентов на современном рынке сбыта. С одной стороны, предприятие пытается выпускать качественный и презентабельный продукт, но, с другой – наличие качества подразумевает стоимость продукции выше рыночной, что снижает покупательскую способность. Поэтому, несмотря на то, что объемы производства и потребления выросли, основной проблемой отрасли является увеличение себестоимости выпускаемого продукта. Увеличение себестоимости снижает выручку предприятия, что негативно влияет на развитие производства.

Конечная стоимость продукта в основном определяется себестоимостью продукта [2]. При этом важно уменьшить эксплуатационные затраты на любой стадии производства. Современный мясоперерабатывающий завод – это не просто бойня скота или переработка уже готового крупного куска. Это автоматизированное предприятие, которое осуществляет убой скота с последующей переработкой продуктов убоя для пищевых, кормовых и технических целей. Основная задача производства по переработке мясного сырья – это выпуск качественного продукта, способного надолго прокормить человека белком и другими витаминами, но никак не заразить человека различными болезнями.

Цель и научная новизна представленных исследований состоят в разработке системы мониторинга температуры и влажности на объекте мясоперерабатывающего производства для снижения себестоимости продуктов мясного происхождения и обеспечения санитарной безопасности продукции. При этом задачи исследований включали: анализ известных технических решений, разработку функциональной схемы приточной вентиляционной установки с учетом возможности мониторинга температуры и влажности на объекте, а также анализ эффективности методов заморозки свиных туш.

Материалы и методы исследования

Методология исследований предполагала использование методов анализа научной литературы и методов математической статистики применительно к процессам охлаждения и заморозки свиных туш, а также методов графического представления статистических данных.

Результаты исследования и их обсуждение

Одним из путей снижения себестоимости продуктов мясного происхождения и обеспечения санитарной безопасности продукции может стать внедрение системы мониторинга температуры и влажности на объекте мясоперерабатывающего производства [3]. Это обусловлено тем, что отсутствие системы мониторинга и автоматического управления микроклиматом способно привести к следующим рискам: колоссальным штрафам после аудитов ветеринарной инспекцией, что влияет на накладные расходы; увеличению процента усушки мяса и мясной продукции, что влияет на сумму потерь; развитию плесени и других возможных болезнетворных бак-

терий, что также негативно сказывается на накладных расходах компании; увеличению численности персонала, влекущему дополнительные расходы, влияющие на заработную плату; увеличению затрат на энергоресурсы в результате неграмотного распределения мощности производственного оборудования [4].

При проектировании и разработке системы мониторинга температуры и влажности следует учитывать, что мясоперерабатывающее производство – это в первую очередь большой комплекс производственных подразделений, имеющих ограниченные зоны ответственности. Следовательно, разработка системы не представляется возможной без изучения технологического процесса и ознакомления с ответственными подразделениями, такими как: цех убоя, цех обвалки, цех упаковки, участок плиточной заморозки и т.д.

При этом крайне важно уделить достаточное внимание всем участкам. Например, база предубойного содержания свиней должна иметь хорошую вентиляцию, ведь именно в этом месте животные проводят последние часы своей жизни, выделяя большое количество влаги, углекислого газа, сероводорода и даже аммиака. Плохая вентиляция способствует увеличению количества вредных газов и паров, а также их доступу на производство.

Заметим, что система мониторинга температуры и влажности должна базироваться на системе вентиляции и микроклимата. Качественно смонтированная на объекте вентиляция является залогом поддержания корректной установки температуры и влажности воздуха. Необходимо учитывать также, что на преобразователь температуры и влажности не должны влиять какие-либо факторы. Поэтому очень важно выбрать оптимальное место для его размещения.

В общем случае проектирование и разработка системы мониторинга температуры и влажности предусматривают несколько этапов (уровней).

При проектировании нижнего уровня необходимо определить следующее: количество преобразователей влажности и температуры воздуха; высоту от уровня пола; расстояние от двери.

На следующем этапе следует рассчитать количество точек для размещения датчиков (преобразователей). Это определяет план закупки устройств среднего уровня, таких как аналоговые и дискретные модули, служащие для чтения и архивации значений параметров микроклимата, а также управления элементами вентиляции.

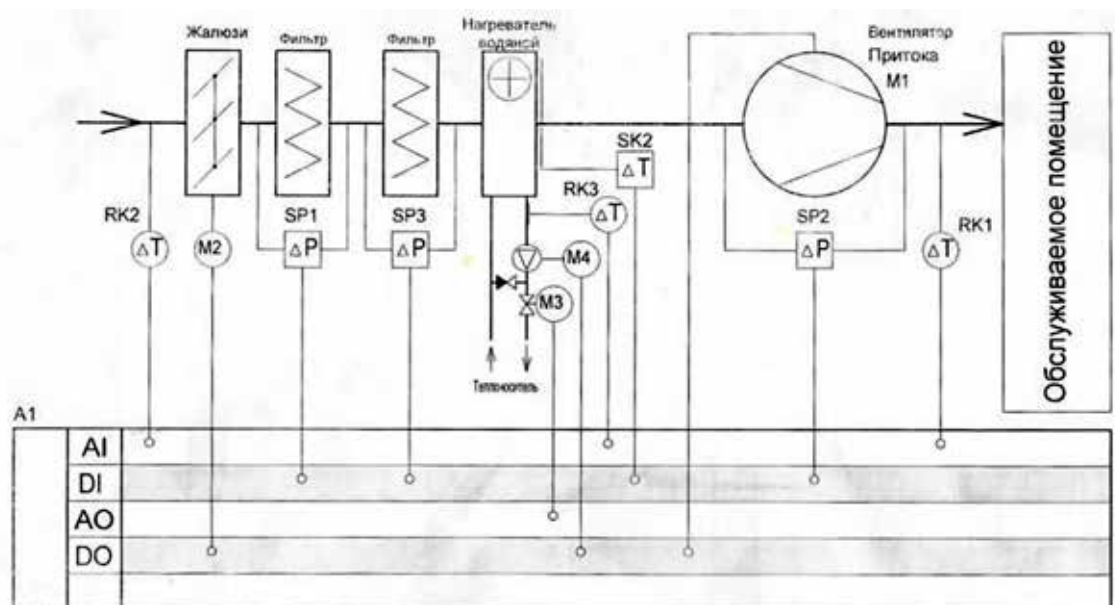


Рис. 1. Функциональная схема приточной вентиляционной установки:
 RK1 – T кан; RK2 – T нар; RK3 – T обр; SP1 – прессостат фильтра 1; SP2 – прессостат вентилятора;
 SP3 – прессостат фильтра 2; M1 – двигатель вентилятора потока; M2 – электропривод жалюзи;
 M3 – КЗР нагревателя; M4 – циркуляционный насос; SK2 – термостат нагревателя

Оптимальным вариантом использования системы мониторинга температуры и влажности является приточно-вытяжная вентиляция, которая функционирует согласно принципу создания отрицательного давления посредством крышных шахт; при предусмотренном регулировании производительности происходит вытяжка воздуха. Кроме того, благодаря данным механическим устройствам происходит и приток воздуха, создавая отрицательное давление в помещении [4–7].

Ниже представлена схема приточной вентиляционной установки (рис. 1).

Оптимизация количества преобразователей влажности и температуры воздуха для такой схемы, а также определение мест их установки позволят обеспечить точность поддержания параметров микроклимата. Однако в этом случае необходимо решение вопроса оптимизации работы сотрудников с возможным сокращением рабочих мест. Но снижение затрат на заработную плату уменьшит себестоимость итогового продукта.

С технологических позиций управления устройство вывода системы должно быть установлено не только в щитовой, но и в инженерной мастерской либо должно иметь возможность просмотра web-визуализации. Второй вариант наиболее привлекателен, поскольку визуализацию

можно открыть на любом ПК, состоящем в той же сети, не тратя времени на походы к щиту управления, а также сократить расходы на оборудование.

Минимальным требованием для контрольного оборудования является наличие интерфейсов RS-485, RS-232, USB, LAN.

Следующим этапом проектирования является отработка алгоритма программы. Система мониторинга и удаленного управления параметрами микроклимата должна «уметь»:

- автоматически управлять вентиляцией по заданному ответственным сотрудником графику (без участия сотрудника);
- управлять вентиляцией в ручном режиме (по запросу сотрудника);
- отображать значения параметров микроклимата в режиме онлайн;
- архивировать считываемые данные (значения температуры и влажности воздуха);
- вести журнал аварий при обрыве датчиков.

Отметим, что внедрение рассмотренной системы мониторинга температуры и влажности позволит получить следующие производственные результаты:

- отсутствие потерь и повышение качества в результате предотвращения порчи мяса и мясной продукции в результате централизованного контроля состояния температурного режима, возможности находже-

ния причин аварий и увеличения процента усушки, наличия архива данных;

- сокращение расходов на энергоресурсы как следствие оптимизации работы производственного и вентиляционного оборудования, а также использования аварийного оповещения;

- отсутствие штрафов, накладываемых ветеринарными органами;

- оптимизация штата сотрудников производства и их деятельности.

Поэтому внедрение системы мониторинга температуры и влажности в производственных помещениях мясоперерабатывающего производства позволяет добиться снижения части производственных затрат, что важно для увеличения доходов предприятия путем сокращения себестоимости товара [8].

Обеспечение санитарной безопасности продукции возможно, если на предприятии осуществляются лабораторные пробы, а также организована качественная система вентиляции.

Наибольшее влияние системы вентиляции на мясоперерабатывающем заводе отмечается в камерах шоковой заморозки и дозревания. По технологии после присвоения полутуши категории и ветеринарного освидетельствования она подвергается классическому варианту шоковой заморозки, который проходит в три этапа, а именно:

- снижение температуры до 0°C;

- понижение температуры до криоскопической, примерно до -5°C;

- домораживание при температуре до -18°C, где происходит переход в твердую фазу, свидетельствующий о полном застывании.

Очевидно, что в таких условиях полутуша непременно потеряет свою массу и для сохранности прибыли лучше исключить данный процесс. Но это ошибочное решение, поскольку данный технологический процесс необходим для соблюдения правил гигиенической безопасности хранения продуктов, увеличения срока годности продукта и сокращения времени транспортировочной подготовки. Исключить процесс усушки нельзя, но можно повлиять на него, чтобы снизить процент потери влаги в мясе.

Уменьшить усушку за счет управления системой вентиляции можно следующими способами:

- максимально быстро снизить температуру поверхности туши;

- повысить влажность до камеры заморозки, при этом туша приобретет слой влаги, который и будет испаряться, сохраняя влагу туши.

Из указанных способов максимальной эффективностью обладает первый, который заключается в двух- или трехстадийной схеме охлаждения продукции. Это означает, что на первой стадии будет организовано интенсивное охлаждение, необходимое для резкого снижения температуры, что позволит снизить испарение влаги с поверхности, тем самым уменьшив потерю массы.

Реализовать это также возможно с помощью системы мониторинга и автоматического управления параметрами микроклимата на предприятии. Такая система позволяет организовать:

- удаленное управление параметрами микроклимата в камерах шоковой заморозки и дозревания посредством использования веб-интерфейса;

- сбор данных параметров микроклимата;

- выгрузку архивных значений в случае обнаружения отклонений и выявления их причин.

Для управления системой вентиляции в удаленном режиме не потребуется наличие знаний программирования у обслуживающего персонала, поскольку система может работать в двух режимах, а именно:

- ручном, когда сотруднику поручено изменить статус установки;

- автоматическом, т.е. без участия сотрудников, когда изменение статуса установки происходит при достижении определенной температуры в камере.

Основную часть времени установка будет работать во втором режиме, так как применение первого оптимально в условиях эксперимента или аварии.

По достижении необходимых значений параметров микроклимата система будет поддерживать необходимые значения, удерживая температуру поверхности в полутуше крайне близкой к точке.

В настоящее время в области переработки свиней используют два наиболее популярных метода заморозки, представленных в таблице.

Представленные методы похожи, однако у них есть существенные различия, такие как скорость воздуха и воздействующая на полутушу температура в камере.

Из таблицы 1 следует, что Датский метод является оптимальным вариантом, поскольку за равное количество времени использует меньшие мощности вентиляционной системы, а также требует меньше манипуляций с передвижением полутуш внутри производственных камер.

Для наглядности различий методов на рисунке 2 представлено их сравнение.

Методы заморозки туш свиней

Название метода заморозки	Стадия № 1			Стадия № 2			Стадия № 3		
	Время (ч)	Т (°C)	Скорость воздуха (м/с)	Время (ч)	Т (°C)	Скорость воздуха (м/с)	Время (ч)	Т (°C)	Скорость воздуха (м/с)
Датский	1,5	-25	4-10	16	+2	0,5-2	—	—	—
Голландский	0,5	-22	8-10	2	-6	4-6	15	+2	0,5-1

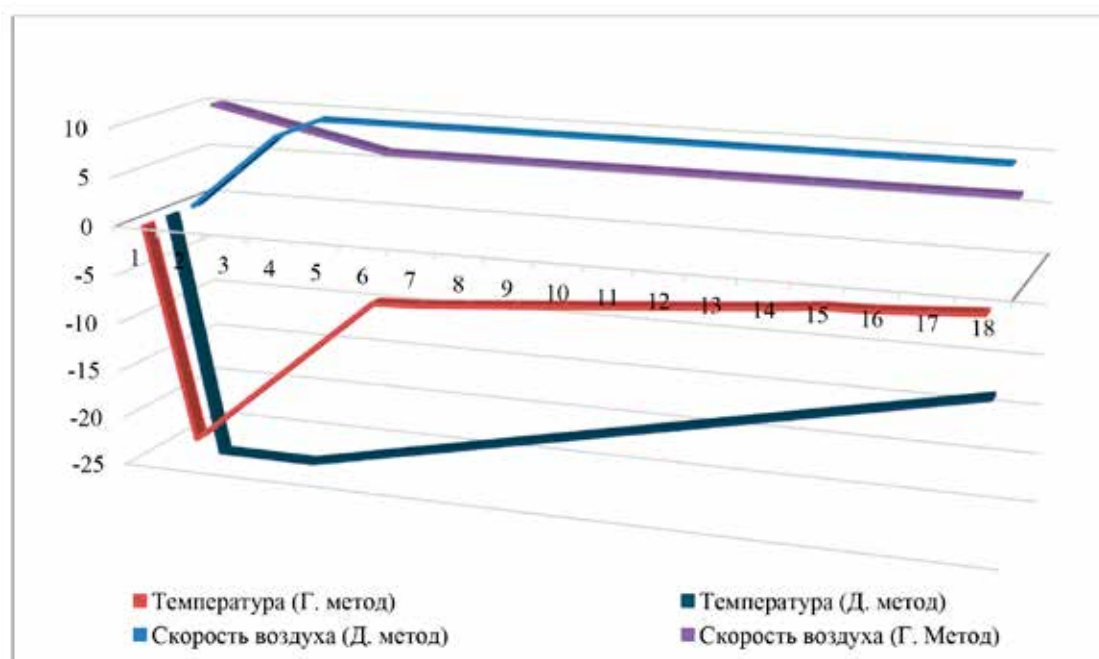


Рис. 2. Сравнение методов охлаждения

Использование данного метода позволяет зафиксировать процент потери влаги на уровне от 0,6 до 1,2%. При среднем убое небольшого завода в 2000 голов в смену можно утверждать, что предприятие теряет 24 головы, которые в денежном эквиваленте равны 360 000 рублей. Это является отличным результатом, поскольку находится ниже допустимого порога в 1,5%.

Второй метод сокращения потери влаги из туши требует наличия больших ресурсов, поскольку для его реализации необходимо применение воздушно-капельной технологии охлаждения (ВКО). Алгоритм работы в данном случае следующий: вместе с интенсивным обдувом полутуш в камере, где установленная температура воздуха держится на уровне 0...+2°C, необходимо организовать распыление мелкодисперсной жидкости, которая при попадании на продукцию охладит ее, а после испарится вместо внутренней влаги продукта. Данный метод требует около 5 часов нахождения полутуши в камере с обдувом до 6 м/с.

Определенно, в этом случае время обработки туши сокращено в 2,5 раза, однако требуются дополнительные ресурсы и оборудование для установки системы ВКО, притом что усушка составит около 1–1,7%, что существенно больше, чем в первом рассмотренном методе, поскольку при аналогичном убое предприятие теряет на усушке 34 головы, что в денежном эквиваленте равно 510 000 рублей в смену.

Заключение

Представлены результаты исследований по разработке системы мониторинга и управления микроклиматом на объекте мясоперерабатывающего производства для снижения себестоимости продуктов мясного происхождения и обеспечения санитарной безопасности продукции. Предлагается функциональная схема приточной вентиляционной установки с учетом возможности мониторинга температуры и влажности на объекте, а также приведен анализ эффективности методов заморозки свиных туш.

Список литературы

1. Рынок мяса России в 2022 году – ключевые тенденции и прогнозы – Agrovesti.net / АПК. [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/beef-cattle/rynok-myasa-rossii-v-2022-godu-klyuchevye-tendentsii-i-prognozy.html?ysclid=I9fkylxobc236355084> (дата обращения: 28.11.2022).
2. Себестоимость продукции на предприятии: как рассчитать, за счёт чего снизить (finkont.ru). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.finkont.ru/blog/sebestoimost-produktsii-na-predpriyatii-kak-rasschitat-za-schyet-chego-snizit/?ysclid=I9fjgz0q470239925> (дата обращения: 28.11.2022).
3. Санитарные правила для предприятий мясной промышленности СП 3238 85. Россельхознадзор. [Электронный ресурс]. URL: <https://fsvps.gov.ru/ru/fsvps/laws/4777.html> (дата обращения: 28.11.2022).
4. Вентиляция предприятия мясной промышленности — «ЕвроХолод» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.airfresh.ru/Ventilyatsiya-predpriyatiya-myasnoy-promyshlennosti.htm> (дата обращения: 28.11.2022).
5. Штокман Е.А. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности (studmed.ru). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.studmed.ru/view/shtokman-ea-ventilyaciya-kondicionirovanie-i-ochistka-vozduha-na-predpriyatiyah-pischevoy-promyshlennosti-b56d580d960.html> (дата обращения: 28.11.2022).
6. Самарин Г.Н. Энергосберегающая система кондиционирования воздуха для ферм // Техника в сельском хозяйстве. 2017. № 4. С. 43.
7. Довлатов И.М., Юферев Л.Ю., Кирсанов В.В., Павкин Д.Ю., Матвеев В.Ю. Автоматизированная система обеспечения микроклимата в птичниках // Вестник НГИЭИ. 2018. № 7 (86). С. 7-18.
8. Нормы температуры на рабочем месте: новый СанПиН 1.2.3685-21. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kdelo.ru/art/385289-normy-temperatury-sanpin-2018-18-m8> (дата обращения: 28.11.2022).

УДК 338.312

ПРИМЕР И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ

Гейда А.С.

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр российской академии наук,
Санкт-Петербург, e-mail: geida@iias.spb.su*

В работе рассматривается использование информационных технологий для получения измеримых результатов функционирования систем в изменяющихся условиях. Предложены концепция, концептуальные, а затем – формальные модели использования информации для функционирования систем. Концепция и модели развивают кибернетическое представление об использовании информации путем описания информационных действий как необходимых реакций, вызываемых изменениями состояний среды и системы. Информационные действия представлены как действия, цель которых – получение информации, необходимой для успешного функционирования систем в изменяющихся условиях. Полученная в результате реакций на изменения состояний системы и среды информация используется для изменений дальнейших действий. Используемая информация может быть информацией о возможном альтернировании связанных с информационными действиями причинно-следственными связями последующих предметно-преобразующих действий (цель которых – получение материальных эффектов), информацией о текущих результатах функционирования системы и среды, об их соответствии требованиям, о возможных результатах действий и о предписаниях по реализации последующих действий. Результаты использования информации предложено описывать как такие результаты, которые получаются при реализации возможных альтернативных последовательностей действий из множества альтернатив в результате воздействий среды и использования информации для альтернирования последовательностей действий в различных условиях. Рассмотрен пример расчета мер соответствия результатов требованиям и мер энтропии при функционировании. Предложены подходы к классификации задач совершенствования использования информации.

Ключевые слова: цифровая трансформация, информационные технологии, потенциал, методы, эффективность

AN EXAMPLE AND DIRECTIONS FOR IMPROVING THE MODELING OF THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES FOR ACTIONS IN SYSTEMS

Geyda A.S.

*Saint-Petersburg federal research center of the Russian academy of sciences, St.Petersburg,
e-mail: geida@iias.spb.su*

The use of information technologies to obtain measurable results of systems functioning in changing conditions is considered. The concept and then formal models of the use of information for systems functioning are proposed. The concept and models develop a cybernetic understanding of the use of information by describing information actions as necessary reactions caused by changes in the state of the environment and system. Information actions are presented as actions aimed at obtaining information necessary for the successful functioning of systems in changing conditions. The information obtained because of reactions to changes in the state of the system and the environment is used to change further actions. The information used can be information about the possible alternation of subsequent material and energy transformation actions caused by information actions, by produced information about the current results of the functioning of the system and the environment, about their compliance with the requirements, about the possible results of actions and about the prescriptions for the implementation of subsequent actions. It is proposed to describe the results of using information as such results that are obtained when implementing possible alternative sequences of actions from a variety of alternatives, because of environmental influences and the use of information to alter sequences of actions in various conditions. An example of calculating the measures of compliance of the results to the requirements and measures of entropy of the system functioning are considered. Approaches to the classification of problems intended to improve the use of information are proposed.

Keywords: digitalization, digital transformation, information technologies, models, methods, functioning, system, potential

Аналитическое прогнозное исследование использования информации в деятельности, исследование использования информационных технологий (ИТ) при функционировании систем разных видов на основе математических моделей и методов – актуальное направление научных исследований. Об этом, в частности, свидетельствуют публикации [1–3] по таким направлениям исследований, как «дей-

ственное знание» Actionable Knowledge, «действенное знание для эффективной деятельности» (Actionable Knowledge for Efficient Actions), «Качество Информации» (Quality of Information), «действенное научное знание» (Actionable scientific knowledge), «действенное знание как сервис» (Actionable Knowledge as a Service).

К сожалению, указанные и ряд других направлений исследований [4], связанных

с использованием данных, информации, знаний для реализации деятельности, отличаются общим недостатком – особенностью, состоящей в крайне малом числе имеющихся математических моделей использования данных, информации, знаний для реализации деятельности, и соответственно – в отсутствии математических методов, используемых для решения формулируемых задач совершенствования использования ИТ. Такие, в большей части отсутствующие, модели и методы следовало бы применять для построения моделей закономерностей переходов от получения данных, информации и знаний о деятельности и от моделей закономерностей их получения к моделям изменения функционирования и функционирования по производству требуемых результатов деятельности (и прежде всего, ее материальных результатов) на основе использования полученной информации.

В статье выдвинута гипотеза исследований, состоящая в том, что такие математические модели и методы использования ИТ могут быть получены за счет формализации разработанных ранее концептуальных схем, описывающих получение и последующее использование информации при функционировании систем – сначала как теоретико-графовых моделей причинно-следственных связей при реализации изменений, а затем – как параметрических и функциональных теоретико-графовых моделей изменений («целевого») функционирования, вызываемых полученной информацией. Эти модели далее позволили рассчитать вероятностные и энтропийные меры изменений функционирования и вероятностные меры качества возможных результатов функционирования. Энтропийные меры описывают «отсеивание» неперспективных вариантов и близки по своему содержанию к концепциям оценивания эффективности в китайской философии [5, 6].

В своей совокупности указанная система взаимозависимых мер описывает возможные изменения и реакции на них в возможных условиях и меру соответствия получаемых в различных условиях результатов требованиям к этим результатам. Использование информации реализуется в форме реагирования на возможные изменения, реализации реакций на изменения и на возможность изменения дальнейших действий. Поэтому по предложенной системе мер и предложено судить об успешности использования информации.

В подтверждение предложенной гипотезы о возможности построения требуемых (для исследования успешности использования информации) моделей выполнено

моделирование при решении простейшей частной задачи. Такое моделирование реализовано на основе ранее полученных результатов по разработке моделей и методов.

Модели описывают целенаправленно изменяемую деятельность (функционирование системы) в изменяющихся условиях на основе дискретных теоретико-графовых моделей.

В связи с этим основная особенность построенных моделей – альтернативность возможных функционирований, представленная в статическом виде, как дерево возможных альтернативных цепочек действий и получаемых состояний, аналогично тому, как реализуется управление в геометрической теории управления и управлении на основе графов [7] и энтропийных закономерностях управления [8]. Близкие идеи предлагаются в рамках Кибернетики 2.0 [9, 10].

Предложен пример расчетов системы предложенных вероятностных и энтропийных мер. Полученная система мер отражает, с одной стороны, соответствие получаемых результатов и требований к ним, а с другой – альтернативность возможных (в разных условиях) достигаемых мер соответствия в зависимости от характеристик используемых информационных действий и от получаемой информации.

Основной особенностью предлагаемой системы мер является то, что значения мер следует рассматривать, как реализации случайных величин, заданных в зависимости от изменяющихся случайных условий и от характеристик использования информации. В общем случае такие случайные величины зависят и от времени. В результате система мер может быть представлена как комплекс взаимосвязанных случайных полей.

В этом смысле по отношению к геометрической теории управления и энтропийной теории управления предложенная система мер имеет вид метахарактеристик в том смысле, что траектории функционирования с использованием информации описываются изменяющимися мерами (заданными, в частности, как меры соответствия характеристик изменяющимся требованиям и меры разнообразия изменений характеристик), а не изменениями исходных характеристик.

Цель исследования состоит в использовании предложенных ранее концептуальных и диаграмматических моделей, теоретико-графовых моделей использования информации при функционировании систем для создания примеров моделирования, для введения новых вероятностных, энтропийных и комплексных мер использования информации при функционировании систем.

Для решения указанных задач планируется использовать результаты, полученные в рамках теории потенциала систем [11], исследующей свойство потенциала систем как свойство, характеризующее приспособленность систем к функционированию в условиях изменения цели и при других воздействиях среды («в условиях изменений»). В рамках теории потенциала систем исследуются информационные действия, целью которых является получение требуемой для функционирования системы информации в условиях изменений. Информационные действия при функционировании системы исследуются как действия, необходимые системе для организации реагирования на изменения.

Исследование роли информационных действий в статье основывается на результатах, полученных в [12, 13]. На основе этих результатов реализован пример, предложены новые вероятностные, энтропийные и комплексные меры для оценивания показателей совершенства использования информационных технологий.

Строящиеся математические модели и меры результатов целенаправленных изменений (благодаря полученной информации) требуются, например, для того, чтобы модернизировать, проектировать и создавать процессно-ориентированные информационные системы с требуемыми свойствами [14].

Полученные результаты планируется использовать далее при решении новых задач совершенствования использования ИТ.

Для описания и формализации таких задач предложено выполнить классификацию видов задач использования информации и моделей, используемых при их решении. Такая классификация должна позволить определить основные направления совершенствования использования информации при функционировании систем.

Кроме того, такая классификация позволяет выявить «белые пятна» – задачи, которые еще не были выявлены, и исследователи еще не занялись поиском их решений.

Классификация основана на разработанных моделях и опыте, полученном при создании моделей и расчете разнообразных вероятностных и энтропийных мер, характеризующих разнообразные стороны использования информации при функционировании систем.

В статье предложены концептуальные основы такой классификации, базирующиеся на основе рассмотрения различных видов сведений об аспектах деятельности, при реализации которой используется информация. На основе предложенных концептуальных основ классификации видов

задач использования ИТ и применяемых для этого моделей планируется разработать классификационные схемы задач совершенствования использования ИТ и задач моделирования при совершенствовании использования ИТ.

Материал и методы исследования

Методы исследования базируются на материале статьи [13]. Пример схемы, на основе которой были выполнены моделирование и оценивание примера использования информации при реализации действий в системах, а затем реализован пример расчета мер и показателей, показан на рисунке 1.

Схема включает три информационных действия, обозначенных i^{env} , i^{sys} , i^{pres} :

i^{env} – информационное действие для мониторинга событий в среде;

i^{sys} – информационное действие для мониторинга событий в системе.

Результаты этих двух информационных действий отправляются для обработки дальнейшим информационным действием i^{pres} , многократно синхронизируются во времени с элементом синхронизации Syn .

i^{pres} – это информационное действие для генерации предписаний деятельности в системе. Это информационное действие генерирует предписывающую информацию для действий e по получению материальных эффектов (которое может быть комплексным). Информация об эффектах e применяется с учетом синхронизации для обеспечения текущих эффектов выполнения результатов действий в каждый момент синхронизации, используемой для генерации дальнейших предписаний.

Цепочки информационных операций различного порядка могут вызывать другие различные изменения, например, характеризующиеся изменениями возможных множеств и последовательностей причинно-следственных связей в цепочках или изменений требуемых отношений между результатами деятельности в системе и средой.

Приведенная выше схема задает базовую последовательность действий различного рода и не описывает возможные ветвления, задаваемые соответствующими моделями ветвления. Основное отличие этой схемы от традиционных сетей действий (технологических операций) – такая последовательность учитывает изменения условий, включает явно информационные действия и в результате приводит к актуализации различных цепочек причинно-следственных связей, а затем приводит к возможным изменениям состояний и изменениям их соответствия изменяющимся требованиям.

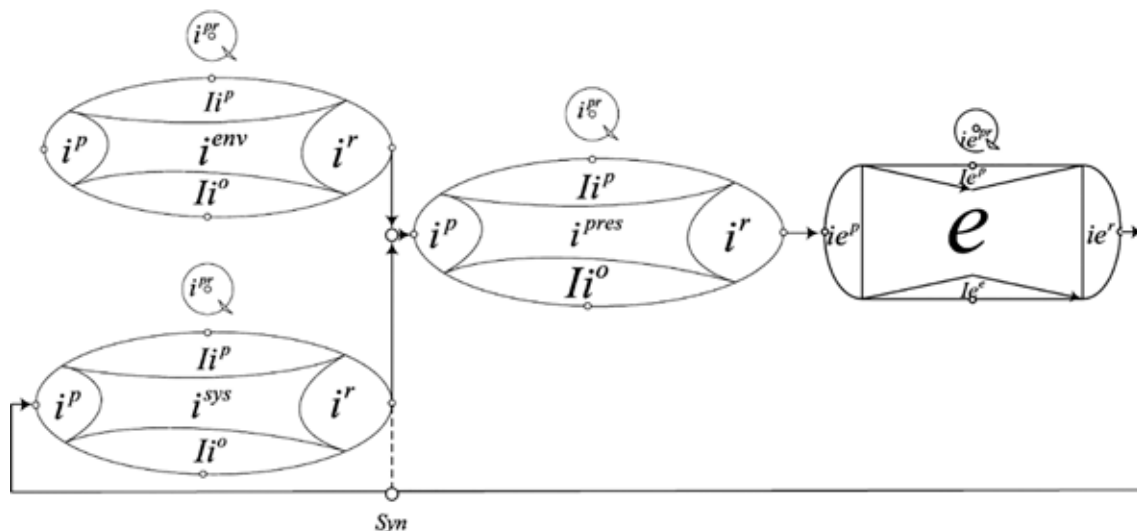


Рис. 1. Пример диаграммы использования информации для реализации деятельности в системе

Возможные ветвления [15, 16] за счет проявляющихся изменений описаны отдельными моделями, примеры которых приведены ниже.

Пример на рисунке 1 состоит из 2 параллельных и 2 последовательных действий: три из них являются информационными ($i_{n_0}^{Env}, i_{n_1}^{Sys}, i_{n_2}^{Pr}$) и одно действие e – действие по получению материальных эффектов, которое, в свою очередь, состоит из двух частей действия по обработке информации ($ie_{n_3}^p, ie_{n_3}^r$) и одного действия e_{n_4} – по получению материальных эффектов.

Возможные результаты каждого действия в последовательности определяют дальнейшие возможные состояния, каждое из которых зависит от предыдущих последовательностей реализованных состояний в цепочке и от реализованных причинно-следственных связей, в том числе – связей результатов с использованной информацией. Разница между действиями по получению материальных эффектов и информационными действиями (или информационными частями действия по получению материальных эффектов) заключается в том, что информационные действия позволяют ограничить разнообразие возможных результатов, а действия по реализации материальных эффектов расширяют разнообразие последовательностей результатов. Целенаправленное ограничение возможных исходов как последовательностей результатов, организованное на основе информационных действий, должно менять дальнейшее соответствие результатов действий изменяющимся требованиям в лучшую сторону.

В рассматриваемом примере ограничение разнообразия возможных результатов производится на основе следующих допущений.

1. Результаты информационных действий детерминированы (в общем случае они могут вызывать изменения вероятностей нескольких исходов).
2. В результате информационного действия возможен один исход.
3. После выполнения действия по получению материальных эффектов всегда следует информационное действие.
4. Состояния во множествах возможных состояний являются либо начальными состояниями (системы и ее среды), либо только что достигнутыми в результате действия состояниями (и еще не проверенными последующим информационным действием), либо возможными будущими состояниями системы, которые могут быть выбраны для достижения.
5. Состояния, выбранные для последующего выполнения действий по получению материальных эффектов, содержат предписательную информацию, выбранную информационным действием.
6. Начальные состояния среды и системы могут быть представлены как комплексное состояние с распределением вероятностей возможных актуализаций состояний, определенных на множестве возможных состояний внутри комплексного состояния.
7. Состояния системы определяются информационными действиями детерминированно и безошибочно.

Например, информационное действие по определению (проверке, идентифика-

ции, мониторингу) состояний среды приводит к определению одного из возможных состояний среды и таким образом – к запуску первого возможного варианта в возможных последовательностях (цепочках) состояний, действий и переходов. Для простоты в примере предполагается, что идентификация детерминирована. Если нет, то новое распределение состояний получают как условное распределение вероятностей при условии завершения информационного действия заданным способом.

Для удобства индексации древовидных структур, образованных в результате реализации различных возможных причинно-следственных связей, предложена индексация векторами индексов n_i , которые описывают цепочки состояний и реализованных причинно-следственных связей и соответствуют ветвям дерева (длины i) состояний и действий.

Возможные состояния из-за причинно-следственных связей и информационной операции $i_{n_0}^{Env}$, индекс которой n_0 :

$$\left. \begin{aligned} f^{En}(\hat{S}^{En}, t) &= s_1^{En} \\ f^{En}(\hat{S}^{En}, t^*) &= s_2^{En} \end{aligned} \right\} i_{n_0}^{Env}$$

Таким образом, действие $i_{n_0}^{Env}$ – выбор одного из состояний среди возможных. Описывается как функция f^{En} (реализуемая $i_{n_0}^{Env}$) от распределения $\hat{S}^{En}$ вероятностей по состояниям окружающей среды, известным ранее, в одно из (детерминированных) идентифицированных состояний.

Далее аналогично реализуются возможные цепочки за счет $i_{n_1}^{Sys}$, обусловленные определением состояний $\hat{S}^{Sys}$ системы и использованием полученной информации:

$$\left. \begin{aligned} f^{Sys}(\hat{S}^{Sys}, t) &= I(s_1^{Sys}) \\ f^{Sys}(\hat{S}^{Sys}, t^*) &= I(s_2^{Sys}) \end{aligned} \right\} i_{n_1}^{Sys}$$

Эти результаты первых двух информационных операций проиллюстрированы на рисунке 2. Вслед за этими информационными действиями реализуются возможные цепочки c_{n_i} причинно-следственных связей, обусловленных следующим информационным действием, для вынесения предписаний – как возможные результаты отображения:

$$f^{Pr}(\hat{S}_n^{En}, \hat{S}_n^{Sys}, i_{n_0}^{Env}, i_{n_1}^{Sys}, t) = I_{n_2}^{Pr},$$

реализуется $i_{n_2}^{Pr}$, где I_n^{Pr} соответствует предписаниям, генерируемым по резуль-

татам проверок состояний среды и системы $i_{n_2}^{Pr}(1,1)$, номерами индексов являются $(1,2), (2,1), (2,2)$ и $|\hat{S}_{n_0}^{Env} \times \hat{S}_{n_1}^{Sys}| = |c_{n_2}| = 4$.

В нашем примере функция ветвления действует детерминированно на детерминированные состояния, определяемые предшествующим информационным действием $i_{n_2}^{Pr}$ – как показано на рисунке 2. Примером вероятностной обработки информации является $i_{n_3}^P$, которая служит частью действия по получению материальных эффектов и может дать один из двух результатов, как указано на рисунке 3.

Результатами $i_{n_3}^P$ являются обновленные предписания на выполнение действий по получению материальных эффектов. Предписания $I_{n_3}^P$ обновляются в соответствии с состояниями $\hat{S}^w$ рабочего места (моделируются как случайные), и этим состояниям соответствуют изменяющиеся требования. В зависимости от выявленных состояний $\hat{S}^w$ обновленные предписания – это информация $I_{n_3}^P$, созданная для выполнения на рабочем месте, и эта информация известна (детерминирована) до выполнения действия по получению материального эффекта.

$$f^P(\hat{S}_n^{En}, \hat{S}_n^{Sys}, \hat{S}^w, i_{n_0}^{Env}, i_{n_1}^{Sys}, t) = I_{n_3}^P,$$

произведено $ie_{n_3}^P$. Таким образом, выбор одного из двух возможных $I_{n_3}^P$ зависит от состояния $\hat{S}^w$ рабочего места. Ядро «материального» действия проявляется иным образом и порождает вероятностные состояния как следствие предписывающей и описательной информации $I_{n_3}^P$, используемой для этого материального действия:

$$f^m(\hat{S}_n^{En}, \hat{S}_n^{Sys}, \hat{S}^w, i_{n_0}^{Env}, i_{n_1}^{Sys}, i_{n_2}^{Pr}, ie_{n_3}^P, t_n) = \hat{S}_{n_4}^{Sys}.$$

В рассмотренном примере $|\hat{S}_{n_4}^{Sys}| = 3$ для каждого из четырех возможных предшественников в n_3 . Таким образом, $3n = 12$ состояний возможны после материального действия. Они образуют множество $\hat{S}_{n_4}^{Sys}$ с определенным на нем распределением вероятностей $F_{\hat{S}_{n_4}^{Sys}}(s_{n_4}^{Sys})$. Для обеспечения корректного выявления состояния системы после действия по получению материального эффекта выполняется часть действия $i_{n_4}^r$ по обработке информации для получения корректной информации $I(s_{n_4}^{Sys})$ о состоянии системы.

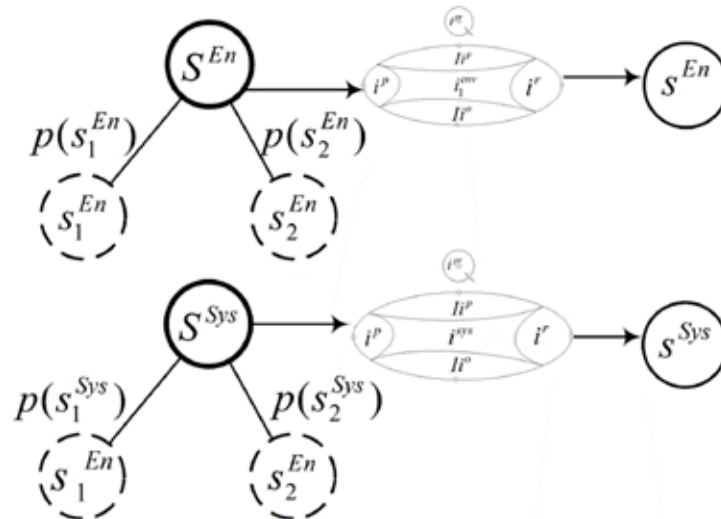


Рис. 2. Пример результатов первых двух информационных действий и возможных ветвлений

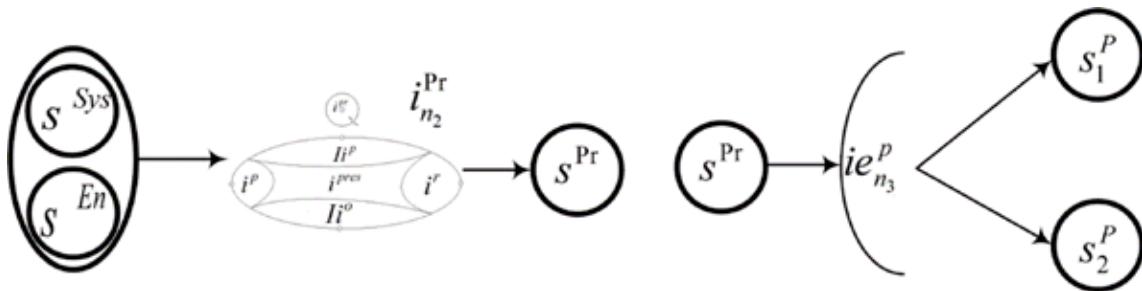


Рис. 3. Примеры детерминированной (а) и вероятностной (б) обработки информации

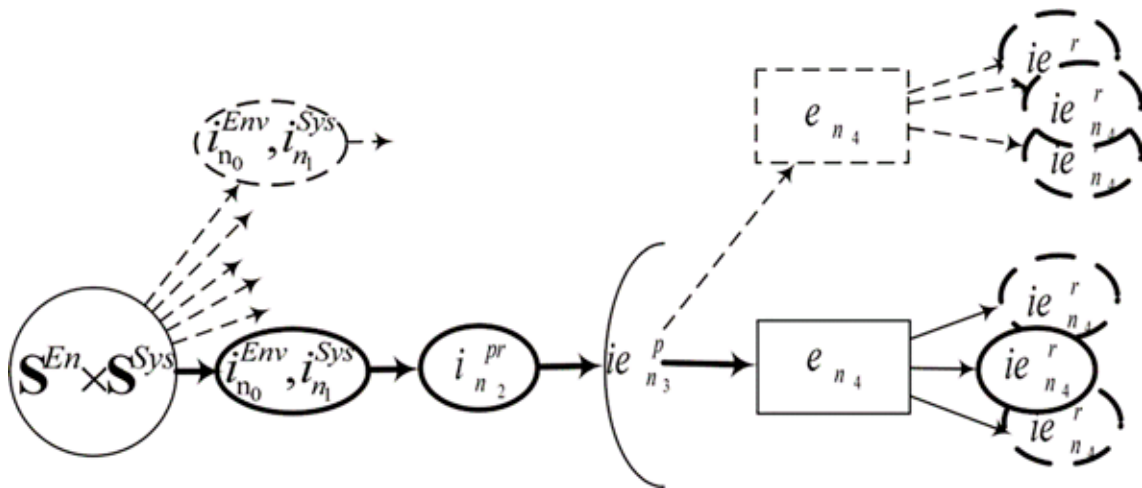


Рис. 4. Пример реализации последовательности действий, связанных вариантами причинно-следственных связей

$$f^I(\hat{S}_n^{En}, \hat{S}_n^{Sys}, \hat{S}_n^w, i_{n_0}^{Env}, i_{n_1}^{Sys}, i_{n_2}^{Pr}, ie_{n_3}^p, \hat{S}_{n_4}^{Sys}, t_{n_4}) = I(S_{n_4}^{Sys}), S_{n_4}^{Sys} \in S_{n_4}^{Sys}.$$

Эту функцию реализует $ie_{n_4}^r$. Одна из возможных последовательностей реализации действий, связанных вариантами причинно-следственных связей, показана на рисунке 4.

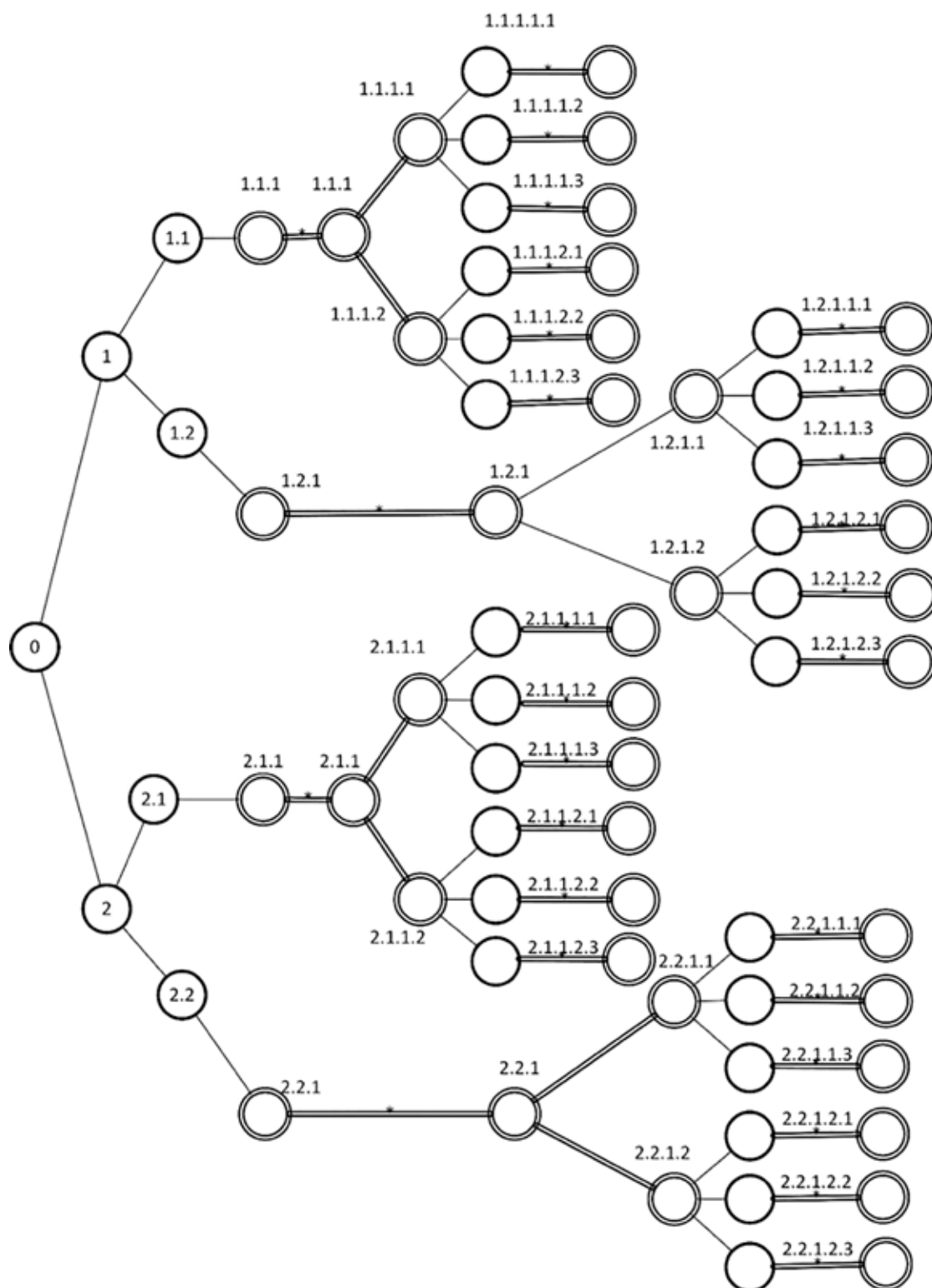


Рис. 5. Комплексное дерево состояний, полученных в результате возможных последовательностей действий и соответствующих переходов

Функционирование и его изменения могут быть реализованы в соответствии с любой из возможных реализаций в зависимости

от реализуемых состояний системы и среды и в зависимости от реализуемых и информационных операций и их характеристик.

В результате принятых допущений и описанных данных возможные цепочки состояний, событий, переходов, обусловленные действиями различного рода, в примере принимают форму дерева, образованного множествами возможных состояний, следующих за одним (родительским) состоянием, которое выбирается в каждом наборе предыдущих состояний с использованием информационного действия определенного вида или сформированным как возможный результат выполнения «материального» действия. В этом смысле и говорят, что информационное действие реализует ветвление, изменяя разнообразие, а «материальное» действие не меняет его. Пример сформированного дерева показан на рисунке 5.

Энтропия возможных реализаций деятельности, образующихся вследствие возможной реализации полученной структуры состояний и переходов, непосредственно зависит от состояния системы и среды, их актуализации, распределения вероятностей по цепочкам, с одной стороны, и от характеристик информационных операций – с другой.

На рисунке 5 состояния, которые обязательно включают информацию различного рода (результаты проверок, предписания), показаны двойной штриховкой. Состояния системы и окружающей среды показаны в виде простой линии. Случай, когда возможен только один исход перехода, показан звездочкой.

$$\begin{aligned} S &= \langle s_{n_0}^{Env}, s_{n_1}^{Sys}, \dots, s_{n_5} \rangle, c_{n_i} : P = \langle P_{s_{n_0}^{Env}}(n_0), P_{s_{n_1}^{Sys}}(n_1) \dots P_{s_{n_5}}(n_5) \rangle \\ i &= \langle i_{n_0}^{Env}, i_{n_1}^{Sys}, i_{n_2}^{pr}, i_{n_3}^p, i_{n_4}^r \rangle, \\ E(S, P, I) &= - \sum_{c_{n_5} \in Tr(S, P, I)} p_{n_5}(c_{n_5}) \cdot \log p_{n_5}(c_{n_5}), \end{aligned} \quad (1)$$

В частном случае условно независимых вероятностей через цепи: $p_{n_i}(c_{n_i}), i = \overline{1, I}, I_{c_{n_i}}$:

$$p_{n_4}(c_{n_4}) = p_{n_5}(c_{n_5}) = \prod_{i=\overline{1, I}} p_{n_i}(c_{n_i}). \quad (2)$$

Здесь c_{n_i} – цепочки состояний и действий, соответствующие ветвям деревьев $Tr(S, P, I)$;

$p_{n_i}(c_{n_i})$ – вероятность ветвления на i -м уровне дерева для цепи c_{n_i} . Если вероятность не определена (ветвление детерминированное), то $p_{n_i}(c_{n_i}) = 1$.

В рассмотренном примере для каждой вершины в c_{n_0}, c_{n_1} :

$$p_{n_0}(c_{n_0}) = p_{s_{n_0}^{Env}}(n_0), p_{n_1}(c_{n_1}) = p_{s_{n_1}^{Sys}}(n_1),$$

и для всех остальных вершин в c_{n_i} :

$$p_{n_i}(c_{n_i}) = 1 : p_{n_5}(c_{n_5}) = p_{s_{n_0}^{Env}}(n_0) \cdot p_{s_{n_1}^{Sys}}(n_1).$$

$Tr(S, P, I)$ – дерево возможных состояний S , обусловленных цепочками действий I .

$p_{n_4}(c_{n_4})$ – возможность n_4 -ой возможной цепи c_{n_4} состояний и переходов, ведущей к четвертому уровню дерева, что равно возможности цепи n_5 состояний и переходов пятого уровня c_{n_5} в текущих

допущениях рассматриваемого примера, поскольку последнее ветвление в примере является сингулярным.

Пусть $\mu(c_{n_5})$ – мера соответствия эффектов изменяющимся требованиям, полученная при условии, что цепочка c_{n_5} состояний и переходов была реализована и тем самым вектор $\hat{w}(c_{n_5})$ эффектов деятельности был получен при условии того, что значения $\hat{r}(c_{n_5})$ требовались к моменту завершения деятельности. Тогда мера $\mu(c_{n_5})$ может быть вычислена как:

$$\mu(c_{n_5}) = \text{Poss}(\hat{w}(c_{n_5}) \sim \hat{r}(c_{n_5})), \quad (3)$$

где $\sim$ – это одно или комплекс отношений из множества отношений $R \stackrel{\text{def}}{=} \{<, \leq, =, >, \geq\}$.

Может быть построена для оценивания мера «смесь»:

$$\bar{\mu}(Tr(S, P, I)) = \sum_{c_n \in Tr(S, P, I)} \mu(c_n) \cdot p(c_n)$$

Характеристики эффектов рассчитываются в соответствии с методиками [17]. Та-

кая мера соответствует одному из случаев оценки потенциала системы на основе скалярного показателя [11] с учетом применения информации для действий в системах.

Предложена комплексная мера $\xi(c_{n_i})$, описывающая меру соответствия, полученную по отношению к соответствующей энтропии для каждой возможной цепи реализации причинно-следственных связей в дискретном пространстве возможных c_{n_i} : $c_{n_i} \in C_{n_i}$

$$\xi(c_{n_i}) = \frac{\mu(c_{n_i}) \cdot p(c_{n_i})}{e(c_{n_i})} = \frac{\mu(c_{n_i})}{-\log p(c_{n_i})},$$

$$\mu(c_{n_i}) = \text{Poss}(\hat{w}(c_{n_i}) \sim \hat{r}(c_{n_i})),$$

$$e(c_{n_i}) = -p(c_{n_i}) \cdot \log p(c_{n_i}). \quad (4)$$

Также предложена комплексная мера $\Delta\xi(c_{n_i})$, которая описывает конечную разность изменения меры соответствия по отношению к конечной разности энтропии между альтернативными ветвями $c_{n_{i,1}} c_{n_{i,j}}$, полученными вследствие изменения характеристик информационных действий i_{n_i} от $c_{n_{i,1}}$ к $c_{n_{i,j}}$:

$$\Delta\xi(c_{n_{i,1}}, c_{n_{i,j}}) = \frac{\Delta\mu(c_{n_{i,1}}, c_{n_{i,j}})}{\Delta e(c_{n_{i,1}}, c_{n_{i,j}})} =$$

$$= \frac{\mu(c_{n_{i,1}}) \cdot p(c_{n_{i,1}}) - \mu(c_{n_{i,j}}) \cdot p(c_{n_{i,j}})}{e(c_{n_{i,1}}) - e(c_{n_{i,j}})}. \quad (5)$$

Она показывает, как «быстро» конечная разность меры соответствия, вызванная изменением характеристик информационной операции i_{n_i} от $c_{n_{i,1}}$ к $c_{n_{i,j}}$, изменяется по отношению к конечной разности энтропии, вызванной изменениями тех же характеристик i_{n_i} . Такие меры позволяют выбирать информационные действия в режиме реального времени, основываясь на локально рассчитанных показателях соответствия эффектов предсказаний «полученных» относительно энтропии «затраченных».

$$\phi(c_{n_i}) = \frac{\mu(c_{n_i})}{e(c_{n_i})} \quad \text{может рассматри-}$$

ваться как дискретное случайное значение $\hat{\phi}(c_{n_i})$ с вероятностями $p(c_{n_i})$ в пространстве C_{n_i} , и его характеристики могут быть использованы для организационных решений.

$\xi(c_{n_i}), \Delta\xi(c_{n_{i,1}}, c_{n_{i,j}}), \hat{\phi}(c_{n_i})$ являются комплексными мерами прагматических свойств системы с учетом использования информации.

Результаты исследования и их обсуждение

Дальнейшие исследования должны быть направлены на преодоление имеющихся ограничений в области моделирования использования ИТ, на моделирование широкого спектра различных видов использования информации и различных моделей функционирования систем с использованием полученных результатов исследований. Необходимо создавать новые типы моделей, алгоритмов и технологий на основе уже созданных моделей использования информации в рассмотренных системах. Следует провести исследования по возможному применению технологий машинного обучения для разработки моделей использования информации на основе собираемых «больших данных» о действиях при функционировании, об изменениях функционирования систем. Необходимо разрабатывать новые модели прогнозирования реакций системы на информационные действия в среде системы и реагирования среды на действия системы. Перспективной представляется разработка базы шаблонов использования информации и реализации деятельности с использованием информации для последующего применения при разработке прикладных моделей. Такие модели перспективно создавать на основе разрабатываемой концепции «искусственная деятельность» и использовать для разрабатываемых «цифровых двойников» деятельности с применением ИТ.

Предполагается выполнить классификацию прагматических свойств систем и их функционирования, использования информационных технологий так, чтобы классификатор позволял описывать не только имеющиеся, но и новые свойства, а также и соответствующие задачи исследования прагматических свойств, систем, информационных технологий.

Прагматические свойства систем, их функционирования и изменений – комплекс свойств, описывающий прагматику систем и их функционирования, в том числе в условиях изменений разных видов. Поэтому результаты использования систем, их отношения с другими результатами, соответствие изменяющихся результатов требованиям в изменяющихся условиях среды, показатели, характеризующие изменения указанных отношений и соответствий, и следует ис-

пользовать для описания различных сторон прагматических свойств.

Обозначим:

$\hat{E}^k$ – результат функционирования k -го вида. Если к результату предъявлены требования, он может называться эффектом.

$\mu(\hat{E}^k \sim \hat{E}^r)$ – мера соответствия двух результатов разных видов.

В ряде случаев может быть представлена в виде частного $\mu(\hat{E}^k / \hat{E}^r)$

Пусть $\hat{R}^k$ – результат функционирования среды k -го вида.

$\mu(\hat{R}^k \sim \hat{R}^r)$ – мера соответствия двух результатов разных видов.

$\mu(\hat{E}^k \sim \hat{R}^k)$ – мера соответствия эффекта функционирования системы соответствующему требованию среды.

$\mu(\hat{E}^k \sim \hat{R}^r)$ – мера соответствия эффекта функционирования системы соответствующему требованию среды.

С использованием указанных соответствий может быть получен граф, описывающий комплекс отношений между системой и средой во времени и характеризующий комплекс мер соответствий функционирования системы и среды в изменяющихся условиях.

$\mu(\hat{E}^k(e_i, i_l) \sim \hat{R}^k(e_m, i_m))$ – мера соответствия эффектов функционирования системы соответствующим требованиям среды в условиях, когда информационные действия i_l привели к реализации действий по реализации эффектов e_i далее вызвавших причинно-следственные связи, которые и привели к $\hat{E}^k$.

С использованием указанных соответствий может быть получен граф, описывающий комплекс отношений между системой, средой, информационными действиями и информацией во времени и характеризующий комплекс мер соответствий функционирования системы и среды в изменяющихся условиях, на которые система реагирует за счет реализации i_l .

При этом учитываются соответствия e_m , i_m и – далее, соответствия $i_l \sim i_m \sim e_l$.

Мера соответствия двух случайных величин (СВ) задается.

Для нечетких величин мера соответствия задается согласно определению операций с нечеткими величинами. Наличие требуемого соответствия описывается как случайное событие (в случае, если одна СВ неслучайна или используется математическое ожидание меры соответствия). В общем случае такая мера соответствия может быть описана как случайная величина, заданная на интервале $[0, 1]$ возможных значений меры – стохастический индикатор.

В случае отношений между более чем двумя величинами и иерархических отношений описанный метод может быть распространен и на них, например с использованием многомерных и иерархических стохастических индикаторов.

Индексы результатов функционирования, индексы требований среды к функционированию системы описывают соотношения результатов разных видов, имеющих смысл «интенсивности», например производительность, экономичность, трудоемкость. Они могут служить основой для описания моделей формирования результатов функционирования систем, с которыми взаимодействует исследуемая система. Указанные задачи носят характер совершенствования прагматических свойств систем качества – давать требуемые результаты в нужных соответствиях в ожидаемых условиях, т.е. совершенствования прагматических свойств систем в ожидаемых условиях.

Полученные меры, имеющие смысл «достижимых соответствий», служат основой для совершенствования прагматических свойств систем и их функционирования и в изменяющихся условиях. Затем они могут позволить создавать модели взаимодействия систем, в том числе включающих исследуемую и моделей среды, выполнит декомпозицию решаемых задач совершенствования систем разных видов с учетом мер возможности реализации разных видов взаимодействий и сценариев их реализации в изменяющихся условиях.

В зависимости от достижимых соответствий дальнейшее функционирование систем, взаимодействующих с исследуемой, может быть альтернировано, что должно найти отражение в разрабатываемых моделях [18].

Такого рода задачи следует решать на основе описания использования информации и использования соответствующих информационных действий и ИТ.

Результат такого описания использования ИТ – зависимости результатов функционирования, прагматических свойств систем и функционирования от реализуемых для реализации изменений функционирования ИД и ИТ.

Изменения условий, ведущие к изменению функционирования, могут моделироваться на основе моделей соответствия результатов функционирования систем требованиям и последующей необходимости альтернирования функционирования, или/и на основе задания возможных условий и мер возможности их реализации. Модели использования ИД и ИТ затем описывают зависимости дальнейших альтерни-

рований функционирования от сложившихся условий и результатов ИД.

Зависимости прагматических свойств систем и их функционирования от ИД и ИТ, используемых для альтернирования функционирования в изменяющихся условиях, позволяют перейти к описанию комплексов реализаций причинно-следственных связей при функционировании систем и влиянии реализаций таких комплексов причинно-следственных связей на изменения условий взаимодействия систем и среды (на реализацию связей и на их интенсивность), с одной стороны, и на разнообразие возможных и реализуемых причинно-следственных связей – с другой.

Это, в свою очередь, позволяет перейти к описанию того, как от изменения соответствий результатов/требований и интенсивностей результатов/требований при реализации функционирования систем и среды в изменяющихся условиях зависит функционирование других систем и среды, как при этом используются ИТ и к чему они приводят (характеристики изменяющихся соответствий результатов требованиям и интенсивностей взаимодействий в изменяющихся условиях – «динамические прагматические свойства результатов в изменяющихся условиях при использовании ИТ»).

Предполагается исследовать и соотношение мер, описывающих разнообразие (энтропийные меры) и сложность, исследовав отношения между прагматикой систем (результатами), случайностями, разнообразием и сложностью в разрабатываемых моделях и решаемых задачах исследования использования ИТ.

Полученные результаты планируется воплотить в ряде технологических проектов, в частности в проектах шаблонизации, типовых фрагментах PAIS (Process-Aware Information Systems) [14], паттернах использования информации в них, паттернах решения задач использования ИТ в условиях изменений [15–18], Actionable Artificial Intelligence, Artificial Activity, информационных системах поддержки изменений функционирования.

Заключение

Показано, что моделирование использования информации возможно путем создания на основе предложенных и создаваемых диаграммных моделей, а затем на их основе: теоретико-графовых моделей, параметризованных теоретико-графовых моделей на их основе, далее – функциональных теоретико-вероятностных моделей. Такая формализация открывает путь к формальному описанию совокупностей действий по по-

лучению материальных эффектов в зависимости от складывающихся условий, от возможных изменений и возможных цепочек изменений состояний в связи с различными результатами обработки информации. Такие цепочки моделируются как последовательности причинно-следственных связей, вызванных информационными действиями, ведущие к изменениям проявления материальных эффектов. Предложена система мер, основанных как на показателях соответствия эффектов требованиям, так и на энтропии функционирования в изменяющихся условиях. Они оцениваются на основе вероятностных математических моделей, строящихся с использованием деревьев реализаций цепочек состояний, обусловленных цепочками действий и использованием информации.

Предложенные схемы позволяют строить такие деревья реализаций и на их основе – математические модели для количественной оценки потенциала системы, потенциала использования ИТ, энтропии и, возможно, других свойств, описывающих применение информации в системах. Предложены меры и показатели для оценивания свойств информационных действий, проявляющихся в процессе функционирования системы. Они могут быть использованы для принятия решений об информационных действиях, которые следует предпринимать, и их характеристиках, в зависимости от текущих условий функционирования. В результате становится возможным осуществлять оперативное оценивание показателей качества информационных действий в зависимости от параметров и переменных информационных действий и используемых ИТ. Ограничения предлагаемых концепции, моделей и основ методологии обусловлены небольшим количеством разработанных и использованных для моделирования схем, ограничивающих возможности моделирования применения информации в системах, и их дискретным характером, отраженным используемыми графо-теоретическими моделями.

Полученные результаты позволяют перейти далее к описанию процедур построения моделей использования информации и затем решения задач совершенствования использования ИТ на основе современных цифровых технологий, в том числе с использованием таких видов технологий, как Big Data, Machine Learning, Process Science.

Строящиеся модели могут служить основой для решения задач внедрения других цифровых технологий. К ним относятся создание описанных далее цифровых двойников деятельности, реализация модельно-

ориентированной программной инженерии при решении задач совершенствования деятельности.

Выполнена классификация задач совершенствования использования ИТ и цифровой трансформации систем разных видов. Основой для классификации задач являются прагматические свойства целенаправленно изменяемых за счет использования ИТ систем и деятельности с ними, с одной стороны, как тот аспект задач, что связан с целью людей при решении задач. С другой стороны, классификация опирается на виды изменений, реализуемых с использованием ИТ для получения требуемых прагматических свойств – как то, за счет чего получают результаты решения задач. Эти изменения, в свою очередь, могут реализовываться разными возможными ИТ в разных системах. В зависимости от видов изменений, реализуемых за счет использования ИТ, и в зависимости от исследуемых прагматических свойств систем и получают различные имеющиеся и перспективные виды задач использования ИТ, задач цифровой трансформации систем и деятельности с ними.

Полученные результаты планируется воплотить в ряде технологических проектов, направленных на решение разнообразных задач совершенствования использования информационных технологий.

Список литературы

1. Barès Michel, Bossé Éloi. Relational Calculus for Actionable Knowledge. 1st ed. Cham: Springer International Publishing (Information Fusion and Data Science series), 2022. 360 p.
2. Arndt Christoph. Information Measures. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. 2001. 548 p.
3. Depeige A., Doyencourt D. Actionable Knowledge As A Service (AKAAS): Leveraging big data analytics in cloud computing environments. Journal of Big Data. 2015. V. 2. P. 12. DOI: 10.1186/s40537-015-0023-2.
4. Cultural Synergy in Information Institutions. New York, NY: Springer New York, 2014. 82 p.
5. Meynard T. Jullien, François, A Treatise on Efficacy: Between Western and Chinese Thinking. Translated by Janet Lloyd Honolulu: University of Hawaii Press. 2004. 202 p.
6. Du, Xiaozhen 杜小真, To Go Afar and to Return: Dialogue between Greece and China 遠去與歸來:希臘與中國的對話 Beijing 北京: Zhongguo Renmin Daxue Chubanshe 中國人民大學出版社. Dao. 2008. 7. № 2. P. 215–219.
7. Mesbahi M., Egerstedt M. Graph Theoretic Methods in Multiagent Networks. Princeton University Press, 2010. 424 p.
8. Jing D. The Study on Business Growth Process Management Entropy Model. Physics Procedia. 2012. № 24. P. 2105–2110.
9. Novikov D. Control, Activity, Personality. Advances in Systems Science and Applications. 2020. № 03. P. 113–135.
10. Новиков Д.А. Кибернетика 2.0 // Проблемы управления. 2016. Вып. 1. С. 73–81.
11. Гейда А.С. Основы теории потенциала сложных технических систем: монография. М.: РАН, 2021. 408 с.
12. Geyda A.S., Fedorchenko L.N., Lysenko I.V., Svistunova A.S., Khasanov D.S., Usin V.V. Concept and Models of Information Application for Actions in Systems. FRUCT'31 Conference proceedings. Helsinki, Finland. 2022. April 29. P. 407–415.
13. Державин С.А., Гейда А.С., Резанова В.С. Схемы использования информационных технологий для получения результатов функционирования систем // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 8. С. 38–46.
14. Farbod Taymouri, Marcello La Rosa, Marlon Dumas, Fabrizio Maria Maggi. Business process variant analysis: Survey and classification. Knowledge-Based Systems. 2021. V. 211. P. 106557.
15. Marrella A., Mecella M. Adaptive Process Management in Cyber-Physical Domains. In: Grambow G., Oberhauser R., Reichert M. (eds) Advances in Intelligent Process-Aware Information Systems. Intelligent Systems Reference Library. Vol 123. Springer. Cham. 2017. 245 p.
16. Kapuruge M., Han J., Colman A., Kumara I. Enabling Ad-hoc Business Process Adaptations through Event-Driven Task Decoupling. Advanced Information Systems Engineering. CAiSE 2013. Lecture Notes in Computer Science. Vol. 7908. Springer. 2013. P. 384–399.
17. D. Golenko-Ginzburg. Stochastic network models in innovative projecting. Vol. 1: Network projects with deterministic structure: Monograph. Yelm, WA, USA. Science Book Publishing House. 2014. 384 p.
18. Reichert M., Weber B. Enabling Flexibility in Process-Aware Information Systems. Springer – Berlin, Heidelberg. 2012. 518 p.

УДК 004.056.55:004.932.2

ЗАЩИТА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ НЕПРАВОМЕРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАРКИРОВАНИЕМ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ

¹Земцов А.Н., ²Чан Зунг Хань¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
Волгоград, e-mail: ecmsys@yandex.ru;²Национальный экономический университет, Ханой, Вьетнам,
e-mail: ecmsys@yandex.ru

Рассматриваются вопросы защиты от неправомерного использования графической информации с помощью внедрения данных лица с правом собственности в неподвижные изображения и видеопоследовательности. Представление изображений и видео в цифровом виде способствует эффективному и широкому распространению информации, но подобный способ доступа к данным также создает возможность для неправомерного заимствования результата интеллектуальной деятельности без согласования и компенсирующих выплат авторам. После внедрения в неподвижные изображения или кадры видеопоследовательности данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности представляется возможным отслеживание распространения копий художественного произведения. Встраивание данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности предлагается производить в компоненты цветности сигнала в области, которые имеют низкий показатель насыщенности, так как на подобные области алгоритмы обработки изображений не оказывают существенного влияния, что повышает робастность алгоритма. Обнаружение подобных областей на изображении выполняется путем обработки и анализа яркостной составляющей, для чего осуществляется преобразование из исходного цветового пространства в YCbCr. На основе мер оценки эффективности работы алгоритма внедрения данных на эталонных изображениях проведен анализ результатов экспериментов. Приводится обоснование эффективности предлагаемой методики защиты графической информации от неправомерного использования.

Ключевые слова: авторское право, результат интеллектуальной деятельности, стеганография, скрытие данных, цифровой водяной знак, защита информации

SECURING OF IMAGES FROM UNAUTHORIZED USE BASED ON EMBEDDING IN THE SPATIAL DOMAIN

¹Zemtsov A.N., ²Chan K.Z.¹Volgograd State Technical University, Volgograd, e-mail: ecmsys@yandex.ru;²National Economics University, Hanoi, Vietnam, e-mail: ecmsys@yandex.ru

The issues of unauthorized use of graphic information by embedding data of the owner in still images and video sequences are considered. Representing images and videos in digital form facilitates effective and widespread dissemination of information, but this way of accessing data also creates the opportunity for illegal borrowing of the result of intellectual activity without approval and compensatory payments to authors. After embedding in still images or frames of a video sequence the data of the person with the right of ownership of the result of intellectual activity, it becomes possible to track the distribution of copies of a work of art. It is proposed to embed the data of the person with the right of ownership of the result of intellectual activity into the chrominance components of the signal in areas that have a low saturation index because image processing algorithms do not have a significant effect on such areas, which increases the robustness of the algorithm. The detection of such areas in the image can be performed by processing and analyzing the brightness component, for which a conversion from the original color space to YCbCr is performed. On the basis of measures for evaluating the efficiency of the algorithm for introducing data on reference images, an analysis of the results of experiments was carried out. The rationale for the effectiveness of the proposed methodology for securing graphical information from unauthorized use is given.

Keywords: copyright, result of intellectual activity, steganography, data hiding, digital watermark, information security

Стеганография – это наука о скрытой передаче информации путем сохранения в тайне самого факта передачи [1]. Под стегосистемой в данной работе понимается объединение методов и средств, используемых для создания скрытого канала для передачи информации. Данные лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности внедряются в пустой контейнер, не содержащий секретного сообщения, например элемент картографической информации, кадр видеопоследовательности или медицинские данные, хранимые в об-

лачной платформе в форме физиологических сигналов [2], таких как ЭЭГ, ЭКГ, ЭОГ, ЭМГ, КТ, МРТ, ПЭТ, и т.д. Стегоконтейнером называется контейнер, содержащий секретное сообщение. Для дополнительной защиты данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности может использоваться ключ, который необходим для внедрения данных в заданные области стегоконтейнера [3]. Ключи в стегосистемах бывают двух типов: секретные и открытые. Если стегосистема использует секретный ключ, то он должен быть

или создан до начала обмена сообщениями, или передан по защищенному каналу. Стегосистема, использующая открытый ключ, должна быть устроена таким образом, чтобы было невозможно получить закрытый ключ, а открытый ключ передается по незащищенному каналу. Одним из наиболее эффективных методов защиты графической информации от неправомерного использования является использование стеганографических методов [1].

Задача защиты графической информации от неправомерного использования заключается в том, чтобы произвести внедрение информации с минимальным искажением исходного изображения. Представляется целесообразным задействовать для этого наименее значимую относительно восприятия изображения информацию.

Изображения или видеопоследовательности обладают большой избыточностью благодаря несовершенству человеческого зрения, а также особенностям их представления в цифровом формате.

С другой стороны, форматы файлов, содержащих графическую информацию, спроектированы таким образом, чтобы минимизировать размер хранимых данных изображений с целью отказаться от мало значительной для восприятия системой человеческого зрения информации [4].

Защита графической информации от неправомерного использования маркированием в пространственной области основана на внедрении в неподвижные изображения или кадры видеопоследовательности данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности, которые также известны как цифровые водяные знаки. Неподвижные изображения или кадры видеопоследовательности, которые подвергаются процедуре превентивной защиты на основе внедрения данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности, обычно называют оригиналом или произведением.

Основная проблема, с которой сталкиваются подобные методы, заключается в том, что данные лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности должны быть устойчивыми к обработке изображения. К причинам, вызывающим данную проблему, относятся различные виды шума в канале связи, особенно выраженные в повсеместно используемых беспроводных сетях связи [5], выполнение процедур фильтрации широким спектром алгоритмов обработки изображений, передискретизация, кадрирование [6], компрессия графической информации с потерями [7–9], цифро-аналоговые и аналого-цифро-

вые преобразования и т.д. Перечисленные операции являются типовыми при стандартном процессе обработки графической информации. В то же время эти макрооперации могут осуществляться преднамеренно, с целью удалить данные лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности.

Другая проблема систем превентивной защиты графической информации состоит в том, что добавление данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности изменяет изображение, что может вызывать раздражение потребителя результата интеллектуальной деятельности, но также позволяет лицу, осуществляющему неправомерную деятельность, получить представление о существовании данных отслеживания.

Методы встраивания данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности можно классифицировать по различным признакам. К одному из таких классификационных признаков исследователи относят область встраивания, в которую производится внедрение данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности. Например, данные лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности могут быть встроены в пространственную область стегоконтейнера [10]. Альтернативная возможность предусматривает встраивание этих данных в частотной области, что позволяет достичь устойчивости к внешним по отношению к стегоконтейнеру воздействиям [11, 12].

При извлечении внедренных данных анализируются младшие n бит контейнера. В случае, если значение, образованное этими битами, меньше 2^{n-2} , то считается что в контейнер встроена нулевая посылка, в противном случае в контейнер встраивалась единичная посылка.

Предлагается также использовать модификацию метода наименьшего значащего бита, позволяющую внедрять данные в старшие биты путем замены значения на ближайшее по кодовому расстоянию. Таким образом, выбирая нужную битовую плоскость или элементы разных плоскостей, можно манипулировать отношением робастности к степени скрытности сообщения. Дополнительно рассматриваются следующие модификации метода: при записи битов водяного знака используется канал синего цвета, как наименее воспринимаемого системой человеческого зрения, а также при записи битов водяного знака используется канал яркости, производный от каналов исходного цветового простран-

ства. Цель исследования заключается в разработке технических решений по преодолению описанных ограничений.

Предлагаемая методика защиты графической информации

Для достижения поставленной цели подавляющее большинство методов превентивной защиты графической информации используют исходное цветное пространство. Данные лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности встраиваются в процессе кодирования в определенные области изображения или кадра видеопоследовательности одной из основных цветовых компонент.

На рис. 1 представлена известная схема внедрения данных в изображения или кадр видеопоследовательности, где $I = RGB$ – исходное изображение, W – цифровой водяной знак, $W = \{\omega_{ij} \mid \omega_{ij} \in \{0,1\}\}$, I_w – маркированное изображение.

Функция встраивания данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности E_{mb} осуществляет внедрение в изображение I цифрового водяного знака W с опциональным использованием ключа K , использование которого позволяет в целом повысить защищенность встраиваемых данных. Встраивание осуществляется в компоненту синего цвета $B = \{b_{ij} \mid b_{ij} \in [0,255]\}$ исходного цветового пространства в соответствии с выражением $b'_{ij} = b_{ij} \otimes [256 - (1 - \omega_{ij})2^{n-1}]$. Предварительно изображение разбивается на множество непересекающихся блоков размером,

например, 8×8 пикселей. В результате выполнения функции E_{mb} генерируется модифицированное изображение I_w .

Извлечение из компоненты синего цвета $B = \{b_{ij} \mid b_{ij} \in [0,255]\}$ исходного цветового пространства осуществляется в соответствии с выражением

$$\omega_{ij} = \begin{cases} 0, b_{ij} \bmod 2^{n-1} < 2^{n-2} \\ 1, b_{ij} \bmod 2^{n-1} \geq 2^{n-2} \end{cases}.$$

На практике стегоконтейнер, содержащий водяной знак, может быть намеренно или случайно искажен. В обоих случаях стegosистема должна обеспечивать возможность обнаружения и извлечения цифрового водяного знака после атаки.

Встраивание данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности предлагается производить в компоненты цветности сигнала в области, которые имеют цвет, близкий к черному, так как на подобные области алгоритмы обработки изображений не оказывают существенного влияния, что повышает робастность алгоритмов превентивной защиты. Обнаружение подобных областей на изображении выполняется путем обработки и анализа яркостной составляющей, для чего осуществляется преобразование из исходного цветового пространства, которое используется в современных сканерах, принтерах и системах отображения графической информации, в $YCbCr$ [13].

На рис. 2 представлена схема внедрения данных в компоненту яркости изображения.

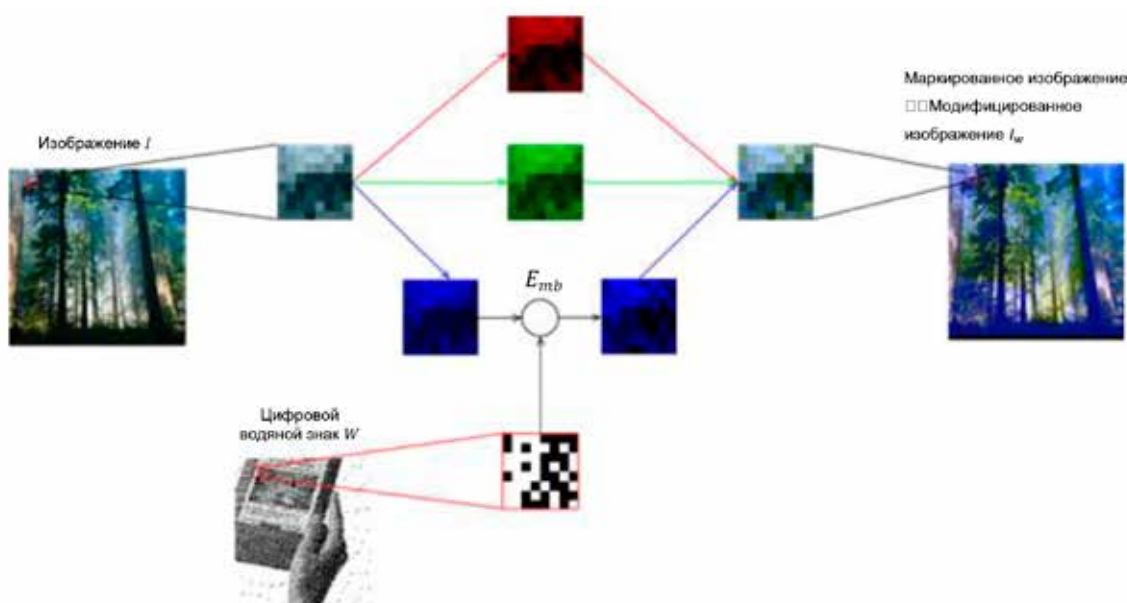


Рис. 1. Схема внедрения данных в методе наименьшего значащего бита

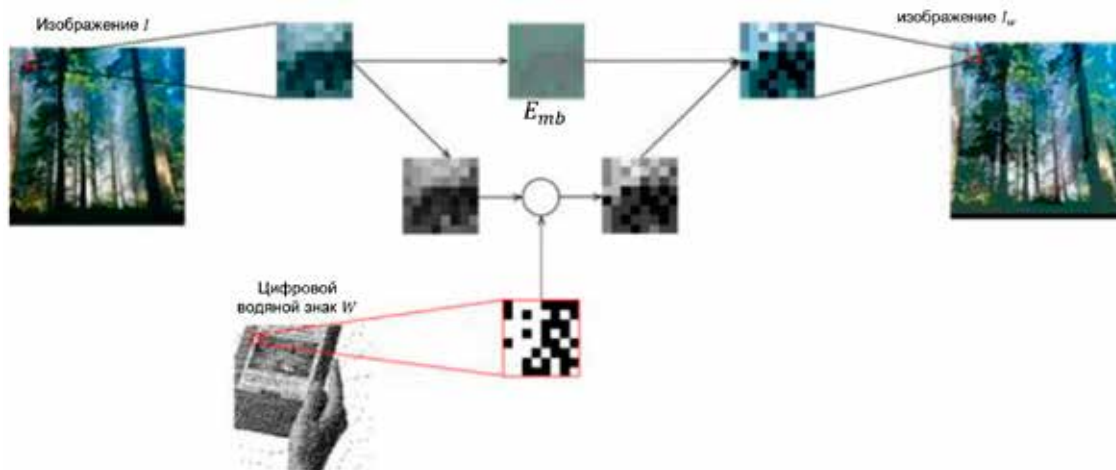


Рис. 2. Схема внедрения данных в компоненту яркости изображения

В соответствии с рекомендацией МСЭ-R BT.601-7 для систем цифрового телевидения и цифровых изображений преобразование из исходного цветового пространства в $YCbCr$ определяется как

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.29900000 & 0.58700000 & 0.11400000 \\ -0.16873600 & -0.33126400 & 0.50000000 \\ 0.50000000 & -0.4186680 & -0.08131200 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix},$$

где Y представляет собой компоненту яркости, Cb и Cr являются соответственно синей и красной цветоразностными компонентами. Необходимо отметить, что результирующий битовый поток совместим со стандартизованными декодерами.

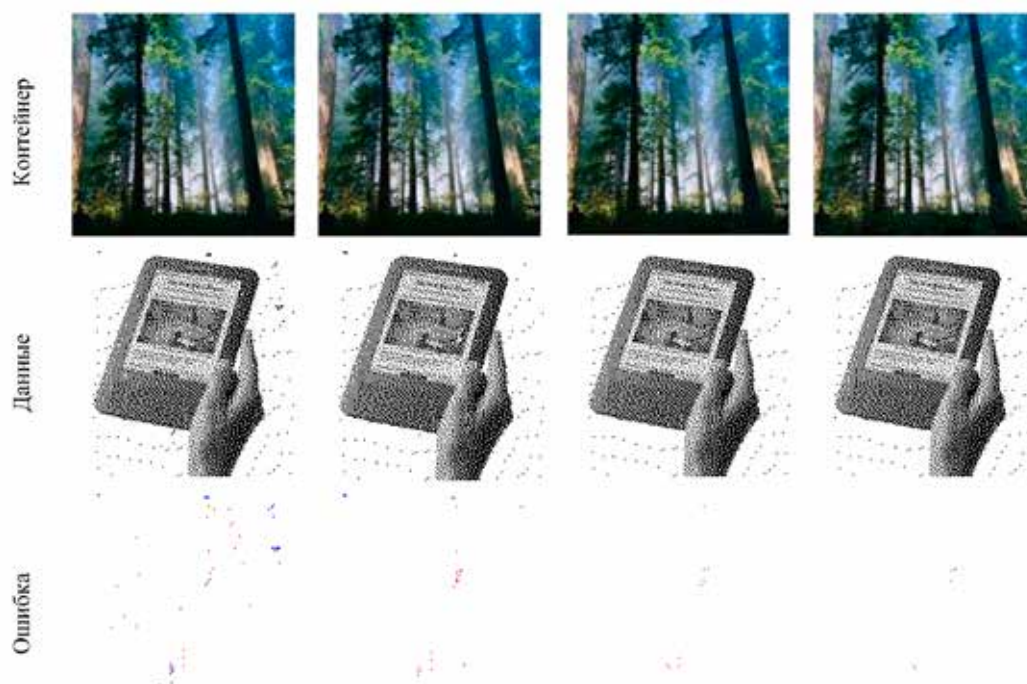
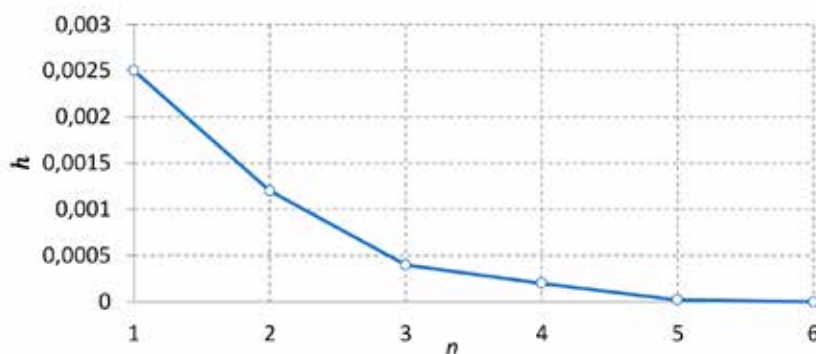


Рис. 3. Результаты встраивания и извлечения данных

Рис. 4. Зависимость h от n

Результаты экспериментов

Встраивание данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности в контейнер неизбежно приводит к искажению исходного изображения. С целью анализа степени вносимых в контейнер искажений проводится исследование влияния алгоритма и входных параметров на контейнер. При извлечении данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности осуществляется его сравнение с исходным изображением с целью расчета меры вносимых искажений.

Примеры результатов встраивания и извлечения данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности показаны на рис. 3.

В качестве меры искажений, вносимых алгоритмом встраивания данных лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности, используются различные метрики, такие как среднее квадратическое отклонение

$$MSE = \frac{\sum_{x,y} (I_{x,y} - I_{Wx,y})^2}{N_1 N_2},$$

пиковое отношение уровня сигнала к уровню шума

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(N_1 N_2 \frac{\max_{x,y} I_{x,y}^2}{\sum_{x,y} (I_{x,y} - I_{Wx,y})^2} \right),$$

коэффициент битовых ошибок h , и другие, широко принятые в теории связи [14]. Здесь N_1, N_2 – размеры изображения в пикселях, $I_{x,y}$ – яркость пикселя x, y в исходном контейнере, $I_{Wx,y}$ – яркость пикселя в модифицированном контейнере.

На рис. 4 показана зависимость коэффициента битовых ошибок h от n .

Заключение

В настоящей работе предложена методика защиты графической информации от неправомерного использования с помощью стеганографических методов, встраивающих и скрывающих данные лица с правом собственности на результат интеллектуальной деятельности в пространственной области. С точки зрения вносимых алгоритмом в изображение искажений хорошие показатели имеет группа алгоритмов с использованием младшего значащего бита, имеющего множество модификаций, в том числе устойчивых к атакам. Следует отметить, что группа стегоалгоритмов на основе дискретного косинусного преобразования при эквивалентных начальных условиях имеет худшие с точки зрения вносимых стегоалгоритмом в изображение искажений показатели, так как основаны на более сильном по среднему значению искажении сообщения по сравнению с стегоалгоритмами на основе младшего значащего бита, а также связано с перегруженностью контейнера в алгоритмах с использованием дискретного косинусного преобразования, что может нивелироваться уменьшением доступной для внедрения емкости контейнера. При сохранении контейнера в формате JPEG хорошие результаты при $n = 8$ или $q = 100$ показывают стегоалгоритмы на основе младшего значащего бита. Операция масштабирования незначительно влияет на результативность алгоритма превентивной защиты на основе младших значащих бит при сохранении как в формате PNG, так и в других форматах. Сохранение в формате JPEG полностью уничтожает содержимое контейнера при значениях h , близких к 0,5. Также было установлено, что слабо адаптируются к операции масштабирования контейнера алгоритмы на основе дискретного косинус-

ного преобразования в результате нарушения границ блоков 8×8 пикселей, которое приводит к значительному искажению матриц коэффициентов.

Список литературы

1. Shih F.Y. Digital Watermarking and Steganography: Fundamentals and Techniques, Second Edition, CRC Press, 2017. 270 p.
2. Бабенко Л.К., Шумилин А.С., Алексеев Д.М. Алгоритм обеспечения безопасности конфиденциальных данных медицинской информационной системы хранения и обработки результатов обследований // Известия ЮФУ. Технические науки. 2020. № 5 (215). С. 6–16.
3. Kanwal S. A Robust Data Hiding Reversible Technique for Improving the Security in e-Health Care System. Computer Modeling in Engineering and Sciences. 2023. № 134 (1). P. 201–219.
4. Jeong S. An overhead-free region-based JPEG framework for task-driven image compression. Pattern Recognition Letters. 2023. № 165. P. 1–8.
5. Devi G.N.S., Mittal V.K. Enhancing Signal in Noisy Environment: A Review. Smart Innovation, Systems and Technologies. 2022. № 248. P. 183–194.
6. Шемякина Ю.А., Жуковский А.Е., Коноваленко И.А., Николаев Д.П. Алгоритм автоматического кадрирования цифровых изображений при проективном преобразовании // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2018. Т. 68. № S1. С. 142–149.
7. Земцов А.Н. Сравнительный анализ эффективности методов сжатия изображений на основе дискретного косинусного преобразования и фрактального кодирования // Прикладная информатика. 2011. Ч. 1. № 4 (34). С. 90–104.
8. Земцов А.Н. Сравнительный анализ эффективности методов сжатия изображений на основе дискретного косинусного преобразования и фрактального кодирования // Прикладная информатика. 2011. Ч. 2. № 5 (35). С. 77–84.
9. Zemtsov A. Medical Image Coding Using Le Gall Transform. Proceedings of the IV International Research Conference Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2017). 2017. № 72. P. 148–151.
10. Wang H., Su Q. A color image watermarking method combined QR decomposition and spatial domain. Multimedia Tools and Applications. 2022. № 81 (26). P. 37895–37916.
11. Земцов А.Н., Цыбанов В.Ю. Защита от неправомерного использования графической информации в социальных сетях // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 7. С. 51–56.
12. Gupta S., Saluja K., Solanki V., Kaur K., Singla P., Shahid M. Efficient methods for digital image watermarking and information embedding. Measurement: Sensors. 2022. № 24. P. 100520.
13. He J., Xu X., Wang D., Guo T. Image Highlight Elimination Method Based on the Combination of YCbCr Spatial Conversion and Pixel Filling. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. № 1303. P. 1303–1309.
14. Panwar P., Dhall S., Gupta S. A multilevel secure information communication model for healthcare systems. Multimedia Tools and Applications. 2021. № 80 (5). P. 8039–8062.

УДК 658.74.018.2:629.331

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

¹Ивахненко А.А., ²Ивашук О.А.¹ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», Москва, e-mail: ivakhnenko_aa@inbox.ru;²ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: ivaschuk@bsu.edu.ru

В статье проведен анализ основных принципов управления запасами автосервисных предприятий для решения задач повышения конкурентоспособности и рентабельности деятельности. Показано, что логистический подход к управлению ремонтным производством и управлению запасами при техническом обслуживании, ремонте и сервисе автомобилей предполагает тесную взаимосвязь как информационных, так и материальных потоков, существующих на автосервисном предприятии. Определены основные логистические принципы, которые могут повысить эффективность деятельности автосервисных предприятий. Сформулированы выгоды от решения задачи по автоматизации процесса управления материальными запасами. Рассмотрены факторы автоматизации процесса управления для решения оптимизационных задач. Для моделирования эффективности системы управления запасами в статье предлагается обобщенная аналитико-имитационная модель оптимизации управления запасами, которая включает различные стратегии управления и позволяет проводить их сравнительный анализ. Проведена серия модельных экспериментов по анализу эффективности стратегии управления запасами по критерию «минимум – максимум», которая показала практическую возможность решения задач оптимизации. Сформирована зависимость оптимальных значений параметров стратегии от показателей интенсивности спроса. Предложена методика применения разработанной имитационной модели в подсистеме управления запасами автосервисных предприятий.

Ключевые слова: управление запасами, автосервисное предприятие, аналитико-имитационная модель

SIMULATION OF CAR SERVICE COMPANY INVENTORY MANAGEMENT STRATEGIES

¹Ivakhnenko A.A., ²Ivaschuk O.A.¹Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, e-mail: ivakhnenko_aa@inbox.ru;²Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: ivaschuk@bsu.edu.ru

The article analyzes the basic principles of inventory management of car service companies to solve the problems of increasing the competitiveness and profitability of activities. It is shown that the logistic approach to the management of repair production and inventory management in the maintenance, repair and service of vehicles implies a close relationship between both information and material flows that exist at a car service company. The main logistical principles that can increase the efficiency of car service companies are determined. The benefits of solving the problem of automating the inventory management process are formulated. The factors of automation of the control process for solving optimization problems are considered. To model the effectiveness of the inventory management system, the article proposes a generalized analytical and simulation model for optimizing inventory management, which includes various management strategies and allows for their comparative analysis. A series of model experiments was carried out to analyze the effectiveness of the inventory management strategy according to the “minimum – maximum” criterion, which showed the practical possibility of solving optimization problems. The dependence of the optimal values of the strategy parameters on the demand intensity indicators is formed. A technique for applying the developed simulation model in the inventory management subsystem of car service company is proposed.

Keywords: inventory management, car service company, analytical and simulation model

Степень автоматизации управления автосервисного предприятия (АСП) и практическое использование логистических принципов во многом определяет его конкурентоспособность на рынке услуг [1, 2]. Кроме того, использование современных методов автоматизации и оптимизации политики снабжения вместе с методами, базирующимися на описательно-эмпирическом подходе к решению задач принятия решений по управлению, повышает рентабельность его деятельности.

Основным фактором автоматизации управления является объединение всех потоков в единое поле рассмотрения оптимизационных задач [3]. На основе такого инструмента автосервисные предприятия (АСП) могут:

- существенно повысить точность прогноза и выявить наиболее эффективную с точки зрения прибыльности номенклатуру запчастей, узлов и комплектующих (ЗУК);
- спланировать наиболее выгодные по срокам и стоимости поставки ЗУК с учетом реального спроса и сезонности поставок;

– сократить складскую номенклатуру и размеры складов;

– оптимизировать бизнес-процессы.

Естественно, что автоматизация АСП и использование основных логистических принципов могут лишь повысить эффективность его работы [4–6]. Кроме того, одним из основных звеньев логистической цепи является система управления запасами предприятия, которая должна вписываться в общую структуру автоматизированного управления.

Автоматизация управления запасами на автосервисных предприятиях

Производственно-логистическая сеть (рис. 1) естественным образом связана с формированием сбалансированных запасов относительно спроса на определенные позиции номенклатуры ЗУК.

Автоматизация управления запасами при техническом обслуживании, ремонте и сервисе автомобилей предусматривает тесную взаимосвязь информационных и материальных потоков, существующих на АСП. Продвижение логистических принципов позволяет существенно повысить качество обслуживания клиентов и сократить разрыв между ожидаемым клиентом и фактически предоставляемым АСП качеством обслуживания, в свою очередь, положительные отзывы клиентов определяют конкурентоспособность АСП [7–9].

Автосервисные предприятия, выполняющие техническое обслуживание, ремонт и сервис как легковых, так и грузовых автомобилей, получают все более широкое

распространение. Владельцы легковых автомобилей все меньше выбирают вариант самообслуживания, так как сложность современных автомобилей постоянно возрастает [10, 11]. Учитывая высокую стоимость ремонтного оборудования, клиенты отказываются от собственной сервисной базы и пользуются услугами АСП и АРП, что отвечает требованиям клиентов по минимизации стоимости и временных затрат на поддержание подвижного состава в исправном состоянии.

Обобщенная аналитико-имитационная модель оптимизации управления запасами

Одним из базовых вопросов при моделировании функционирования АСП является оценка эффективности его системы управления запасами ЗУК [12, 13]. В связи с этим в работе предложена обобщенная аналитико-имитационная модель оптимизации управления запасами. Основными предположениями и допущениями при разработке имитационной модели являются:

- формальное описание функционирования АСП за планируемый интервал разбивается на n периодов;
- формирование списка транспортных компаний и поставщиков с их условиями взаимодействия, а также и создание графика взаимодействия на выбранном периоде планирования;
- моделирование оборота различной номенклатуры ЗУК с заданным набором показателей (стоимость хранения, цена продажи, закупочная стоимость) на каждом интервале планирования;



Рис. 1. Производственно-логистическая сеть

– формирование показателей распределений вероятностей для моделирования неопределенности времени поставки ЗУК и моделей рядов спроса на каждую позицию номенклатуры ЗУК;

– решение задачи оценки объемов партий каждой номенклатуры ЗУК на каждом интервале планирования с целью минимизации, общих издержек и возможного объема кредитования.

Входными данными для моделирования системы управления запасами являются: T_{mod} – горизонт планирования; s_{ij} – закупочная цена ЗУК_j; c_{ij} – стоимость установки ЗУК_j; F_{ij} – минимальный объем партии поставки у поставщика; s_i – цена хранения i -й позиции ЗУК; g – цена доставки у выбранной компании; L_j^0 – начальные запасы по каждому ЗУК_j; h_i – штраф за отсутствие (дефицит); Q – размер заказа; τ – продолжительность доставки после формирования заказа представляет случайную величину с заданным законом распределения и соответствующими параметрами, которые необходимо оценить в процессе производственного цикла АСП; d_{ij} – спрос на ЗУК_j – случайная величина; Z_j – текущий остаток ЗУК_j.

Интенсивность спроса на отдельные ЗУК_j в периоде i представляет случайный процесс $\xi_{ji}(t)$ с аргументом t (день), характеристики которого также необходимо оценить в процессе производственного цикла АСП.

Все эти компоненты объединяются в обобщенную аналитико-имитационную модель (рис. 2).

Результатом моделирования и оптимизации должна быть стратегия управления запасами с найденными параметрами, кото-

рая приводит к минимуму ожидаемые производственные издержки АСП [14–16].

Целевой функцией стратегии управления запасами F является минимум общих издержек на хранение запасов с учетом упущенной прибыли из-за нехватки позиции при наличии спроса на нее. Обычно в целевую функцию также входят расходы, которые появляются в случае перебоев поставок.

Результаты исследования и их обсуждение

Естественно, что для различных интенсивностей потоков спроса, расходов на хранение и доставку ЗУК, а также потерь от отсутствия необходимого количества ЗУК для проведения ремонтных работ в текущий момент, одна стратегия поставок ЗУК может быть эффективна, а другая нет [17–19]. Поэтому предлагается использовать всю совокупность основных стратегий управления запасами, а разработанная программно-инструментальная среда может использоваться для оценки оптимальных значений параметров каждой стратегии выбора наиболее рациональной стратегии для текущей ситуации с заказами на АСП.

Стратегия управления запасами «минимум – максимум» $\langle Z_{min}, Z_{max} \rangle$ обычно используется для тех ЗУК, на оформление доставки которых расходы соизмеримы с потерями от дефицита. Это обычно ЗУК с не очень большим спросом. Поэтому запасы пополняются, когда их запасы становятся меньше, чем некоторый установленный уровень (рис. 3). Стратегия управления запасами имеет два значения параметров для ее организации – это минимальный и максимальный объем ЗУК.

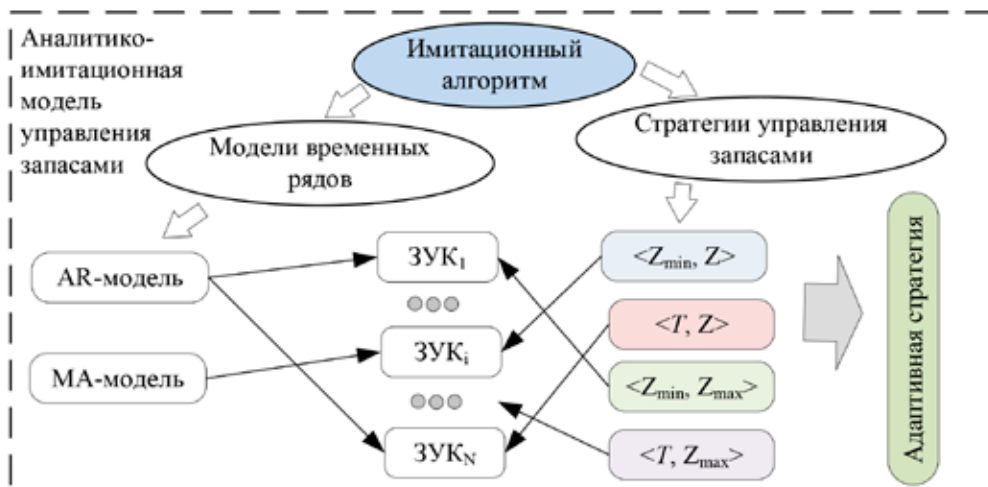


Рис. 2. Структура обобщенной аналитико-имитационной модели

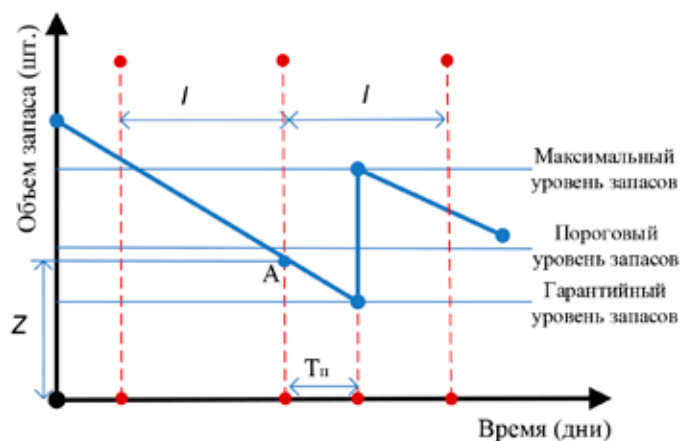


Рис. 3. Движение запасов по стратегии «минимум – максимум»

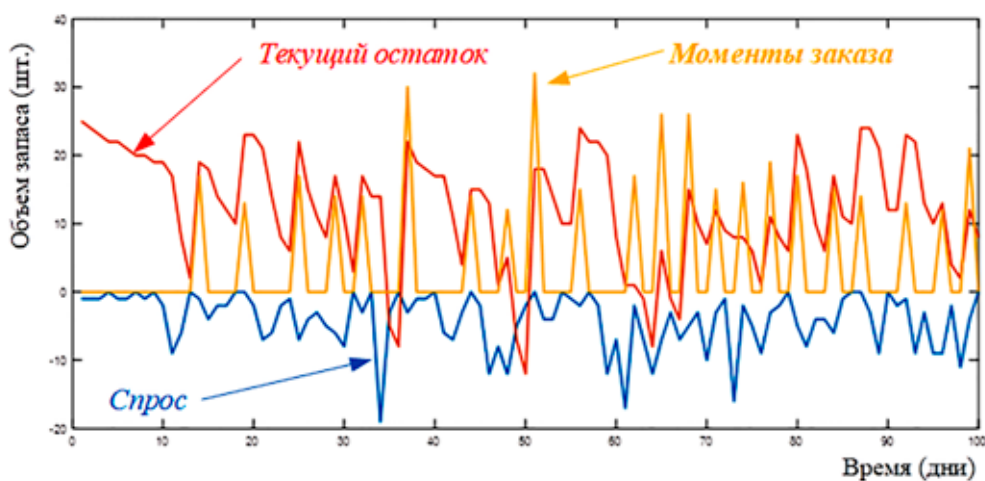


Рис. 4. Выборочная траектория потока спроса, текущих остатков и моментов заказов

Расчет этих параметров стратегии выполняется на основе показателей:

- оборота ЗУК за определенный период;
- промежутка времени между заказами – I ;
- продолжительности реализации заказа – T_p .

Процедура расчета включает шаги:

- сначала определяется дневной расход ЗУК. Выбирается определенный период производственного цикла АСП. Определяется оборот ЗУК на этом периоде. Берется отношение этого оборота к числу рабочих дней;
- гарантированный запас вычисляется как произведения задержки поставки на дневной оборот;
- пороговый уровень вычисляется как произведение дневного оборота на сумму времен поставки и выполнения заказа.

В рамках проведения экспериментов по анализу эффективности стратегии управления запасами «минимум – максимум» в ра-

боте последовательно используется функционал программно-инструментальной среды, который позволяет выполнить визуализацию потока спроса вместе с формированием ряда остатков и моментов оформления заявок на доставку очередной партии ЗУК (рис. 4).

В рамках использования процедуры построения временных рядов спроса и остатков можно получить предварительную информацию о некоторых показателях функционирования системы управления запасами.

Для решения задачи оптимизации при заданных параметрах использовалась процедура программно-инструментальной среды, позволяющая в заданной области построить зависимость интегрального критерия в зависимости от выбранного управляемого параметра, определяющего поведение стратегии управления запасами. Моделирование выполнялось для стратегии с параметрами, указанными в таблице.

Параметры Z_{min} и Z_{max} представляют собой точку заказа и максимальный желательный уровень запасов. В ходе моделирования системы управления запасами задача состояла в поиске оптимальных значений точки заказа и максимального желательного уровня запасов. Так, для значения Z_{max} , равного 20, была получена зависимость интегрального критерия от точки заказа, которая имеет минимум (рис. 5).

Однако для более точной оценки значения минимума будем использовать в дальнейшем квадратичную аппроксимацию сразу по нескольким аргументам.

Зафиксировав значения Z_{min} на уровне 12 единиц, получили зависимость интеграль-

ного критерия от максимального желательного заказа, которая также имеет минимум (рис. 6).

Таким образом, в результате моделирования получаются и визуально оцениваются оптимальные значения управляемых параметров для каждой отдельной стратегии управления запасами по каждой отдельной позиции ЗУК в зависимости от спроса и ценовых факторов хранения, поставок и упущенной прибыли.

Общая методика использования разработанной обобщенной аналитико-имитационной модели включает 10 шагов.

1. Формирование статистической базы данных потоков потребностей в ЗУК различной номенклатуры.

Значения параметров системы управления запасами

T_{mod}	Z_{min}	Z_{max}	T_n	s	g	h	X_r	mu
365	?	?	3	25	3	250	2	0,2

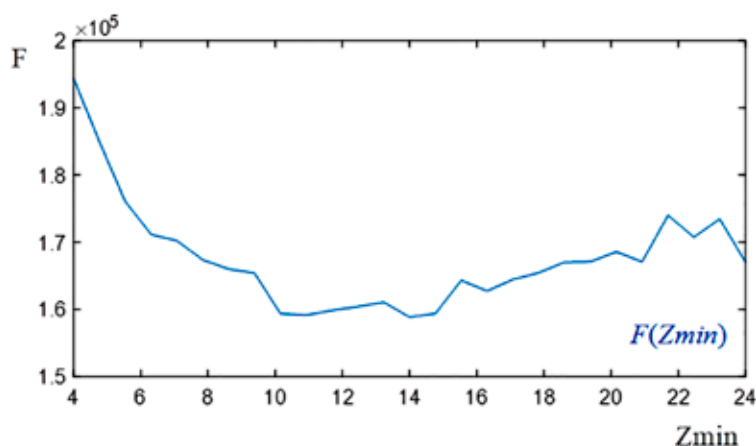


Рис. 5. Значения интегрального критерия в зависимости от точки заказа

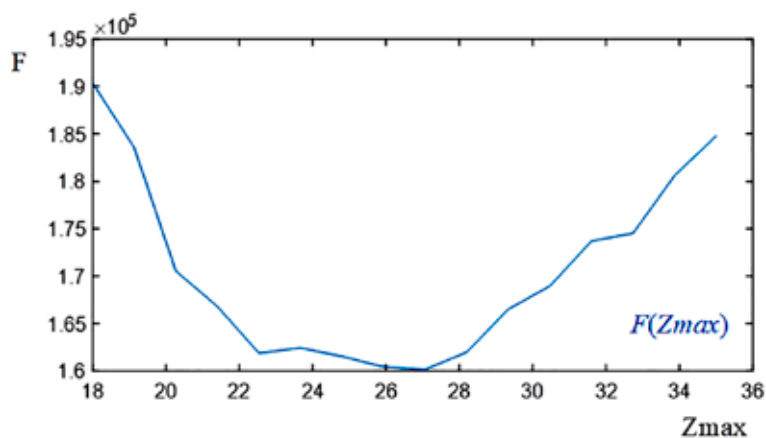


Рис. 6. Значения интегрального критерия в зависимости от максимального желательного объема запасов

2. Многомерный корреляционный и спектральный анализ потоков спроса на отдельные ЗУК.

3. Выбор параметров моделей генерации временных рядов заявок на различные комплектующие.

4. Формирование предположений и гипотез относительно параметризации стратегии управления запасами.

5. Моделирование системы управления запасами для сформированных потоков спроса.

6. Анализ и визуализация результатов для системы поддержки принятия решений по формированию стратегии управления запасами.

7. Построение регрессионных зависимостей оптимальных параметров стратегий управления от интенсивности спроса.

8. Сравнительный анализ эффективности стратегий управления при оптимальных параметрах и выбор наилучшей.

9. Формирование адаптивной стратегии с плавающим диапазоном управляемых параметров стратегии, оценка интегрального критерия при различных ценовых показателях хранения, доставки и дефицита ЗУК, а также значимости этих ценовых факторов на критерий.

10. Выработка управленческих решений по организации работы АСП в плане стратегии управления запасами.

Заключение

Разработана общая структура обобщенной аналитико-имитационной модели системы управления запасами с возможной параметризацией основными стратегиями, включая $\langle Z_{min}, Z \rangle$ – критическая с объемом Z ; $\langle T, Z \rangle$ – периодическая с объемом Z ; $\langle Z_{min}, Z_{max} \rangle$ – критическая до максимального объема Z_{max} ; $\langle T, Z_{max} \rangle$ – периодическая до максимального объема Z_{max} . Предложено использовать адаптивную стратегию с плавающими значениями точки заказа и максимального желательного объема, которые вычисляются на основе прогнозной регрессионной модели на каждом временном интервале между поставками партий ЗУК. Проведен ряд экспериментов на разработанной аналитико-имитационной модели, сделан вывод о том, что для различных интенсивностей потоков спроса, расходов на хранение и доставку ЗУК, а также потерь от отсутствия необходимого количества ЗУК необходимо использовать адаптивную процедуру выбора стратегий управления запасами. Предложена общая методика использования разработанной обобщенной аналитико-имитационной модели, которая может быть использована в подсистеме управления запасами АСП.

Список литературы

1. Аникин Б.А., Тяпухин А.П. Коммерческая логистика: учебник. М.: Проспект, 2018. 377 с.
2. Mandel A., Granin S. Optimization of Inventory Management Process. Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Logistics, Informatics and Service Science (LISS2018). Beijing: IEEE CFP18LIS-CDR, 2018. P. 178–182.
3. Tighazoui A., Turki S., Sauvey C., Sauer N. Optimal design of a manufacturing remanufacturing-transport system within a reverse logistics chain. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2019. Vol. 101. P. 1773–1791. DOI: 10.1007/S00170-018-2945-2.
4. Воронина И.Ф., Судак Ф.М., Подгорный Д.С. Совершенствование методики прогнозирования потребности в запасных частях автомобилей на предприятиях автосервиса // Вести Автомобильно-дорожного института. 2016. № 2. С. 16–22.
5. Tsolakis N., Srai J.S. Inventory planning and control in 'green' pharmacies supply chains – a System Dynamics modelling perspective. In: Computer Aided Chemical Engineering. Elsevier B.V. 2017. Vol. 40. P. 1285–1290. DOI: 10.1016/B978-0-444-63965-3.50216-6.
6. Ullah M., Asghar I., Zahid M., Omair M., AlArjani A., Sarkar B. Ramification of remanufacturing in a sustainable three-echelon closed-loop supply chain management for returnable products. J. Clean. Prod. 2021. 290. DOI: 10.1016/J.JCLEPRO.2020.125609.
7. Джонсон Ф., Линдерс М., Фирон Г., Флинн А. Управление закупками и поставками / Пер. с англ. 13-е изд. М.: Юнити-Дана, 2017. 751 с.
8. Wang X., Rodrigues V.S., Demir E. Managing your supply chain pantry: food waste mitigation through inventory control. IEEE Eng. Manag. Rev. 2019. Vol. 47. P. 97–102. DOI: 10.1109/EMR.2019.2915064.
9. Zarta 'Avila P. La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. Tabula Rasa. 2018. No. 28. P. 409–423. DOI: 10.25058/20112742.N28.18.
10. Горина В.В., Ширяев С.А. Оптимальное размещение готовой продукции в транспортно-складском комплексе на основе ABC-анализа // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2016. Т. 3. № 1 (4). С. 375–379.
11. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами / Пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2015. 304 с.
12. Гришин А.Ф., Кочерова Е.В. Статистические модели. Построение, оценка, анализ. М.: Финансы и статистика, 2005. 416 с.
13. Майзнер Н.А., Николаева М.Ю. Складская логистика / Под ред. Н.Ф. Хариной. 4-е изд. Владивосток: ТГЭУ, 2016. 180 с.
14. Рыжиков Ю.И. Теория очередей и управление запасами. 3-е изд. СПб.: Питер, 2017. 377 с.
15. Ahmed W., Moazzam M., Sarkar B., Ur Rehman S. Synergic effect of reworking for imperfect quality items with the integration of multi-period delay-in-payment and partial back-ordering in global supply chains. Engineering. 2021. No. 7. P. 260–271. DOI: 10.1016/J.ENG.2020.07.022.
16. Zic J., Zic S. Multi-criteria decision making in supply chain management based on inventory levels, environmental impact and costs. Advances in Production Engineering And Management. 2020. Vol. 15. P. 151–163. DOI: 10.14743/APEM2020.2.355.
17. Soto A.V., Chowdhury N.T., Allahyari M.Z., Azab A. & BAKI M.F. Mathematical modeling and hybridized evolutionary LP local search method for lot-sizing with supplier selection, inventory shortage, and quantity discounts. Computers & Industrial Engineering. 2017. Vol. 109. P. 96–112.
18. Takeda Berger S.L., Tortorella G.L., Frazzon E.M. Simulation-based analysis of inventory strategies in lean supply chains. IFAC-PapersOnLine. 2018. Vol. 51. P. 1453–1458. DOI: 10.1016/J.IFACOL.2018.08.310.
19. Wu W., Zhou W., Lin Y., Xie Y., Jin W. A hybrid meta-heuristic algorithm for location inventory routing problem with time windows and fuel consumption. Expert Syst. Appl. 2021. № 166. DOI: 10.1016/J.ESWA.2020.114034.

УДК 621.833.15

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ И ПОЛОЖЕНИЯ ДИСКА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ В ЗУБЧАТОМ КОЛЕСЕ

Ивашченко А.П.

*Камышинский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,
Камышин, e-mail: ivaschenko@kti.ru*

В статье с помощью метода конечных элементов (МКЭ), реализованного в одной из программ для САЕ расчетов, рассматривается влияние формы и положения диска зубчатого колеса на напряженно-деформированное состояние (НДС) геометрически точных твердотельных моделей девяти различных по конструкции вариантов цилиндрических зубчатых колес. Колесо сопряжено с простой по форме шестерней. Построены картины распределения напряжений для каждого варианта зубчатого колеса, определены максимальные эквивалентные напряжения фон Мизеса и контактные давления в зоне сопряженных поверхностей зубьев передач. Рассчитаны максимальные напряжения в теле диска. Определены моменты инерции колеса относительно оси вращения с его массой, максимальные деформации в зоне контактирующих поверхностей зубьев передачи. Вычислены расчетные и допускаемые контактные напряжения по стандартным методикам, которые приведены в различных рекомендациях и нормах. Показано, что форма диска и его положение относительно плоскости симметрии зубчатого колеса, которая делит пополам его венец по ширине, значительно влияют на НДС в различных областях этого колеса. Даны рекомендации по выбору из рассмотренных вариантов таких зубчатых колес, которые обладают высокой прочностью, технологичностью изготовления.

Ключевые слова: прямозубая зубчатая передача, оценка прочности, оценка деформаций, оценка НДС в диске зубчатого колеса, напряжения фон Мизеса

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE FORM AND POSITION OF THE DISK ON THE STRESS-STRAIN STATE IN THE GEARWHEEL

Ivashchenko A.P.

*Kamyshin Technology Institute (branch) of the Volgograd State Technical University,
Kamyshin, e-mail: ivaschenko@kti.ru*

In the article, using the finite element method (FEM), implemented in one of the programs for CAE calculations, the influence of the shape and position of the gear disk on the stress-strain state (SSS) of geometrically accurate solid models of nine different designs of spur gears is considered. Wheel is connected to a simple gear. Stress distribution patterns are constructed for each variant of the gearwheel, the maximum equivalent von Mises stresses and contact pressures in the zone of mating surfaces of the gear teeth are determined. The maximum stresses in the disk body are calculated. The moments of inertia of the wheel relative to the axis of rotation with its mass, the maximum deformations in the zone of contacting surfaces of the gearwheel teeth are determined. The design and allowable contact stresses are calculated by standard methods, which are given in various recommendations and standards. It is shown that the shape of the disk and its position relative to the plane of symmetry of the gearwheel, which bisects its crown in width, significantly affect the SSS in various areas of this wheel. Recommendations are given for choosing from the considered variants of gears, those that have high strength, manufacturability.

Keywords: straight cylindrical gears, strength assessment, strain assessment, assessment of SSS in the gearwheel disk, von Mises stress

В машиностроении распространение получили приводы машин, состоящие из механизмов, которые включают в себя узлы, соединяющие двигательные и исполнительные устройства между собой. Узлы механизмов, как правило, содержат механические передачи редукторного типа. Одной из разновидностей таких передач являются простые зубчатые цилиндрические передачи, которые состоят из шестерни и колеса, причем основной их задачей является передача вращающего момента шестерней колесу с понижением частоты вращения колеса из-за наличия передаточного отношения. Работа таких передач осуществляется под действием нагрузок, которые вызывают упругие деформации элементов привода.

Учет упругих деформаций является важной задачей на этапе проектирования, так как они влияют на правильную работу механизма, например в зубчатых передачах приводят к неравномерности распределения усилий по контактной линии сопряженных зубьев, шуму, к недостаточной приработке зубьев, различным колебаниям и пр. Расчет всех возможных упругих деформаций элементов привода классическими методами – достаточно трудная задача [1], поэтому обычно рассчитывают только деформации изгиба зубьев, кручения ободьев или тел колес и изгиба валов. В статье [2] авторы рассмотрели возможности топологической оптимизации при проектировании зубчатых шестерней с получением жестких конструк-

ций меньшей массой на 10–18% по сравнению с колесами, получаемыми традиционными методами. В работе [3] авторы разработали рекомендации по наблюдению за зубчатыми колесами с помощью анализа НДС в ANSYS их твердотельных геометрических моделей без необходимости демонтажа. Авторы в источнике [4] при анализе действующей нормативно-технической документации выявили отсутствие единых подходов к оценке технического состояния зубчатых передач при проведении экспертизы надежности, в том числе учитывая возможные деформации и другие факторы, влияющие на их работу. В статье [5] приведен анализ напряжений и деформаций зубчатых колес из различных материалов без учета формы тела колеса, с целью замены широко применяемых материалов композитными. Оценка НДС колес с целью предупреждения и выявления на ранней стадии проектирования областей, в том числе в труднодоступных местах (например, диск и ступица колеса), без их демонтажа, с высокими концентрациями напряжений или деформаций является на сегодняшний момент актуальной задачей, так как позволяет повысить технологичность изделия, минимизировать издержки эксплуатации и предотвратить преждевременные поломки. Выполнение задач подобного типа на этапе проектирования можно осуществить на основе использования МКЭ алгоритмов, которые могут поставляться как отдельный комплекс CAE расчетов (ANSYS и др.), так и быть встроенными CAE модулями в CAD системы, например: Компас 3D APM FEM, SOLIDWORKS Simulation, T-Flex CAD Анализ.

В статье рассматривается влияние формы и положения диска зубчатого колеса с помощью МКЭ алгоритмов на напряжения и деформации колеса, в том числе в зоне сопряженных зубьев в статической постановке, что позволяет снизить трудоемкость работы конструкторов при выборе рационального варианта конструкции зубчатого колеса, так как такие расчеты можно выполнить без экспериментальных данных, а предлагаемый вариант исследования может быть применен на практике.

Цель исследования – оценить, как форма диска и его положение относительно плоскости симметрии зубчатого колеса, которая делит пополам его венец по ширине, влияют на НДС в различных областях этого колеса, с целью выбора из представленных в статье конструкций колес, обладающих высокой прочностью, технологичностью изготовления.

Материалы и методы исследования

Из многообразия возможных вариантов конструкций цилиндрических зубчатых колес выбраны пять различных типов, которые отличаются формой и положением диска, а также являются распространенными в общем машиностроении, причем в двух типах рассматриваются три разные толщины диска при одинаковой форме. Всего в исследовании участвуют девять различных вариантов зубчатых колес (рис. 1), каждое из которых сопряжено с простой по конструкции шестерней.

Геометрические параметры тел (венца, диска, ступицы) зубчатых колес приняты на основании рекомендаций в классической литературе [6], причем точные по форме твердотельные модели построены в программе КОМПАС-3D [7] с помощью встроенных библиотек, где конструктивные параметры зацепления определены в соответствии с ГОСТ 16532–70. Зубчатая передача – прямозубая, число зубьев шестерни $z = 18$ шт., колеса $z_2 = 45$ шт., модуль $m = 10$ мм. Нормальный исходный контур принят согласно ГОСТ 13755-2015. Ширина зубчатой шестерни $b_{w1} = 130$ мм, колеса $b_{w2} = 130$ мм. Передаточное число $u = 2,5$. Межосевое расстояние $a_w = 315$ мм. Диаметр вершин зубьев шестерни $d_{a1} = 200$ мм, колеса $d_{a2} = 470$ мм. Угол зацепления $\alpha_{nw} = 20^\circ$, колеса выполнены без смещения инструмента. Посадочный диаметр отверстия шестерни 70 мм, ступицы колеса $d_k = 100$ мм, острые кромки притуплены фаской $z = 2,5$ мм. Размеры шпоночных пазов приняты в соответствии с ГОСТ 23360-78. Диаметр ступицы колеса $d_{st} = 150$ мм. Внутренний диаметр обода колеса $d_s = 377$ мм. Диаметр расположения центров отверстий в диске колеса $d_c = 264$ мм, диаметр отверстий в диске $d_o = 45$ мм. Отверстий в диске предусмотрено восемь штук, но в третьем варианте колеса (рис. 1) из-за наличия ребер жесткости – шесть штук, острые кромки в отверстиях диска во втором и третьем вариантах колеса притуплены скруглениями радиусом 2 мм. На торцах зубчатого венца (зубьях и углах обода), а также на торцах ступицы предусмотрены фаски $f = 4$ мм. В колесе № 1 (рис. 1) толщина диска 122 мм, что на две величины фаски f меньше ширины b_{w2} . В колесе № 2 диск имеет торообразные симметричные кольцевые выточки с двух сторон, причем в наименьшем сечении диска его толщина равна $C_2 = 46$ мм, что составляет $0,35b_{w2}$. В колесе № 3 диск имеет наклон в 10° , отстоит от левого торца ступицы на 9 мм, толщина его $C_2 = 0,2b_{w2} = 26$ мм, шесть равномерно расположенных ребер жесткости имеют толщину $t = 21$ мм.

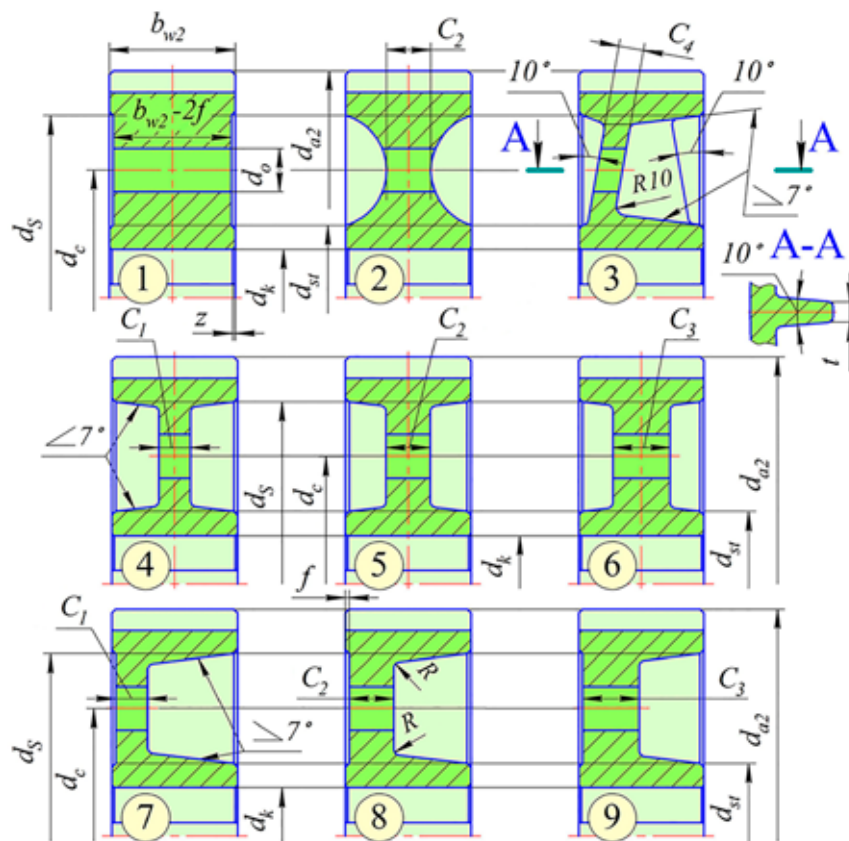


Рис. 1. Девять различных вариантов исследуемых по конструкции зубчатых колес

В колесах № 4, 5, 6 диск симметрично расположен относительно плоскости симметрии зубчатого колеса, которая делит пополам его венец по ширине, имеет толщину, равную $C_1 = 33$ мм, что составляет $0,25b_{w2}$, $C_2 = 46$ мм, $C_3 = 59$ мм или $0,45b_{w2}$ соответственно. В колесах № 7, 8, 9 диск расположен несимметрично, отстоит от левого торца колеса на величину фаски f , имеет толщину, равную $C_1 = 33$ мм, $C_2 = 46$ мм, $C_3 = 59$ мм соответственно. Радиусы скруглений в местах перехода диска в обод и ступицу равны $R = 6$ мм, за исключением одного места в варианте № 3 (рис. 1). Шестерня и колесо изготовлены из конструкционной углеродистой качественной стали марки 50, имеющей предел текучести 530 МПа, предел прочности 760 МПа, твердость рабочих поверхностей 228–255 НВ, модуль упругости $2,16 \cdot 10^5$, материал в расчетах принимается линейно-упругим, однородным, изотропным. Вращающий момент равномерно приложен к внутренней поверхности посадочного отверстия шестерни и к одной из граней шпоночного паза, равен $T_1 = 1142$ Нм. Мощность, передаваемая шестерней, составляет 24 кВт.

Исследование численными методами НДС зубчатых колес (рис. 1) проведено в SOLIDWORKS Simulation [8]. В расчетах введены допущения, то есть не рассматриваются погрешности изготовления и монтажа зубчатой передачи, не учитываются форма и размеры валов и их опор, на которых закреплены зубчатые колеса, за исключением посадочных отверстий и прилегающих поверхностей, к которым приложены ограничения, отражающие реальную работу колес в механизме. Применены ограничения трех видов. Первое ограничение имитирует соосное расположение посадочного отверстия шестерни на ведущем валу и позволяет совершать ей поворот вокруг своей оси на 360 градусов, запрещая ей перемещения в двух взаимно перпендикулярных радиальных направлениях. Второе ограничение – это полное закрепление посадочного отверстия колеса и одной из граней шпоночного паза, что имитирует соосное расположение колеса относительно ведомого вала, а также силы производственного сопротивления при работе передачи. Третье ограничение ограничивает перемещения шестерни и колеса в осевом направлении, что имитирует

установку смежных деталей, в том числе опор. Также применен ряд стандартных сопряжений, которые позволяют геометрически правильно расположить в трехмерном пространстве элементы зубчатой передачи друг относительно друга на заданном межосевом расстоянии. Для передачи вращающего момента от шестерни к колесу создано контактное ограничение для рабочих поверхностей боковых эвольвентных профилей зубьев в области их сопряжения без проникновения. Произведено построение тетраэдральной конечно-элементной сетки, причем размер сетки менялся от 1 до 5 мм, что позволило в местах плавных переходов в основании зубьев и скруглениях получить более мелкую сетку. В области сопряженных поверхностей зубьев передачи сетка была уменьшена до 0,5 мм, так как в этих местах предполагались большие градиенты напряжений. Число рассматриваемых объемных конечных элементов сетки по всем вариантам колес (рис. 1), включая шестерню, приведено в таблице 1.

Для принятых в исследовании параметров зубчатой передачи с учетом свойств материала определены расчетные и допускаемые контактные напряжения с помощью прикладных библиотек программного обеспечения КОМПАС-3D, в которых напряжения определяются в соответствии с ГОСТ 21354-87, а также с помощью программного обеспечения [9] по методике расчета зубчатых передач, используемой в литературе [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведено исследование статической прочности с помощью МКЭ алгоритмов для девяти вариантов зубчатых передач с построением картины распределения напряжений, определением максимальных эквивалентных напряжений фон Мизеса (von Mises) и контактных давлений (CP) в зоне сопряженных поверхностей зубьев передач. Рассчитаны максимальные напряжения в теле диска с учетом переходных участков (скругления между диском со ступицей и ободом), а в третьем варианте – с учетом ребер жесткости. Вычислены моменты инерции колеса относительно оси вращения с его массой. Определены максимальные деформации в зоне контактирующих поверхно-

стей зубьев передачи. Данные представлены на рисунках 2–4 и обобщенном графике (рис. 5). Для детальной оценки напряжений в диске зубчатого колеса и построения картины распределения напряжений (рис. 2–4) проведено зондирование его поверхностей с целью определения максимальной величины напряжений в каждом варианте. В седьмом варианте из всех рассмотренных напряжения в диске с учетом переходных участков достигают наибольших значений в 23 МПа, поэтому это значение на рисунках 2–4 принято в качестве промежуточного числа, которое разделило шкалу напряжений на две части – от 0 до 23 МПа и свыше 23 МПа, что позволило в каждом варианте использовать единую шкалу измерений напряжений для наглядности результатов.

В колесе по варианту № 1 (рис. 2, 5) в зоне контактирующих зубьев передачи деформации достигают минимальной величины в 11 мкм, эквивалентные напряжения в теле диска колеса незначительны и составляют 5,4 МПа, что является минимальным значением во всех вариантах, при этом его масса максимальна и равна 134 кг. Если необходимо колесо с высокой жесткостью, то предпочтителен вариант № 1 из рассмотренных. Колесо в варианте № 2 (рис. 2, 5) по уровню напряжений и контактных давлений сопоставимо с колесом № 6 (рис. 3, 5), но обладает на 6% большей массой и на 20% большими деформациями.

Колесо в варианте № 3 (рис. 2, 5) по уровню напряжений в диске сопоставимо с колесом № 9 (рис. 4, 5), но из-за большей величины деформаций и уровня напряжений в зоне контактирующих зубьев является менее предпочтительным, хотя и обладает на 10% меньшей массой. Колесо в варианте № 4 (рис. 3, 5) по уровню деформаций в зоне сопряженных зубьев сопоставимо с колесом № 3 (рис. 2, 5), но из-за наличия тонкого диска без ребер жесткости уровень напряжений в диске выше на 15%, что делает колесо № 4 предпочтительным, если необходимо выдержать примерно одинаковую толщину обода, диска и ступицы (рис. 1) при минимальной массе. Колесо № 5 (рис. 3, 5) по уровню деформаций в зоне контактирующих зубьев сопоставимо с колесом № 2 (рис. 2, 5), но обладает более высоким уровнем напряжений.

Таблица 1

Количество объемных конечных элементов сетки

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество элементов, млн	2,7651	2,3489	2,3111	2,1404	2,2335	2,3382	2,1403	2,1838	2,3259

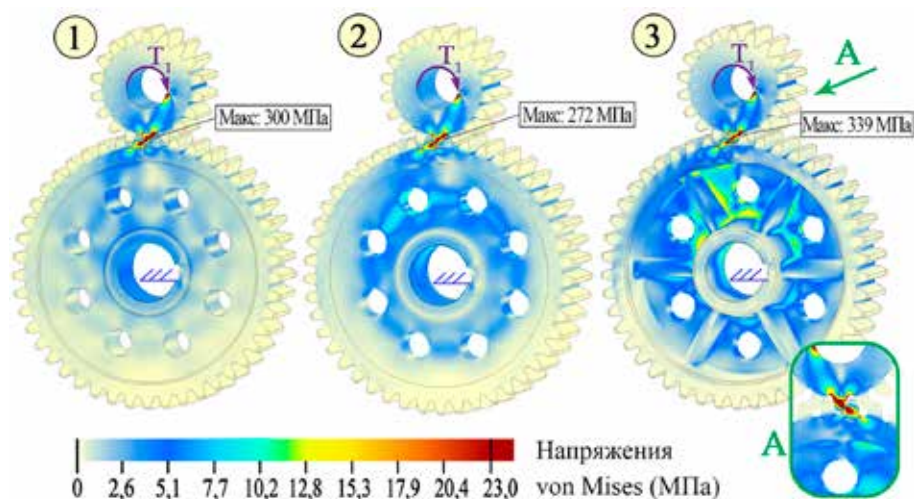


Рис. 2. Распределение напряжений в зубчатых передачах по вариантам № 1, 2, 3

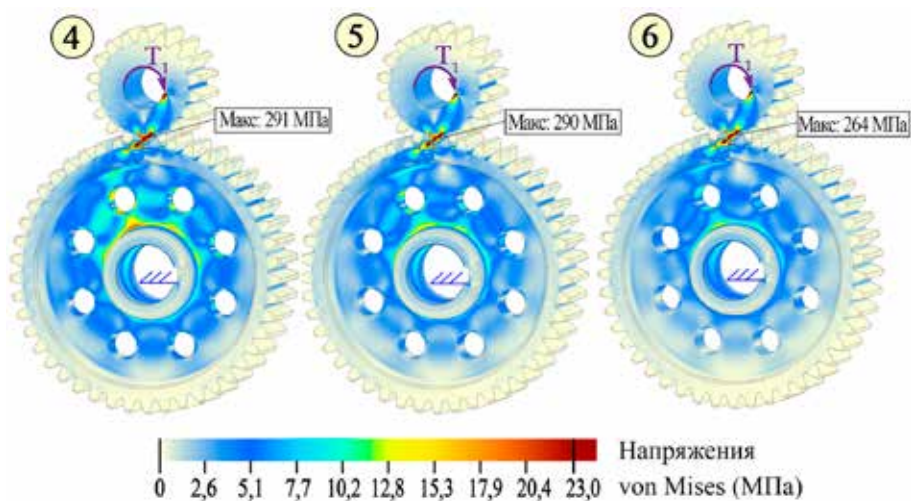


Рис. 3. Распределение напряжений в зубчатых передачах по вариантам № 4, 5, 6

Колесо в варианте № 7 (рис. 4, 5) является наименее предпочтительным как по уровню деформаций, так и по уровню напряжений и контактных давлений из-за несимметрично расположенного тонкого диска, который удален на максимальном расстоянии от плоскости симметрии зубчатого колеса, которая делит пополам его венец по ширине, причем наблюдается значительная неравномерность распределения уровня напряжений в зоне сопряженных зубьев. С точки зрения технологичности изготовления при невысокой массе предпочтительно использовать колесо в варианте № 8 (рис. 4, 5), хотя уровень эквивалентных напряжений и деформаций по сравнению с колесом № 5 (рис. 3, 5) выше.

Колеса с несимметричным расположением диска необходимо использовать в обо-

снованных случаях, так как на рисунках 2, 4 можно увидеть значительную неравномерность распределения эквивалентных напряжений по ширине зубьев в области их сопряжения и недостаточную жесткость венца колеса из-за увеличенных его деформаций (рис. 5).

На рисунке 5 приведен обобщенный график исследуемых параметров зубчатых колес, где по горизонтальной оси отмечены их номера, а по вертикальной – измеряемые значения.

Допускаемые и расчетные контактные напряжения, вычисленные с помощью прикладных библиотек КОМПАС-3D в соответствии с ГОСТ 21354-87, составляют 527 МПа и 414 МПа, с помощью программного обеспечения [9] – 473 МПа и 479 МПа соответственно.

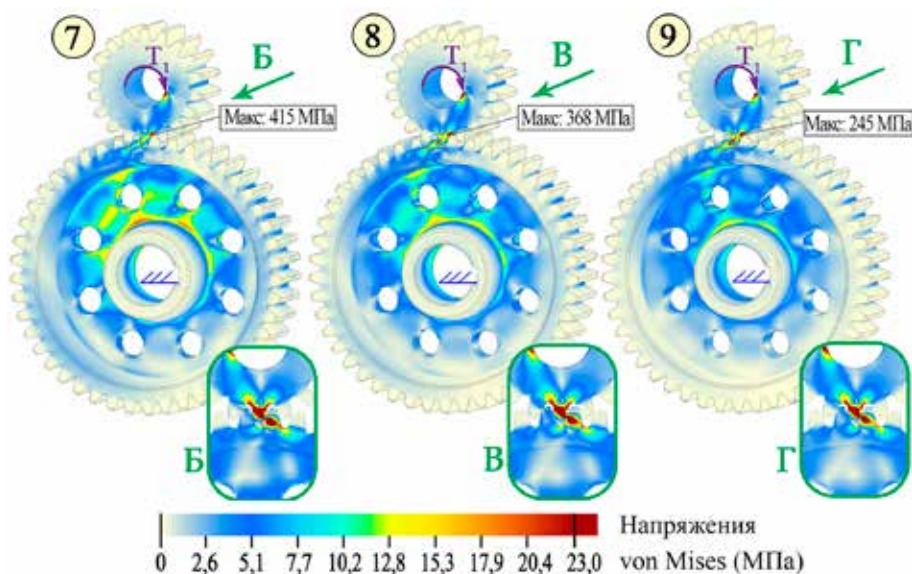


Рис. 4. Распределение напряжений в зубчатых передачах по вариантам № 7, 8, 9

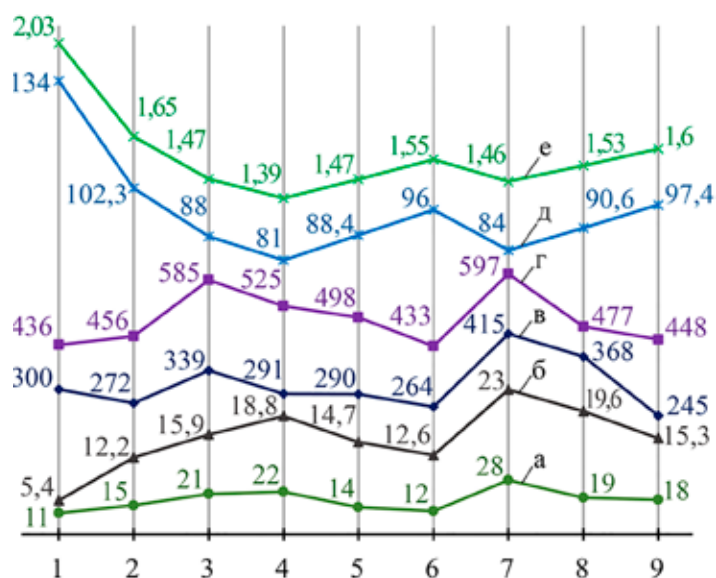


Рис. 5. Обобщенный график рассматриваемых параметров исследуемых передач:
а – максимальные перемещения контактирующих зубьев передачи (мкм),
б – максимальные эквивалентные напряжения в диске (МПа), в – максимальные эквивалентные напряжения в зоне сопряженных зубьев (МПа), г – максимальное контактное давление (СР) в зоне контактирующих поверхностей зубьев (МПа),
д – масса колеса (кг), е – момент инерции колеса относительно оси вращения ($\text{кг}\cdot\text{м}^2$)

Сравнивая значения контактных давлений (СР) (рис. 5), полученных с помощью МКЭ алгоритмов, с контактными напряжениями, которые определены стандартными методами, можно подтвердить вышесказанные рассуждения по рисункам 2–4 и расположить колеса по мере предпочтительности НДС/массы. Наиболее близкие по значениям СР к расчетным значениям контактных

напряжений по ГОСТ 21354-87 в колесе № 1, отличие в 5%, поэтому этот вариант конструкции колеса будем считать наиболее прочным и предпочтительным с точки зрения распределения НДС. Следующее колесо – № 5 (рис. 1, 5), СР меньше допускаемых по ГОСТ 21354-87 на 5,8%, деформации в зоне контактирующих зубьев незначительны, а конструкция колеса обладает

на 34% меньшей массой и на 28% меньшим моментом инерции по сравнению с колесом № 1. Далее выделим колесо № 6, картина НДС лучше (рис. 3, 5), при этом наблюдается увеличение массы на 8% и на 5% – момента инерции по сравнению с колесом № 5. Потом колесо № 2 (рис. 2, 3, 5) – НДС близко к колесам № 5 и 6, но при сравнении с массой колеса № 5 видно ее увеличение на 14%, и на 11% больше момент инерции. Затем колеса № 9 и 8 (рис. 1, 4), так как из-за несимметричности расположения диска относительно плоскости симметрии зубчатого колеса, которая делит пополам его венец по ширине, распределение НДС по ширине колеса неравномерное, но они предпочтительны с точки зрения простоты изготовления, например в [9] рекомендуют использовать односторонние подкладные штампы и свободную ковку в сочетании с более толстой стенкой диска для снижения влияния термической обработки на геометрическую форму.

Заключение

В статье показано, что форма диска и его положение (рис. 1) относительно плоскости симметрии зубчатого колеса, которая делит пополам его венец по ширине, значительно влияют на НДС в различных областях этого колеса (рис. 2–5). Из рассмотренных девяти вариантов конструкций цилиндрических зубчатых колес для одного варианта сочетания геометрических параметров из множества возможных можно сделать вывод, что колесо № 1, имеющее простую конструктивную форму, является предпочтительным, так как обладает высокой прочностью и жесткостью (рис. 2, 5). Следует также предпочитать колеса с симметричным расположением диска толщиной более 35% от его ширины (варианты № 2, 5, 6, рис. 1–3, 5) из-за более равномерной картины распределения напряжений в зоне сопряженных зубьев, хотя они менее прочные и жесткие, но позволяют значительно снизить металлоемкость колеса. Технологичны в изготовлении колеса с несимметричным расположением диска толщиной более 35%

его ширины (варианты № 8, 9, рис. 1), так как позволяют использовать простые методы их получения с экономией материала.

Предлагаемое исследование различных вариантов по конструкции зубчатых колес позволяет конструктору на стадии проектного расчета выбрать более рациональную форму, что в дальнейшем минимизирует издержки производства и эксплуатации, причем оценку НДС колес в зависимости от положения диска необходимо дополнять классическими методами расчета по различным рекомендациям и нормам.

Список литературы

1. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1993. 639 с.
2. Васильев Б.Е., Калинин Д.В., Свинаярева М.С., Гудков Н.А. Анализ возможности применения топологической оптимизации при проектировании зубчатых передач // Машины и Установки: проектирование, разработка и эксплуатация. 2017. № 3. С. 35–45. DOI: 10.7463/aplts.0317.0000072.
3. Кузьмицкий М.Л., Ксенофонтов Н.М., Базавлук И.Н. Определение уровня напряжений на колесах открытых зубчатых передач // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2013. №3 (19). С. 55–63.
4. Панасенко Н.Н., Яковлев П.В. Экспертиза надежности зубчатых передач грузоподъемных кранов морских портов и транспортных терминалов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 1. С. 105–118. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-1-105-118.
5. Garic Slobodan, Ivanovic Lozica, Stojanovic Blaza, Miladinovic Slavica, Milovanovic Vladimir. Numerical analysis of aluminum composite cylindrical gears. 3 rd International scientific conference COMETA. Jahorina. B&H. RS. 2016. P. 147-154.
6. Дунаев П.В., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие / под ред. О.А. Ряховского. 13-е изд., испр. и доп. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 564 с.
7. Головнев В. КОМПАС-3D: путь от «Шафта» к «Валам и механическим передачам» // САПР и графика. 2013. № 5. С. 22-23.
8. Андрианов С., Зуев Е. Новые возможности расчетных модулей SOLIDWORKS Simulation и Flow Simulation 2022 // CADMASTER. 2021. №3. С. 40–42.
9. Иващенко А.П., Неумоина Н.Г. Расчет цилиндрических зубчатых передач в среде Microsoft Office // Свидетельство о регистрации программы на ЭВМ. №2015660682. 2016.
10. Иванов М.Н., Финогенов В.А. Детали машин: учебник для студентов высших технических учебных заведений. М.: Абрис, 2013. 407 с.

УДК 004

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДХОДОВ И МЕТОДОВ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПО КАТЕГОРИЯМ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

¹Кийкова Е.В., ²Кийкова Д.А.¹ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»,
Владивосток, e-mail: elena_kiykova@list.ru;²НИУ ИТМО, Санкт-Петербург, e-mail: daria_kiykova@list.ru

Сфера здравоохранения в России делится на три уровня: федеральный, региональный и уровень медицинских организаций. В данной работе рассматриваются особенности цифровой трансформации на уровне медицинских организаций. Для проведения цифровой трансформации медицинской организации следует учитывать особенности различных видов медицинских организаций для того, чтобы использовать подходящие конкретному виду медицинской организации подходы и методы. В работе рассмотрены пять подходов и четыре метода цифровой трансформации медицинских организаций, исследована классификация медицинских организаций. В работе проведен анализ на предмет применения рассмотренных подходов и методов в каждом типе медицинской организации. В ходе проведенного исследования выявили наиболее распространенные подходы: в зависимости от иницилирующей стороны, в зависимости от типа стратегии, проектный. Также были выявлены наиболее применимые методы: во всех типах медицинских организаций может быть использован метод на основе проекта «Бережливая поликлиника», вторым по частоте упоминания как возможный для использования стал метод на основе «Методических рекомендаций по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием». Результаты анализа подходов и методов позволяют каждой медицинской организации выработать своё решение для проведения цифровой трансформации.

Ключевые слова: подходы к цифровой трансформации, методы цифровой трансформации, цифровизация здравоохранения, цифровая трансформация, цифровая трансформация медицинских организаций

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF APPROACHES AND METHODS OF DIGITAL TRANSFORMATION BY CATEGORIES OF MEDICAL ORGANIZATIONS

¹Kiykova E.V., ²Kiykova D.A.¹Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok,
e-mail: elena_kiykova@list.ru;²ITMO University, St. Petersburg e-mail: daria_kiykova@list.ru

The healthcare sector in Russia is divided into three levels: federal, regional and the level of medical organizations. This paper discusses the features of digital transformation at the level of medical organizations. To conduct a digital transformation of a medical organization, should be considered the characteristics of various types of medical organizations in order to use suitable approaches and methods. The paper considers five approaches and four methods of digital transformation of medical organizations, and studies the classification of medical organizations. The paper analyzes the application of the considered approaches and methods in each type of medical organization. In the course of the study, the most common approaches: depending on the initiating party, depending on the type of strategy, project approach. The most applicable methods were also identified: in all types of medical organizations, the method based on the Lean Polyclinic project can be used, the second most frequently mentioned as possible for use was the method based on the Guidelines for the Digital Transformation of Public Corporations and Companies with State Participation. The results of the analysis of approaches and methods allow each medical organization to develop its own solution for digital transformation.

Keywords: approaches to digital transformation, methods of digital transformation, digitalization of healthcare, digital transformation, digital transformation of medical organizations

Для проведения цифровой трансформации медицинских организаций необходимо учитывать особенности различных видов медицинских организаций (МО). Поэтому в процессе цифровизации и цифровой трансформации должны применяться различные подходы и методы.

Цифровизация и цифровая трансформация здравоохранения – это комплексные процессы, которые включают в себя множество элементов. Основное направление в цифровизации здравоохранения в Рос-

сии – создание единого цифрового контура. В рамках нацпроекта «Здравоохранение» с 2019 года в России стартовала работа над федеральным проектом «Создание единого цифрового контура здравоохранения на основе ЕГИСЗ» [1]. Это один из 8 проектов, входящих в нацпроект. Его результаты должны стать инструментом для реализации остальных семи федеральных проектов здравоохранения. Единый цифровой контур позволит повысить эффективность функционирования системы здравоохранения пу-

тем создания механизмов взаимодействия медицинских организаций на основе единой государственной системы в сфере здравоохранения и внедрения цифровых технологий и платформенных решений до 2024 года,

формирующих единый цифровой контур здравоохранения [2; 3].

Целью исследования является анализ и выявление подходов и методов для цифровой трансформации МО различных типов.

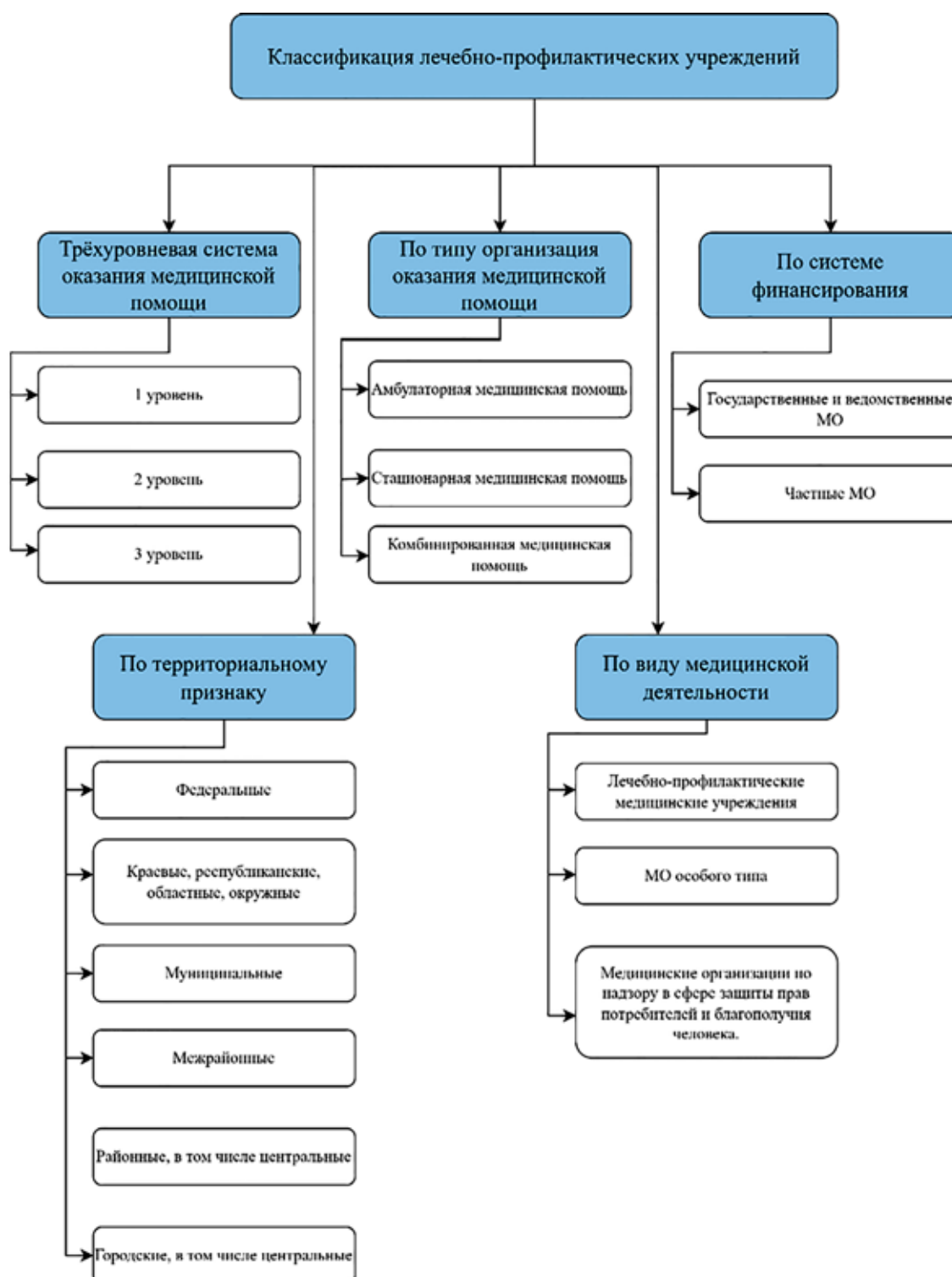


Рис. 1. Классификация лечебно-профилактических учреждений

Материал и методы исследования

В проведенном нами исследовании для проведения анализа применения подходов и методов цифровой трансформации МО анализировались: метод на основе проекта «Бережливая поликлиника», метод четырех уровней, методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием, метод на основе оценки зрелости инфраструктуры. Были рассмотрены подходы к цифровой трансформации медицинских организаций: подход в зависимости от иницилирующей стороны; подход в зависимости от типа стратегии; подход в зависимости от типа изменений; подход в зависимости от модели оказания медицинской помощи; проектный подход.

Результаты исследования и их обсуждение

Выделяют следующие классификации лечебно-профилактических учреждений (рис. 1):

- по типу организации оказания медицинской помощи;
- по типу финансирования;
- по виду медицинской деятельности;
- классификация медицинских организаций государственной и муниципальной систем здравоохранения по территориальному признаку;
- по трем уровням [4; 5].

Рассмотрим, какие методы и подходы могут быть использованы для цифровой трансформации МО.

Выделяют пять подходов к цифровой трансформации МО:

- 1) подход в зависимости от иницилирующей стороны;
- 2) подход в зависимости от типа стратегии;

3) подход в зависимости от типа изменений;

4) подход в зависимости от модели оказания медицинской помощи;

5) проектный подход [6].

На рисунке 2 представлены подходы и типы каждого подхода.

Для проведения цифровой трансформации медицинских организаций можно воспользоваться одним из четырех методов [6].

Первый метод – метод четырех уровней, предполагает развитие цифровых стратегий на четырех уровнях деятельности (маркетинг, цифровой канал; совершенствование ИТ и бизнес-процессов; цифровизация существующих и создание новых цифровых продуктов и услуг; совершенствование бизнес-модели) [7].

Второй метод основан на методических рекомендациях по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием [8].

Третий метод – проект «Бережливая поликлиника». Хотя это полноценный проект, наличие методических рекомендаций [9] позволяет рассмотреть его как один из методов цифровой трансформации.

Четвертый метод основан на оценке зрелости инфраструктуры. Оценка зрелости инфраструктуры позволяет выявить слабые места организации, дает понимание возможностей инфраструктуры информационных технологий организации. Благодаря этому становится возможным выстроить дорожные карты постепенного перехода от одного уровня зрелости к другому [10].

В таблицах 1-3 представлены возможные для применения в рамках цифровизации и цифровой трансформации методы и подходы для различных типов МО.

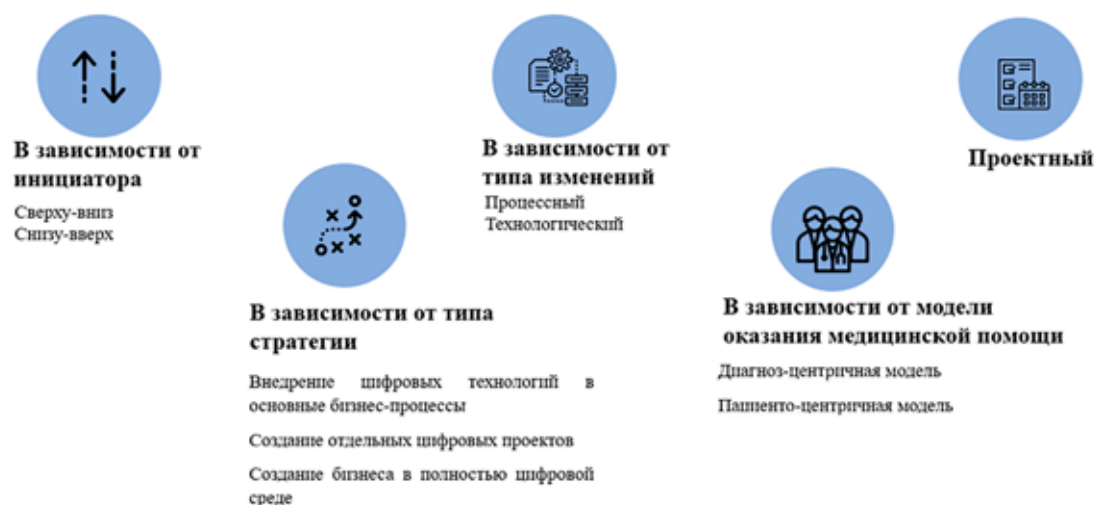


Рис. 2. Подходы цифровой трансформации медицинских организаций

В таблицах рассмотрены МО следующих классификаций: по уровням оказания медицинской помощи, по типу организации оказания медицинской помощи и по типу финансирования. Классификации по территориальному признаку и по виду медицинской деятельности не рассматривались, так как они перекрываются классификацией по трем уровням и по типу финансирования.

Для цифровизации и цифровой трансформации медицинских организаций всех трех уровней возможно использовать методы на основе проекта «Бережливая поликлиника», «Методических рекомендаций ЦТГК» и на основе оценки зрелости инфраструктуры. Для данных методов могут быть использованы подходы в зависимости от иницилирующей стороны (сверху-вниз) и проектный подход. Подход «снизу-вверх» может быть использован, но в меньшей степени. Например, в учреждениях первого уровня цифровизируются типовые процессы для данных типов учреждений.

Для медицинских организаций уровней два и три особенно важно использовать метод на основе оценки зрелости инфраструктуры. Он необходим, так как цифровизация стационаров и многопрофильных лечебных учреждений технически сложнее, чем медицинских организаций, относящихся к первому уровню.

В таблице 2 рассмотрены методы и подходы для цифровизации и цифровой трансформации медицинских организаций

в соответствии с классификацией по типу оказания медицинской помощи.

Разные подходы нужны при подключении стационаров и амбулаторий. Проведение цифровизации и цифровой трансформации в стационаре может быть технически сложнее проекта внедрения в амбулатории. Важно учитывать специфику процессов медицинской деятельности этих учреждений. В амбулаторных медицинских учреждениях происходит цифровизация отдельных рабочих мест. В стационарах же информатизация выходит на новый уровень – взаимодействие происходит на уровне отделений стационара. В амбулаторном учреждении процессы медицинской деятельности ведут пациента от врача к врачу. В стационаре пациент перемещается между отделениями, а далее работа с пациентом ведется уже внутри отделения. В отделениях стационара также внедряются АРМ специалистов, но затем необходимо цифровизовать процессы медицинской деятельности между отделениями стационара [11].

В таблице 3 рассмотрены методы и подходы для цифровизации и цифровой трансформации медицинских организаций в соответствии с классификацией медицинских организаций по системе финансирования.

Для цифровизации и цифровой трансформации государственных медицинских организаций могут быть использованы методы на основе проекта «Бережливая поликлиника», «Методических рекомендаций ЦТГК» и на основе оценки зрелости инфраструктуры.

Таблица 1

Методы и подходы для трёхуровневой системы оказания медицинской помощи

Подробное деление	Методы	Подходы
1 уровень	● Проект «Бережливая поликлиника» ● Методические рекомендации ЦТГК ● Метод на основе оценки зрелости инфраструктуры	● Подход в зависимости от иницилирующей стороны (сверху-вниз и снизу-вверх) ● Проектный подход
2 уровень		
3 уровень		

Таблица 2

Методы и подходы для медицинских организаций по классификации по типу оказания медицинской помощи

Подробное деление	Методы	Подходы
Амбулаторная медицинская помощь	● Проект «Бережливая поликлиника» ● Методические рекомендации ЦТГК ● Метод на основе оценки зрелости инфраструктуры	● Подход в зависимости от иницилирующей стороны (сверху-вниз и снизу-вверх) ● Проектный подход
Стационарная медицинская помощь		● Подход в зависимости от иницилирующей стороны (сверху-вниз и снизу-вверх) ● Подход в зависимости от типа стратегии ● Проектный подход
Комбинированная медицинская помощь		

Таблица 3

Методы и подходы для медицинских организаций
в соответствии с классификацией по системе финансирования

Подробное деление	Методы	Подходы
Государственные и ведомственные медицинские учреждения	● Проект «Бережливая поликлиника» ● Метод на основе оценки зрелости инфраструктуры ● Методические рекомендации ЦТГК	● Подход в зависимости от иницирующей стороны (преобладает сверху-вниз) ● Подход в зависимости от типа стратегии ● Проектный подход
Частные медицинские учреждения	● Метод четырех уровней ● Проект «Бережливая поликлиника» ● Метод на основе оценки зрелости инфраструктуры ● Методические рекомендации ЦТГК	● Подход в зависимости от иницирующей стороны (сверху-вниз/снизу-вверх) ● Подход в зависимости от типа стратегии ● Проектный подход

При этом могут использоваться подходы: в зависимости от иницирующей стороны (преимущественно «сверху-вниз», так как большое значение имеет стратегия региона), подход в зависимости от типа стратегии и проектный подход.

Частные медицинские учреждения могут использовать подход на основе оценки зрелости инфраструктуры, метод на основе проекта «Бережливая поликлиника» и метод четырех уровней, который по своей сути более всего подходит именно для частных учреждений. При этом могут применяться следующие подходы: подход в зависимости от иницирующей стороны (сверху-вниз и снизу-вверх), подход в зависимости от типа стратегии и проектный подход.

Заключение

В работе были рассмотрены подходы и методы цифровой трансформации медицинских учреждений, проанализирована возможность их применения в различных типах медицинских организаций. Во всех типах медицинских организаций может быть использован метод на основе проекта «Бережливая поликлиника». Его недостаток в том, что он разрабатывался для определенного типа медицинских организаций – поликлиник. Для применения в других медицинских организациях возникает необходимость корректировки метода и его дополнения. Второй по частоте упоминания как возможный для использования – метод на основе «Методических рекомендаций ЦТГК», но данные методические рекомендации имеют только поверхностные рекомендации по проведению аудита и составлению стратегии, и при их использовании необходимо применять дополнительные методы. Возможные для применения методы и подходы отличаются для различных типов МО, но наиболее распространенными, по результатам анализа, являются подходы в зависимости от иницирующей стороны, подход в зависимости от типа стратегии и проектный подход.

цирующей стороны, подход в зависимости от типа стратегии и проектный подход.

Список литературы

1. Асташина Е.Е., Томашевская К.С. Анализ внедрения федерального проекта о создании единого цифрового контура в здравоохранении // Вестник Международного института рынка. 2020. № 1. С. 87-94.
2. Национальный проект «Здравоохранение». [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/831/events/> (дата обращения: 14.11.2022).
3. Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)». [Электронный ресурс]. URL: <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/natsproektzdravooxranenie/tsifra> (дата обращения: 14.11.2022).
4. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 06.08.2013 N 529Н об утверждении номенклатуры медицинских организаций. [Электронный ресурс]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=345342> (дата обращения: 12.11.2022).
5. О повышении доступности медицинской помощи и расширении возможностей её оказания. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/orders/selection/405/14957/> (дата обращения: 14.11.2022).
6. Торосян Е.К., Кийкова Д.А. Подходы и методы цифровой трансформации медицинских учреждений // Петербургский экономический журнал. 2021. № 4. С. 62-71.
7. Бауэр В.П., Подвойский Г.Л., Котова Н.Е. Стратегии адаптации компаний США к цифровизации сфер производства // Мир новой экономики. 2018. № 2. С. 78-89.
8. Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием. [Электронный ресурс]. URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/7342/> (дата обращения: 17.11.2022).
9. Применение методов бережливого производства в медицинских организациях. Открытие проектов по улучшениям. Методические рекомендации. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/561183958> (дата обращения: 18.11.2022).
10. Williams P.A., Lovelock B., Cabarrus T., Harvey M. Improving Digital Hospital Transformation: Development of an Outcomes-Based Infrastructure Maturity Assessment Framework. JMIR Med Inform. 2019. № 7(1). DOI: 10.2196/12465.
11. Системы цифровизации здравоохранения: интеграционная платформа vs моноМИС. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iksmedia.ru/articles/5855903-Chto-tormozit-cifrovizaciyu-zdravoo.html> (дата обращения: 14.11.2022).

УДК 621.822.574

УПРАВЛЕНИЕ ВЫХОДНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ГАЗОСТАТИЧЕСКОЙ ОПОРЫ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ СРЕДНЕГО РАДИАЛЬНОГО ЗАЗОРА

Космынин А.В., Щетинин В.С., Хвостиков А.С., Смирнов А.В.*ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», Комсомольск-на-Амуре,
e-mail: AvKosm@knastu.ru*

В работе рассматривается вопрос о регулировании характеристик газостатической опоры путем изменения среднего радиального зазора газовых подшипников с малой конусностью. В работе представлены зависимости эксплуатационных характеристик частично пористой газостатической опоры малой конусности от ее конструктивного параметра, который пропорционален среднему радиальному зазору. Анализ графиков показывает, что экстремумы нагрузочной способности и жесткости подшипника достигаются при разных значениях конструктивного параметра. Поэтому невозможно обеспечить одновременное достижение максимальных значений всех параметров подшипника. В связи с этим необходима разработка системы управления работы газостатического подшипника. Для этого была предложена схема управления шпиндельным узлом на газостатических опорах с передней опорой малой конусности. Шпиндельный узел снабжен расположенными по окружности электромагнитами для перемещения шпинделя в осевом положении и датчиками зазора между электромагнитами и задним подпятником. Кроме датчиков зазора на шпиндельном узле установлены датчики, регистрирующие смещения шпинделя в радиальном положении на передней опоре в двух координатных плоскостях. Информация о положении шпинделя в опоре поступает от датчиков на аналогово-цифровой преобразователь, который генерирует управляющий сигнал на блок управления электромагнитами для обеспечения необходимого положения ротора в осевом направлении. Это обеспечивает требуемый радиальный зазор в передней опоре и, как следствие, необходимые выходные характеристики жесткости и нагрузки на режущем инструменте, закрепленном на шпинделе.

Ключевые слова: газостатическая опора, эксплуатационные характеристики, высокоскоростной ротор, шпиндельный узел

CONTROL OF THE OUTPUT CHARACTERISTICS OF THE GAS-STATIC SUPPORT BY ADJUSTING THE AVERAGE RADIAL CLEARANCE

Kosmynin A.V., Schetinin V.S., Khvostikov A.S., Smirnov A.V.*Komsomolsk-na-Amure State University, Komsomolsk-na-Amure, e-mail: ar.evgenii@ya.ru*

The paper considers the issue of regulating the characteristics of a gas-static support by changing the average radial clearance of gas bearings with a small taper. The paper presents the dependences of the operational characteristics of a partially porous gas-static support of small taper on its design parameter, which is proportional to the average radial clearance. Analysis of the graphs shows that the extremes of load capacity and bearing stiffness are achieved at different values of the design parameter. Therefore, it is impossible to simultaneously achieve the maximum values of all bearing parameters. In this regard, it is necessary to develop a control system for the operation of a gas-static bearing. For this purpose, a control scheme for a spindle assembly on gas-static supports with a small taper front support was proposed. The spindle assembly is equipped with electromagnets arranged around the circumference to move the spindle in the axial position and sensors for the gap between the electromagnets and the rear bearing. In addition to the gap sensors, sensors are installed on the spindle.

Keywords: gas-static support, performance characteristics, high-speed rotor, spindle assembly

Развитие техники и технологий во многом зависит от качества и точности изготовления деталей, которые, как правило, выполняют основные функции в оборудовании. Для изготовления высокоточных деталей часто используется шлифовальное станочное оборудование, в котором шпиндельный узел обеспечивает до 85 % точности обрабатываемой поверхности.

В работах [1, 2], посвященных совершенствованию шпиндельных узлов для шлифовальных станков, рассмотрены усовершенствованные газостатические опоры, позволяющие обеспечить высокую скорость вращения с повышенными нагрузочными и жесткостными характеристиками. В ос-

новном работы по совершенствованию газовых опор направлены на повышение несущей способности [3–5].

Однако следует отметить, что максимумы жесткости и нагрузки достигаются при разных значениях конструктивного параметра. Поэтому невозможно обеспечить одновременное достижение максимальных значений всех параметров подшипника. Это затрудняет использовать один и тот же шпиндельный узел на финишных операциях, где требуется высокая жесткость, и на черновых операциях, где требуется повышенная нагрузочная способность опоры вследствие повышенных сил резания для снятия больших припусков под обработку.

Для достижения тех или иных значений режимных параметров опор применяют их регулирование. Если регулирование работы газостатической опоры путем изменения частоты вращения вала, давления наддува сжатого воздуха и внешней нагрузки принципиально возможно, то изменить средний радиальный зазор цилиндрического подшипника нельзя.

Заметим, что на практике используют только регулирование распределенным наддувом сжатого газа в питательные каналы дроссельных отверстий подшипника [5], но при этом конструкция самой опоры значительно усложняется.

В работах [1, 6] показано, что коэффициенты жесткости и нагрузочной способности подшипника заметно зависят от среднего радиального зазора в газостатической опоре и слабо от давления наддува сжатого газа.

В настоящей работе рассматривается вопрос по регулированию характеристик газостатической опоры за счет изменения среднего радиального зазора путем использования подшипников с малой конусностью.

На рис. 1 показана такая опора, в которой подвижный конусный шип с малым углом конусности перемещается в осевом направлении во вкладыше подшипника, имеющего такую же конусность.

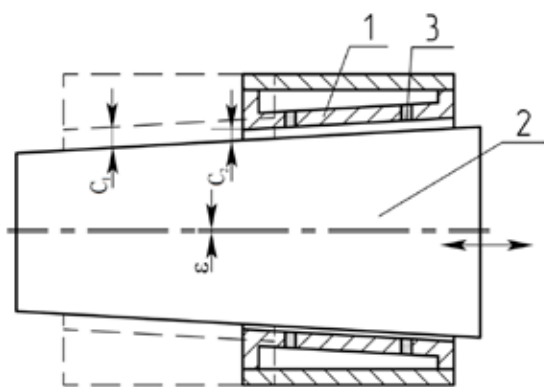


Рис. 1. Газостатическая опора малой конусности: 1 – корпус подшипника, 2 – ротор, 3 – пористая вставка

Данная разработка направлена на формирование нового направления исследований в теории газовой смазки – газостатических опор с управляемым зазором, что позволяет значительно расширить область рационального использования таких подшипников в высокоскоростных роторных машинах и оборудовании, эксплуатируемых в различных областях промышленности. Применение управляемых газостатических опор

в высокоскоростных машинах с регулируемыми параметрами работы позволит значительно улучшить характеристики и самого оборудования за счет настройки на оптимальные режимы работы.

Средний радиальный зазор представляет собой среднее расстояние между валом и подшипником. Как было сказано выше, изменение среднего радиального зазора позволяет регулировать эксплуатационные характеристики газостатической опоры. Изменение среднего зазора продемонстрировано на рис. 1. При перемещении вала вдоль оси вращения на величину изменение радиального зазора будет меняться от C_1 до C_2 . Так, при малой конусности опоры в пределах $1-2^\circ$ и смещении ротора относительно вкладыша на $1-2$ мм можно изменять средний радиальный зазор в пределах $17-70$ мкм.

Многочисленные исследования показали, что во избежание вибраций необходимо стремиться к весьма малым диаметрам питающих отверстий (меньше $0,1$ мм). Стремление к малым диаметрам питателей диктуется также необходимостью получения приемлемого расхода газа через подшипник. Однако при постоянном давлении наддува и толщине смазочного слоя вместе с уменьшением расхода газа, при весьма малых диаметрах питателей, уменьшается и несущая способность подшипника. Поэтому приходится увеличивать число питающих отверстий. Это обстоятельство привело к идее применения в газостатических подшипниках вкладышей с пористой структурой, которые и рассматриваются в настоящей работе [7].

Материалы и методы исследования

Расчет характеристик воздушного смазочного слоя базируется на решении классической в теории газовой смазки системы исходных уравнений и проводится путем численного интегрирования модифицированного уравнения Рейнольдса теории газовой смазки методом конечных разностей, который, как показывают исследования разнообразных конструкций газовых опор, позволяет получить весьма надежные результаты. Вывод уравнения, методика расчета эксплуатационных характеристик шпиндельного узла для цилиндрических подшипников с пористыми ограничителями расхода представлена в работе [6]. Заметим, что, как показали расчеты, характеристики конического подшипника, выполненные в полярных координатах, вследствие малого угла конусности не более чем на 3% отличаются от характеристик цилиндрической опоры при равных конструктивных размерах.

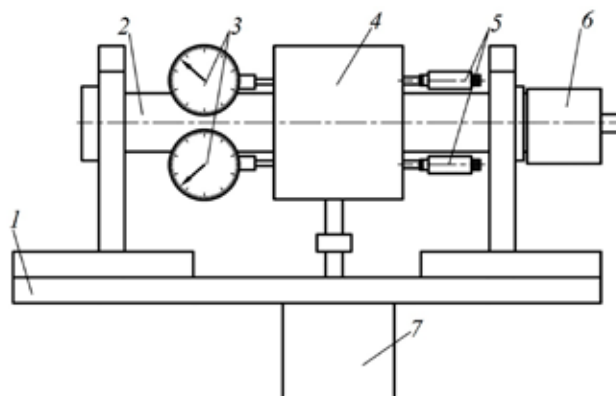


Рис. 2. Экспериментальный стенд исследования конических газостатических подшипников с регулируемым средним радиальным зазором: 1 – основание, 2 – ротор, 3 – индикаторы часового типа, 4 – исследуемый подшипник, 5 – микрометрические головки, 6 – турбопривод, 7 – нагружающее устройство

Проверка адекватности выполненных расчетов выполнена путем сравнения теоретических и экспериментальных данных, полученных при изменении различных режимных и конструктивных параметров.

Экспериментальный стенд для определения характеристик смазочной воздушной пленки состоит из механической части, средств измерения и нагружения (рис. 2). Внешняя нагрузка на объект исследования создается поршневым устройством 7, которое позволяет плавно менять нагрузку путем изменения давления воздуха, подаваемого в штоковую часть пневмоцилиндра. Смещение корпуса исследуемого подшипника 4 осуществляется с помощью микрометрических головок 5 и контролируется индикаторами часового типа 3, которые жестко соединены с рамой 1. Приводом вращения вала служит малоразмерная осевая воздушная турбина 6. Расход воздуха, подаваемого на смазку, измеряется методом переменного перепада давления с помощью стандартных сужающих устройств (диафрагмы).

Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 3 и 4 показаны зависимости эксплуатационных характеристик газостатической частично пористой опоры малой конусности от ее конструктивного параметра.

На представленных рисунках:

$$K_C = c^3 \sqrt{\frac{\ln\left(1 + \frac{\delta}{R}\right)}{12k_p R}} \quad - \text{конструктивный}$$

параметр подшипника (c – средний радиальный зазор, R – радиус опоры, k_p – коэффициент проницаемости материала пористой

вставки, δ – высота пористого ограничителя расхода);

$C_0 = Q / Q_{max}$ – коэффициент несущей способности (Q – нагрузка на опоре; Q_{max} – теоретическая максимально возможная нагрузка);

$k_s = dC_0 / d\varepsilon$ – коэффициент жесткости смазочного слоя ($\varepsilon = e / c$, e – абсолютный эксцентриситет).

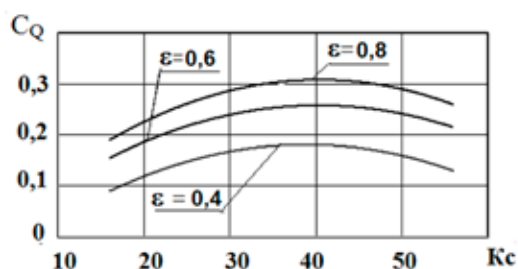


Рис. 3. Зависимость коэффициента несущей способности C_0 от конструктивного параметра K_C и относительного эксцентриситета ε

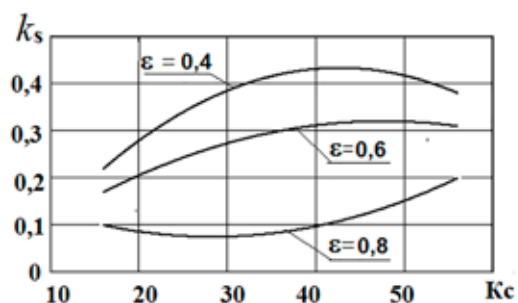


Рис. 4. Зависимость коэффициента радиальной жесткости K_s от конструктивного параметра K_C и относительного эксцентриситета ε

Из графиков, представленных на рис. 3, видно, что с увеличением относительного эксцентриситета коэффициент несущей способности подшипника увеличивается. Физически это объясняется природой возникновения несущей способности газового подшипника [6]. Анализ зависимостей $C_0 = f(K_c, \varepsilon)$ показывает, что они имеют вполне определенные экстремумы, положение которых практически не зависит от значения относительного эксцентриситета. При этом с увеличением эксцентриситета несущая способность опоры возрастает.

Положение экстремума функции $k_s = f(K_c, \varepsilon)$ опоры (рис. 4) заметно зависит от значения относительного эксцентриситета ε , и с его ростом экстремум функции смещается в область высоких значений конструктивного параметра.

Управление выходными характеристиками ротора за счет использования малой конусности опоры в узле при контроле только осевого перемещения невозможно. Как показано на графиках рис. 3 и 4, изменение жесткости и нагрузочной способности опоры зависит не только от конструктивного параметра, но и от значения эксцентриситета вала в опоре. Это обуславливает применение контроля положения вала не только в осевом положении для оценки радиального зазора в опоре малой конусности, но контроль его смещения в радиальном направлении.

Для этого была предложена схема управления шпиндельным узлом на газостатических опорах с передней опорой малой конусности, представленной на рис. 5. Управление зазором происходит с помощью переме-

щения шпинделя, которое осуществляется посредством электромагнита. Шпиндельный узел состоит из шпинделя 6, установленного на передний подшипник 4 с малым углом конусности и задний цилиндрический подшипник 7, имеющие общий корпус 5. На шпинделе установлены подпятники 2 и 9, приводное колесо 10 турбинного типа, а также приспособление для крепления инструмента 1. В подшипниках установлены пористые ограничители расхода 8 для питания опор сжатым воздухом. Упорные подшипники 2 и 9 служат демпферами при перемещении ротора в осевом направлении. Шпиндельный узел снабжен расположенными по окружности электромагнитами 12 для перемещения шпинделя в осевом направлении и датчиками контроля зазора между электромагнитами и задним подпятником 11. Кроме датчиков зазора на шпиндельном узле установлены датчики, регистрирующие смещения шпинделя в радиальном направлении на передней опоре в двух координатных плоскостях 3 (на схеме показаны датчики в одном координатном направлении). Информация о положении шпинделя от датчиков 11 и 3 поступает на АЦП 13, который выдает управляющий сигнал на блок управления электромагнитами 14 для обеспечения необходимого положения шпинделя в осевом направлении. Перемещение шпинделя обеспечивает требуемый радиальный зазор в передней опоре и, как следствие, необходимые выходные характеристики жесткости и нагрузки на режущем инструменте, закрепленном на шпинделе.

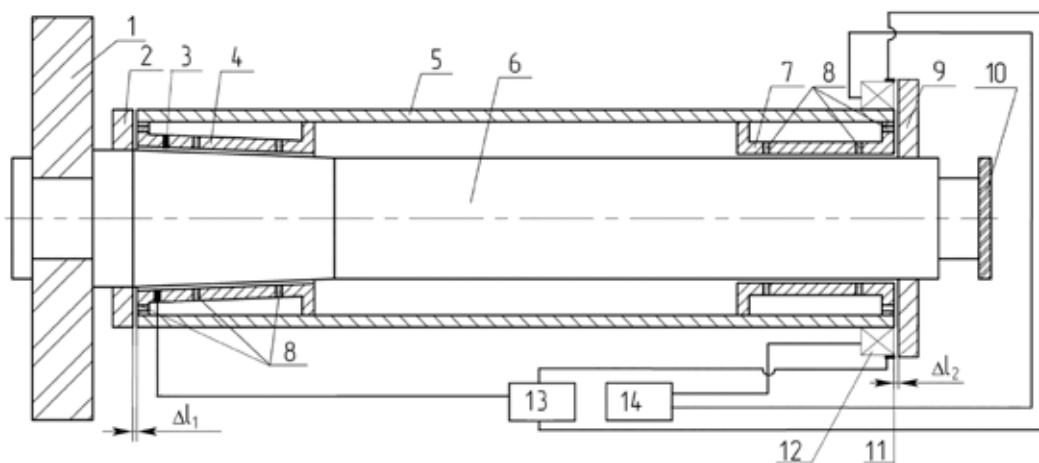


Рис. 5. Управление шпиндельным узлом на газостатических опорах с передней опорой малой конусности: 1 – шлифовальный круг, 2, 9 – подпятники, 3, 11 – датчик зазора, 4 – передний газостатический подшипник с малым углом конусности, 5 – корпус шпиндельного узла, 6 – шпиндель, 7 – задний цилиндрический газостатический подшипник, 8 – пористые вставки, 10 – приводное колесо, 12 – электромагнит 13 – АЦП, 14 – блок управления

Как отмечено выше, поддержание требуемых жесткостных и нагрузочных характеристик на режущем инструменте позволяет эксплуатировать шпиндельный узел как на предварительных, так и на финишных операциях при обработке заготовок.

В настоящее время в КнАГУ ведутся исследования в данном направлении. Анализ результатов показывает, что применение газостатических подшипников с малым углом конусности будет способствовать существенному продвижению к решению проблемы обеспечения высокой точности вращения роторов и упрощению конструкции узлов трения высокоскоростных шпиндельных узлов без заметного изменения нагрузочно-жесткостных характеристик газовых опор.

Работа выполнена при поддержке гранта 85с/2022 Министерства образования и науки Хабаровского края.

Список литературы

1. Шаломов В.И. Исследование влияния конструктивных особенностей газовых опор на эксплуатационные характеристики шпиндельных узлов металлообрабатывающих станков (Ч. 1) // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2016. № 12. С. 3–7.
2. Шаломов В.И. Исследование влияния конструктивных особенностей газовых опор на эксплуатационные характеристики шпиндельных узлов металлообрабатывающих станков (Ч. 5) // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2017. № 4. С. 166–169.
3. Куренский А.В., Самсонов А.И., Соловьев С.П., Бондаренко А.А. Увеличение несущей способности смазочного слоя упорных газовых подшипников // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2019. № 4 (41). С. 92–99.
4. Шатохин С.Н., Курзаков А.С., Брунгардт М.В. Оптимальное проектирование гидростатических шпиндельных опор с пассивным дроссельным регулированием нагнетания рабочей жидкости // Вестник машиностроения. 2020. № 9. С. 3–7.
5. Щедухин С.И., Поликарпов А.В., Викулов А.П., Зотов С.Н., Розеноер Т.М., Костенко А.А., Воронов В.А. Безмасляный турбодетандер природного газа на лепестковых газодинамических подшипниках // Холодильная техника. 2017. № 6. С. 46–51.
6. Космынин А.В., Щетинин В.С., Хвостиков А.С., Смирнов А.В., Иванова Н.А. Бесконтактные опоры высокоскоростных роторных систем: монография. Ч. 1. Эксплуатационные характеристики опор с внешним наддувом газа. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. 303 с.
7. Шаломов В.И. Особенности методики проектного расчета шпиндельных узлов шлифовальных станков с газостатическими частично пористыми опорами // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2013. № 7. С. 32–34.

УДК 62-519

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ И ЕГО МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ПРИМЕРЕ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ СУДОВОГО ГЛАВНОГО МАЛООБОРОТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ СИНУСОИДАЛЬНЫХ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

¹Куколев А.А., ²Пiotровский Д.Л., ³Подгорный С.А., ⁴Спицын В.В.¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, e-mail: sashanius@yandex.ru;²ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», Москва, e-mail: piotrovsky2005@yandex.ru;³ФГБОУ ВО «Университет «Дубна», Дубна, e-mail: saptich@rambler.ru;⁴АО «Черноморские магистральные нефтепроводы», Новороссийск, e-mail: spitsynvaleriy91@gmail.com

Рассмотренная в более ранних работах концепция использования искусственной нейронной сети совместно с нечетким регулятором в цепи дополнительной обратной связи системы управления частотой вращения судового главного малооборотного двигателя связана с некоторыми недостатками, к которым можно отнести повышенные требования к квалификации обслуживающего персонала, сложность в интеграции с устаревшими модификациями систем управления и некоторые другие. Однако концепция обладает и значительными достоинствами. Среди них можно отметить значительное повышение надежности основных и вспомогательных агрегатов и узлов главного двигателя ввиду значительного снижения амплитуды колебательности переходных процессов. Среди них можно выделить и агрегаты цилиндропоршневой группы, и вспомогательные агрегаты и механизмы – элементы электропривода, подверженные слабому воздействию против повышенных вибраций, и элементы электронно-вычислительной техники – блоки управления и печатные платы, датчики, а также металлоконструкции. Опыт производителей энергетических установок свидетельствует о значительном воздействии вибраций на надежность и работоспособность исполнительных механизмов, датчиков и блоков управления. В статье приводятся несколько примеров из эксплуатационных журналов компании MAN Diesel and Turbo, которые наглядно представляют важность использования современных методов борьбы с подобными воздействиями на морском транспорте. Данная статья предлагает к рассмотрению результаты технико-экономического обоснования использования полученной структуры при внезапном появлении синусоидальных воздействий. Расчет основан на полученной авторами информации, касающейся эксплуатации судового главного малооборотного двигателя MAN B&W 6S90 ME-C.

Ключевые слова: автоматическое управление, система, нейронная сеть, нечеткое управление, судового главный двигатель

CONTROL OBJECT AND ITS MATH MODEL PARALLEL OPERATION ASSESSMENT FOR THE EXAMPLE OF HYBRID SPEED OF ROTATION CONTROL SYSTEM OPERATION WITHIN SINE WAVE IMPACT

¹Kukolev A.A., ²Piotrovskiy D.L., ³Podgornyy S.A., ⁴Spitsyn V.V.¹Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: sashanius@yandex.ru;²MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: piotrovsky2005@yandex.ru;³Dubna State University, Dubna, e-mail: saptich@rambler.ru;⁴Joint Stock Company “Black Sea main oil pipelines”, Novorossiysk, e-mail: spitsynvaleriy91@gmail.com

Described in the earlier articles artificial neural network structure based on feedback link fuzzy controller operation, designed for marine propulsion plant main engine speed of rotation control possesses several disadvantages (e.g. increased service personnel qualification requirements, older speed of rotation control systems integration complexity and several others). However, it's necessary to stress some evident benefits. Among of them: sufficient main and auxiliary facilities reliability increase because of the reason of sufficient speed of rotation fluctuations amplitude decrease. These facilities can be represented as cylinder-piston group units, electric motor drives parts, being unable to withstand significant vibration impacts and printed circuit board based units, e.g. sensors, control units, actuators and so on. Heavy metal constructions can be as well integrated into this group. Propulsion plants developers experience can describe significant vibration influence on the actuators and sensors reliability and efficiency parameters. The article represents several examples for MAN Diesel and Turbo experience, which can explain high importance for the suggested methods execution for marine transport. This article represents some technical and economic results evaluation for the suggested structure integration into typical heavy marine propulsion plant MAN B&W 6S90 ME-C. The authors can base all the calculation on the obtained MAN B&W 6S90 ME-C plant maintenance experience.

Keywords: automatic control, system, neural network, fuzzy control, marine main engine

В настоящее время все большее распространение в быту и промышленности получают нечеткие регуляторы, реализующие на практике нечеткие алгоритмы управления агрегатами, механизмами, а также технологическими процессами [1]. Теория нечетких множеств позволяет задавать алгоритмы изменения настроечных параметров корректирующих устройств в зависимости от отклонения регулируемой величины и скорости изменения отклонения [1]. Оперативное же изменение настроечных параметров регулятора позволяет качественно перейти на более высокий уровень управления технологическими процессами, сопровождающими деятельность человека [2]. Кроме того, важным преимуществом такой конфигурации является возможность быстрого создания прототипа технического устройства с последующим усложнением его функциональности [3]. Также нечеткие модели зачастую оказываются более простыми для своей аппаратной реализации по сравнению с классическими аналогами [4]. В отношении корректировки регулирующего воздействия при наличии синусоидального нагрузочного воздействия на объект нечеткий регулятор предлагается использовать в качестве звена, определяющего значение временной задержки подачи регулирующего воздействия [5].

Принцип действия модели был подробно описан в работе [5]. Коротко раскрыть его можно следующим образом.

В начальный момент времени заданное значение частоты вращения поступает с машинного телеграфа на элемент сравнения, где определяется текущая ошибка регулирования. Далее она поступает на вход регулятора, где определяется регулирующее воздействие в соответствии с текущим законом управления. Рассчитанное регулирующее воздействие в виде электрического сигнала поступает на усилитель и далее в контур подготовки и подачи топлива, где посредством расчета выходных воздействий

передаточных функций определяется расход топлива каждого из шести цилиндров. Определенное значение поступает на вход модели судового главного малооборотного двигателя, выходным сигналом которой служит частота вращения коленчатого вала двигателя. Одновременно с реализацией функции обратной связи текущее значение регулируемой величины поступает в блок дискретизации. Данный модуль необходим в связи с использованием искусственной нейронной сети и необходимостью сведения аналогового входного значения к амплитудным величинам массива входных воздействий искусственной нейронной сети [5]. Преобразованное значение регулируемой величины поступает в модуль определения частоты синусоидального сигнала на основе искусственной нейронной сети. Каждая итерация входного сигнала частоты вращения коленчатого вала обновляет вектор-столбец входных значений искусственной нейронной сети [6]. Таким образом, на вход ИНС постоянно поступает массив информации, описывающий форму текущего процесса управления. Последующая обработка вектор-столбца возлагается на разработанную структуру ИНС. Нейронная сеть формирует непрерывный сигнал, соответствующий входному сигналу, представляющему собой частоту вращения коленчатого вала, который в последующем подвергается дополнительной фильтрации. Необходимое здесь определение среднего значения за расчетный период времени реализуется блоком определения среднего – БОС [7].

Окончательное рассчитанное значение частоты возмущающего воздействия поступает на вход нечеткого регулятора, который и формирует сигнал задержки для подачи управляющего воздействия в реальный объект. Результатом служит значительное снижение амплитуды колебаний регулируемой величины (рис. 1) [7] при введении разработанного контура в работу.

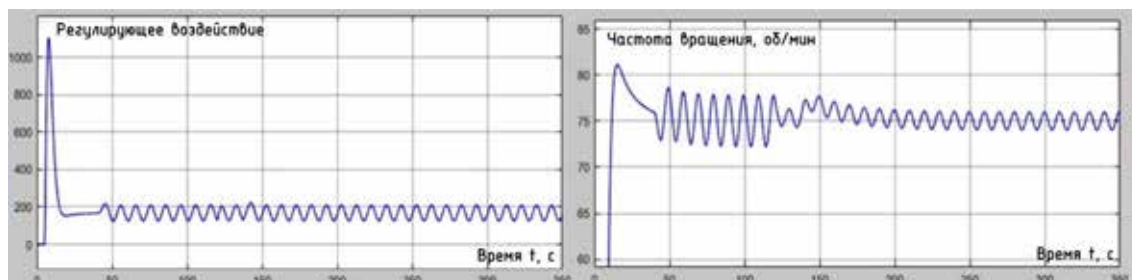


Рис. 1. Форма переходного процесса при работе судового главного малооборотного двигателя на частоте вращения 75 об./мин и при синусоидальной нагрузке частотой 0,1 Гц, компенсируемой разработанной структурой

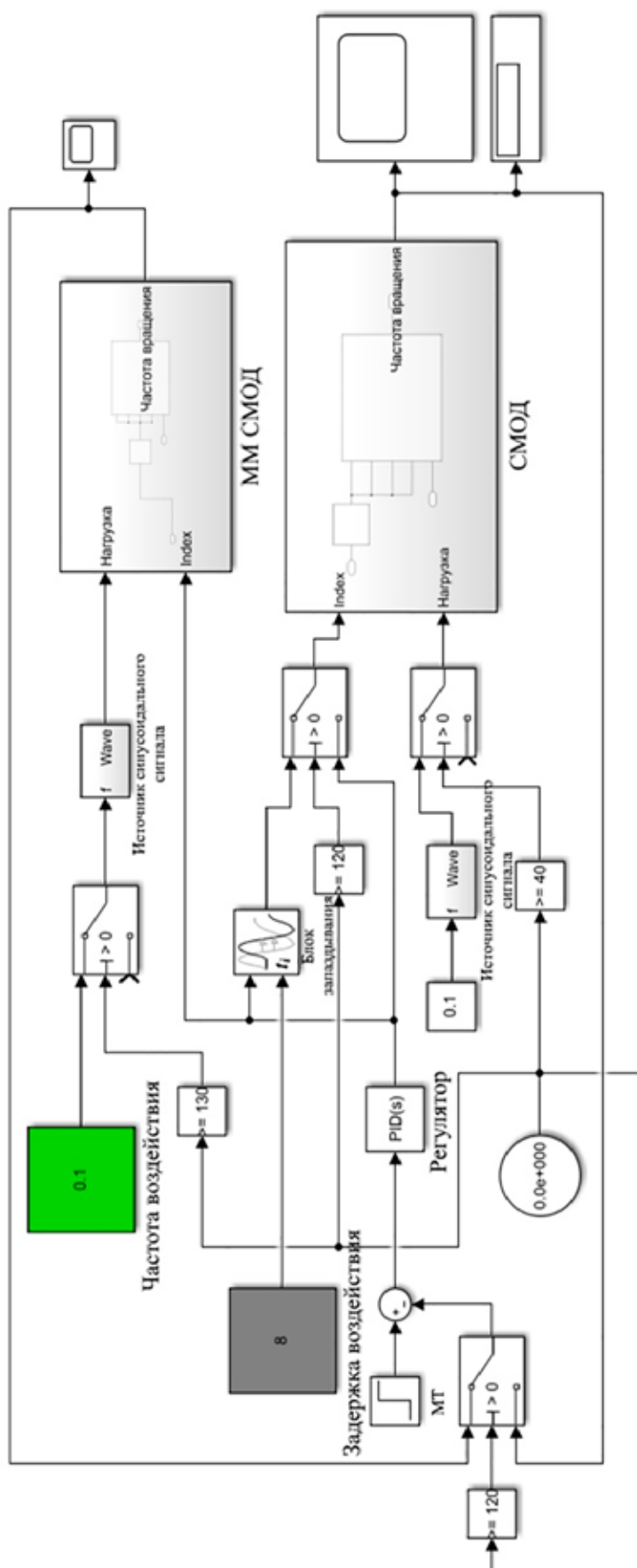


Рис. 2. Перестроенная по методу абстрагирования модель гибридной системы управления частотой вращения судового малооборотного двигателя

Однако чаще всего синусоидальные возмущения не возникают внезапно. Из области морского транспорта известно, что изменение погодных условий представляет собой весьма инерционный процесс [8]. В связи с этим целесообразно рассмотреть реакцию полученной структуры на постепенное изменение возмущающего воздействия.

Целью исследования служит определение качества работы «цифрового двойника» реального объекта в процессе долгосрочного изменения частоты возмущающего воздействия на основе разработанной авторами модели.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели воспользуемся методом воспроизведения результатов наблюдения в условиях изменения нагрузочного воздействия, а также методом определения численных характеристик объекта исследования. В данном случае – всей гибридной системы управления. Для этой цели целесообразно провести рассмотрение работы реального объекта совместно с его моделью при наличии синусоидального воздействия по методу абстрагирования от работы искусственной нейронной сети, а также нечеткого регулятора (рис. 2). Кроме того, в данном примере для упрощения конфигурации системы она рассматривается как изолированная, а воздействие как входной сигнал идеальной синусоидальной формы.

Задача здесь состоит в определении качества совместной работы реального объекта и его модели при появлении и присутствии синусоидального возмущения. Для этой цели целесообразно построить зависимость значений амплитуды колебаний регулируемой величины от значений изменения задержки воздействия при неиз-

менных параметрах регулятора и всех промежуточных звеньев. Как указано в работе [5], оптимальными выходными значениями нечеткого регулятора (то есть задержки воздействия) являются следующие:

$$\begin{cases} t_{low} = 4.5 c \text{ при } f_{возд} = 0,14 Гц \\ t_{mid} = 9.5 c \text{ при } f_{возд} = 0,08 Гц, \\ t_{high} = 17 c \text{ при } f_{возд} = 0,05 Гц \end{cases}$$

где $f_{возд}$ – есть частота регулирующего воздействия.

В данном же случае необходимо оценить относительное значение изменения амплитуды колебательного процесса при введении нейросетевого корректирующего звена в работу при неизменных параметрах процесса:

$$\alpha = \frac{X_{max2} - X_{min2}}{X_{max1} - X_{min1}},$$

где X_{max2} и X_{min2} – максимальное и минимальное значения регулируемой величины до введения в работу нейросетевого корректирующего звена, а X_{max1} и X_{min1} – максимальное и минимальное значения регулируемой величины после введения его в работу.

Зависимость изменения значения величины α от временной задержки Δ , определяемой нечетким регулятором, имеет вид

$$\alpha = f(\Delta).$$

Полученная характеристика примет вид, показанный на рис. 3.

Как видно из рисунка, наиболее эффективным и качественным процесс управления можно считать на частотах воздействия в пределах 0,05–0,1 Гц, соответствующих типовому воздействию водной среды на поверхность океана, когда борьба с ним обретает вполне определенный смысл.

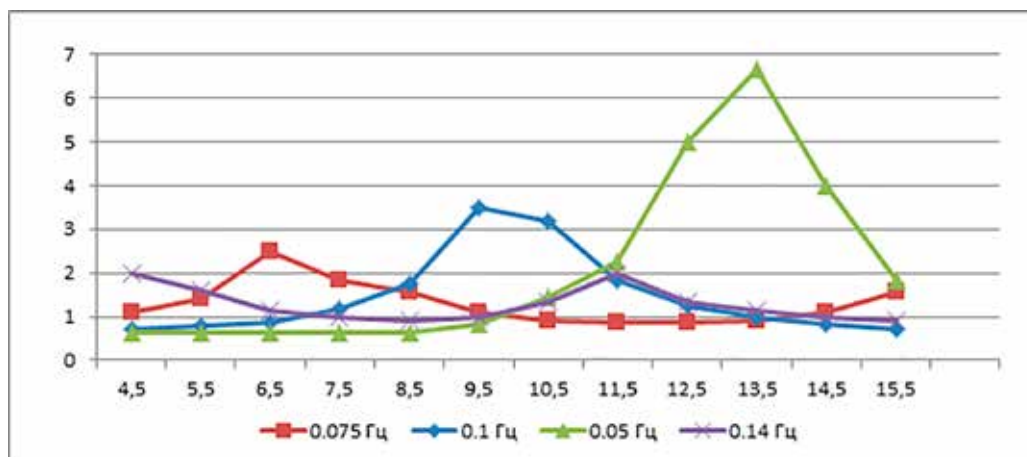


Рис. 3. Характеристика зависимости $\alpha = f(\Delta)$

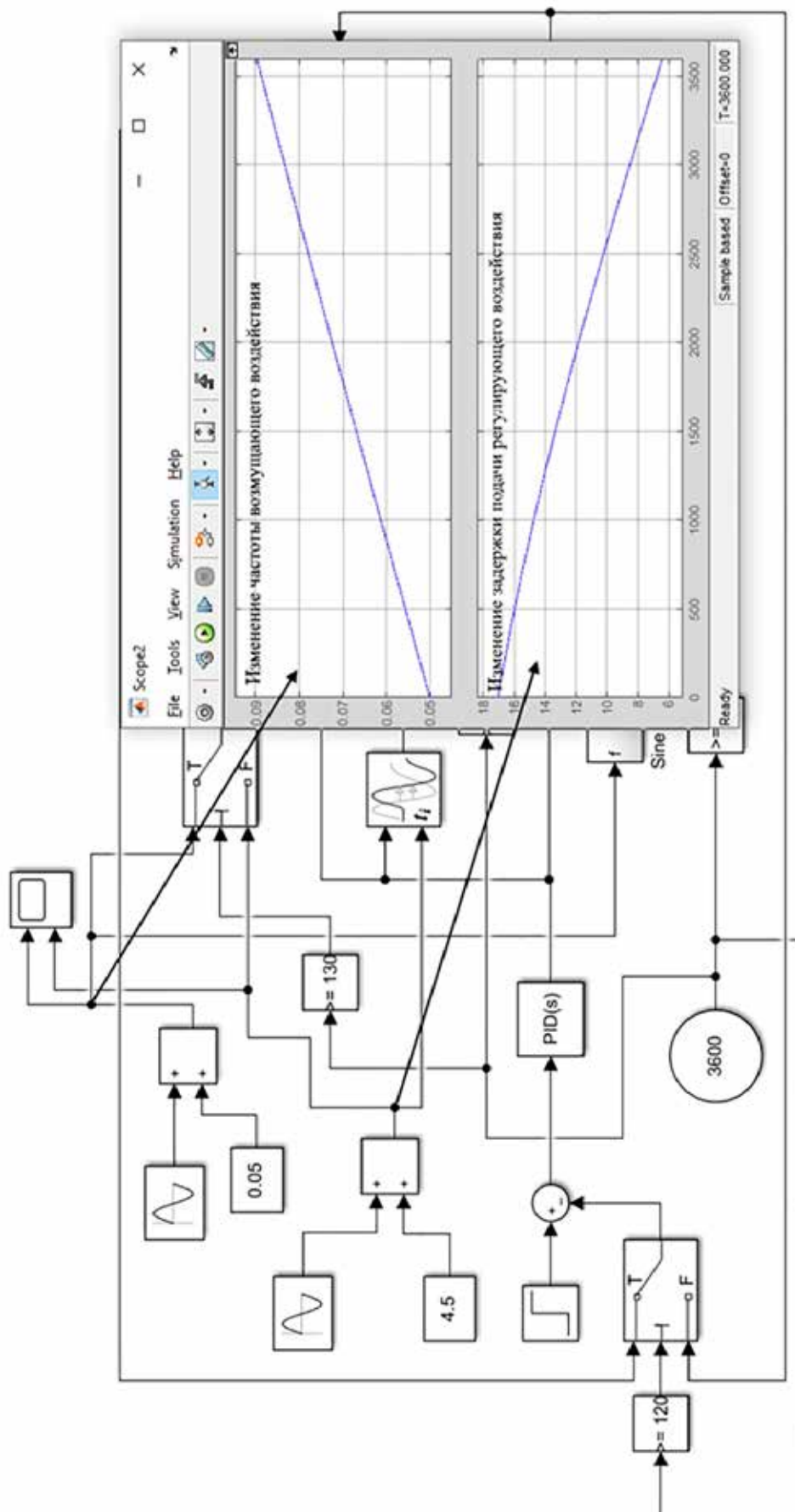


Рис. 4. Формы сигналов с источников синусоидальных сигналов, симулирующих изменения показателей «Частота возмущения» и «Задержка воздействия»

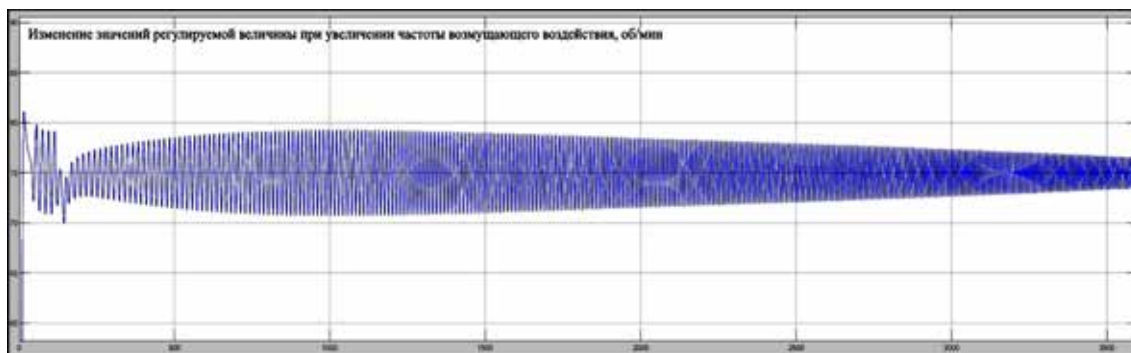


Рис. 5. Изменение значений регулируемой величины при увеличении частоты возмущающего воздействия и соответствующей корректировке задержки подачи управляющего воздействия на объект управления

Данный процесс соответствует значительному волнению, когда период морской волны составляет значения в пределах 10–20 с. Именно в этих случаях целесообразно вводить дополнительные меры борьбы с внешним воздействием, так как периодическая составляющая воздействия способна значительно увеличить нагрузку на объект управления и привести к появлению нежелательных резонансных явлений в агрегатах и механизмах [5].

Разработанная структура позволяет для случаев воздействий данных частот снизить амплитуду колебаний регулируемой величины до 7 раз, что является критически важным как в целях экономии топливно-энергетических ресурсов, так и эксплуатационных ресурсов основных и вспомогательных агрегатов и механизмов объекта управления. В частности, по нашей предварительной оценке предложенный метод способен сэкономить до 3,2 млн руб. за 6 месяцев эксплуатации и до 128 ч на обслуживание или 138 ч на ремонт или замену. При этом данные приближительные расчеты не учитывают степени влияния вибраций на сварные конструкции и фундаментные рамы, выходы из строя которых также чреваты значительными простоями и издержками. Кроме того, преждевременный износ дейдвудного сальника способен вывести судно из эксплуатации на продолжительный период, что чревато значительными издержками на ремонтные работы и простои.

Выход из строя датчиков и электронно-вычислительной техники не всегда сопровождается наличием на борту запасных частей и достаточной квалификацией обслуживающего персонала для проведения ремонтных и наладочных работ. По этой причине реально сэкономленные для судов-

ладельца суммы могут разниться и представлять значительные величины [6].

Поскольку в рамках данной статьи перед авторами была поставлена задача рассмотрения работы объекта управления параллельно с его математической моделью при изменении частоты возмущающего воздействия, то для этой цели целесообразно перестроить схему на рис. 2 к виду, представленному на рис. 4.

Здесь источники сигналов «Частота воздействия» и «Задержка воздействия» заменены на источники синусоидальных сигналов, которые моделируют постепенное увеличение частоты возмущающего воздействия, а также соответствующее изменение времени задержки подачи воздействия на объект управления в течение одного часа – 3600 с.

Характерным для данной ситуации является изменение частоты колебаний регулируемой величины (которая представляет собой частоту вращения коленчатого вала главного двигателя), что можно наглядно проследить по форме переходного процесса (рис. 5).

Результаты исследования и их обсуждение

Переходный процесс, описанный на рис. 5, моделирует вход судна в район волнения с последующим изменением частоты воздействия с 0,05 Гц до 0,09 Гц, что может быть достигнуто посредством изменения глубины под килем судна [9]. Как видно из графика, постепенное увеличение амплитуды колебаний, связанное с рассогласованием времени появления воздействия и началом работы алгоритма, постепенно сменяется уменьшением амплитуды с одновременным увеличением частоты колебаний регулируемой величины в соответствии с возмущением.

Заключение

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что основным преимуществом использования данного метода корректировки регулирующего воздействия является снижение амплитуды колебаний регулируемой величины, что позволяет значительно повысить надежность и безотказность судовых технических средств в тяжелых условиях работы в районах северных широт, протяженность территорий которых для Российской Федерации значительна.

Список литературы

1. Рыбин В.В. Основы теории нечетких множеств и нечеткой логики. М.: МАИ, 2020. 96 с.
2. Ростовцев В.С. Искусственные нейронные сети / Серия: Компьютеры и программное обеспечение. Информатика. М.: Лань, 2021. 216 с.
3. Емельянов С.Г., Титов В.С., Бобырь М.В. Автоматизированные нечетко-логические системы управления / Серия: Научная мысль. М.: Инфра-М, 2016. 176 с.
4. Поршнев В.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: учебник для вузов. М.: Лань, 2011. 726 с.
5. Куколев А.А., Пиотровский Д.Л., Подгорный С.А. Нейроуправление судовым главным малооборотным двигателем в штормовых условиях. М.: Флагман, 2022. 160 с.
6. Пиотровский Д.Л., Куколев А.А., Подгорный С.А. Моделирование системы определения частоты синусоидальных сигналов на основе нейросетевой структуры // Безопасность цифровых технологий. 2020. № 1 (101). С. 20–32.
7. Куколев А.А., Пиотровский Д.Л., Подгорный С.А. Метод управления частотой вращения судового главного малооборотного двигателя в штормовых условиях // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 8. С. 101–106. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=38786> (дата обращения: 11.09.2022).
8. Волны морские // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
9. Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания: учебник для вузов. Т. 2. М.: МОРКНИГА, 2008. 470 с.

УДК 004:539.373

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШТАМПОВКИ ШАРА ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ МАГНИЕВОЙ ЗАГОТОВКИ

^{1,2}Логинов Ю.Н., ^{1,3}Замараева Ю.В.¹ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения
Российской академии наук, Екатеринбург, e-mail: zamaraevajulia@yandex.ru;²ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет», Екатеринбург, e-mail: j.n.loginov@urfu.ru;³ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод», Каменск-Уральский

В нефтедобыче магниевые шары исполняют роль клапанов, временно запирающих скважины и саморастворяющихся под воздействием бурительных растворов. Для изготовления таких шаров применяют разнообразные методы литья, обработки давлением и обработки резанием. Объемная штамповка, обладающая благоприятной схемой напряженного состояния, является наиболее подходящим способом изготовления магниевых шаров. Целью работы является моделирование процесса штамповки цилиндрической магниевой заготовки с получением шара, а также оценка влияния размеров исходной заготовки на напряженно-деформированное состояние и распределение температурного поля заготовки в процессе штамповки и в конце деформации. Анализ напряженно-деформированного состояния заготовки при штамповке шара показал, что распределение деформации и уровень ее значений зависят от исходных размеров заготовки. Установлено, что с увеличением отношения высоты исходной заготовки к ее диаметру уровень степени деформации по объему шара увеличивается. Оценка показателя напряженного состояния на последнем этапе штамповки позволила выявить опасную зону заготовки с позиции разрушения – часть заготовки, примыкающую к контрольной точке P2. Здесь в процессе деформации отсутствует боковой подпор со стороны инструмента. Кроме того, установлено, что с увеличением отношения высоты исходной заготовки к ее диаметру показатель напряженного состояния в контрольной точке P1 (центральная часть заготовки) на последнем этапе штамповки понижается на 40%. Оценка температурного поля заготовки на последнем этапе деформации позволила установить повышение уровня температуры по объему заготовки с увеличением отношения высоты исходной заготовки к ее диаметру.

Ключевые слова: штамповка, магний, напряжения, деформации, метод конечных элементов

SIMULATION OF DIE FORMING A BALL FROM A CYLINDRICAL MAGNESIUM BILLET

^{1,2}Loginov Yu.N., ^{1,3}Zamaraeva Yu.V.¹M.N. Mikheev Institute of Metal Physics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, e-mail: zamaraevajulia@yandex.ru;²Ural Federal University, Yekaterinburg, e-mail: j.n.loginov@urfu.ru;³JSC Kamensk-Uralsky Metallurgical Works, Kamensk-Uralsky

In oil production, magnesium balls act as valves that temporarily lock wells and self-dissolve under the influence of drilling fluids. For the manufacture of such balls, various methods of casting, pressure treatment and cutting are used. Die stamping, which has a favorable stress state scheme, is the most suitable way to manufacture magnesium balls. The aim of the work is to simulate the stamping process of a cylindrical magnesium billet to produce a ball, as well as to assess the effect of the dimensions of the initial billet on the stress-strain state and the distribution of the temperature field of the billet during the stamping process and at the end of deformation. Analysis of the stress-strain state of the billet during ball stamping showed that the distribution of deformation and the level of its values depend on the initial dimensions of the billet. It is established that with an increase in the ratio of the height of the initial billet to its diameter, the level of the degree of deformation in the volume of the ball increases. The evaluation of the stress state indicator at the last stage of stamping made it possible to identify the dangerous zone of the billet from the position of destruction – the part of the billet adjacent to the control point P2. Here, in the process of deformation, there is no lateral support from the tool side. In addition, it was found that with an increase in the ratio of the height of the initial billet to its diameter, the stress state indicator at the control point P1 (the central part of the billet) decreases by 40% at the last stage of stamping. Evaluation of the temperature field of the billet at the last stage of deformation allowed us to establish an increase in the temperature level in the volume of the billet with an increase in the ratio of the height of the initial billet to its diameter.

Keywords: forming, magnesium, stresses, deformations, finite element method

Магний и его сплавы являются перспективными материалами для применения в авиации, автомобилестроении, медицине и нефтяной промышленности [1]. В нефтедобыче магний применяется для изготовления шаров, выполняющих роль клапанов, временно запирающих скважины и саморастворяющихся под воздействием буритель-

ных растворов [4, 5]. Активация процесса производится созданием перепада давления после посадки шара в седло муфты.

Для изготовления шаров применяют разнообразные методы литья, обработки давлением и обработки резанием, например приготовление магниевых сплавов, выплавку, разливку, горячую экструзию

прутка круглого поперечного сечения и вытачивание шара [6]. В некоторых случаях технологию упрощают отливкой магниевого шара непосредственно в сферическую изложницу с последующей расточкой на токарном станке [7]. Следует отметить, что эти технологии являются дорогостоящими и трудоемкими.

Вследствие высокой адгезионной способности, которой обладают цветные металлы, в том числе и магний, применение для производства шаров высокопроизводительного способа поперечно-винтовой прокатки предварительно горячедеформированной прутковой заготовки проблематично, так как налипание частиц металла на поверхность валков может вызвать полное прекращение процесса прокатки. Кроме того, характеристики пластичности магния невелики [8], и его деформирование при схеме напряженного состояния с высоким уровнем растягивающих напряжений, характерных для винтовой прокатки, сопровождается трещинообразованием.

Более благоприятная схема напряженного состояния достигается в процессах горячей и холодной объемной штамповки шаров. Исследования авторов [9] говорят о перспективности процесса закрытой штамповки, которая позволяет исключить трудноутилизируемые отходы магния и сократить количество транспортных и манипуляционных операций, кроме того, отмечено, что формирование исходной заготовки для штамповки магниевых шаров является важным аспектом, так как от нее зависит качество штамповки.

Удовлетворительные результаты были получены при закрытой штамповке шаров за счет использования заготовок, полученных многоножевой разрезкой катаных, прессованных или кованных прутков [10].

Авторами работы [11] предложен способ изготовления шаров в виде двухслойных тел методом штамповки, при этом внешний слой шара представляет собой оболочку из деградируемого материала, например магния или магниевых сплавов, а внутренний – компактный недеградируемый материал в виде шара.

Таким образом, штамповка – перспективный способ производства магниевых шаров. Целью работы является моделирование процесса штамповки цилиндрической магниевой заготовки с получением шара, а также оценка влияния размеров исходной заготовки на напряженно-деформированное состояние и распределение температурного поля заготовки в процессе штамповки и в конце деформации.

Постановка задачи и результаты решения

Постановку задачи моделирования осуществляли в программном модуле DEFORM 3D. В качестве эксперимента было принято решение применить магний марки Мг90 по ГОСТ 804-93 при содержании основного металла не менее 99,9%, с описанием физических и пластических свойств на основе справочных данных.

Заготовка представлена в виде цилиндра диаметром d и высотой h . Диаметр шара $d_{ш} = 60$ мм. В решении коэффициент трения по Кулону равен 0,2. Скорость движения инструмента 1,5 мм/с.

При моделировании процесса штамповки в неизотермической постановке использовали граничное условие третьего рода, при котором теплообмен на границе заготовка – инструмент характеризуется постоянным значением коэффициента теплоотдачи. Дополнительно заданы следующие характеристики материала:

- теплопроводность g – задана функцией от температуры в табличном виде: при 20 °С $g = 156$ Вт/(м·К), при 100 °С $g = 154$ Вт/(м·К), при 100 °С $g = 154$ Вт/(м·К);
- теплоемкость 1,025 кДж/(кг·К);
- коэффициент теплоотдачи (между заготовкой и воздухом) 0,02 кВт/(м²·К);
- коэффициент теплоотдачи (между заготовкой и инструментом) 5 кВт/(м²·К);
- температура воздуха 20 °С;
- температура магниевой заготовки 20 °С;
- температура инструмента 20 °С.

Расчеты выполнили при переменных значениях диаметра d и высоты h цилиндрической заготовки. Из размерных величин d и h создан безразмерный параметр h/d , значения которого в расчетах назначили на уровнях 0,66; 1,06; 1,46; 1,86; 2,26.

В результате расчетов выявлено, что степень деформации увеличивается с увеличением параметра h/d . В качестве примера приведено распределение степени деформации в конечный момент времени при $h/d = 0,66$ (рис. 1, а), при данном параметре диаметр цилиндра соответствует диаметру шара, и $h/d = 2,26$ (рис. 1, б), при данном параметре диаметр цилиндра равен $d = 40$ мм.

Известно, что при испытании шара на выдавливание гидростатическим давлением опасной зоной с позиции разрушения является центральная зона шара, вследствие действия там растягивающего среднего нормального напряжения [12]. Поэтому особое внимание уделено именно этой зоне шара.

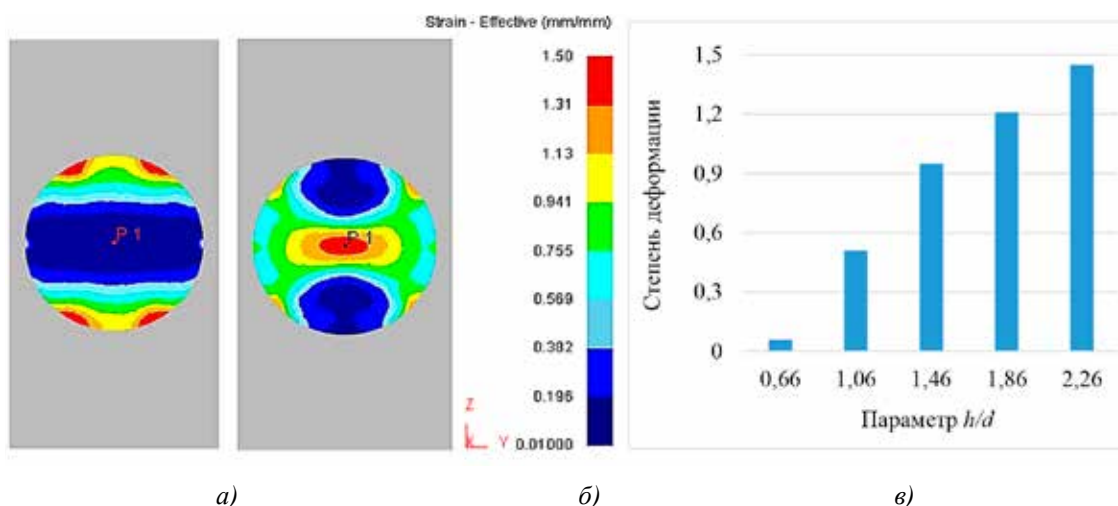


Рис. 1. Распределение степени деформации в конце процесса деформации при $h/d = 0,66$ (а) и $2,26$ (б), график зависимости степени деформации шара в контрольной точке P1 от параметра h/d (в)

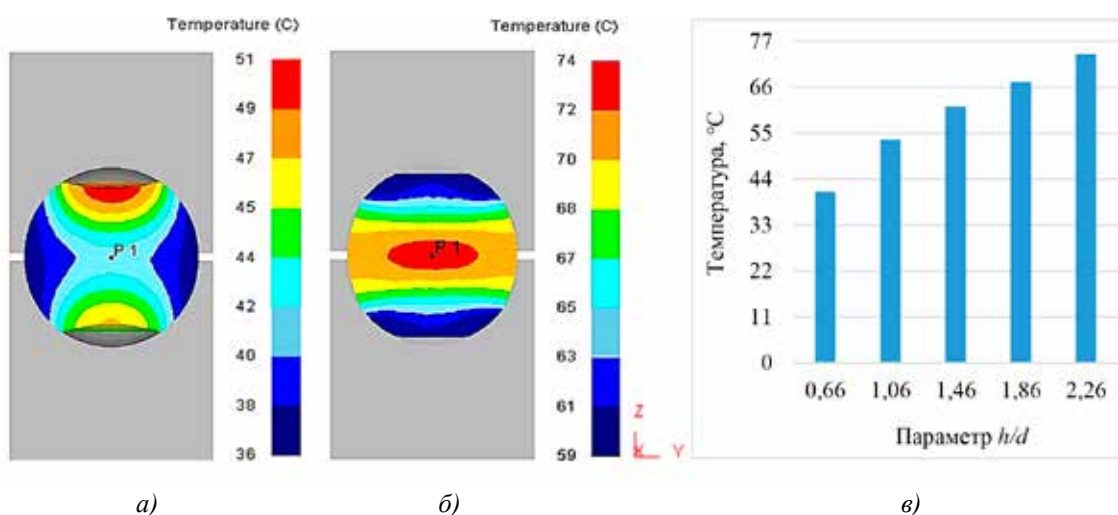


Рис. 2. Распределение температуры на последнем этапе деформации при $h/d = 0,66$ (а) и $2,26$ (б), график зависимости температуры шара на последнем этапе деформации в контрольной точке P1 от параметра h/d (в)

Назначена контрольная точка P1 с относительными координатами $r/R = 0$ и $z/h = 0$ в цилиндрической системе координат (r – текущая координата радиуса шара), в которой рассмотрено изменение уровня степени деформации с изменением параметра h/d . На рис. 1, в, представлен график зависимости степени деформации шара в контрольной точке P1 от параметра h/d . Из графика видно, что величина степени деформации в точке P1 с увеличением параметра h/d от значения 0,66 до 2,26 увеличивается в 24,2 раза. С одной стороны, малая высота заготовки упрощает конструкцию штамповочного механизма за счет уменьшения рабочего хода штампа, с другой – если ставится задача максимально возможного накопления степени

деформации по объему заготовки в процессе штамповки и преобразования литой структуры для обеспечения лучших эксплуатационных свойств шара, то использование заготовки максимально допустимой высоты является наилучшим вариантом.

По результатам моделирования получено распределение температуры по объему заготовки на последнем этапе деформации. На рис. 2, а, б, в качестве примера представлено распределение температуры при $h/d = 0,66$ и $2,26$ соответственно. На рис. 2, в, представлен график зависимости температуры заготовки в контрольной точке P1 от параметра h/d . Здесь видно, что температура в точке P1 с увеличением параметра h/d от значения 0,66 до 2,26 увеличивается на 80%.

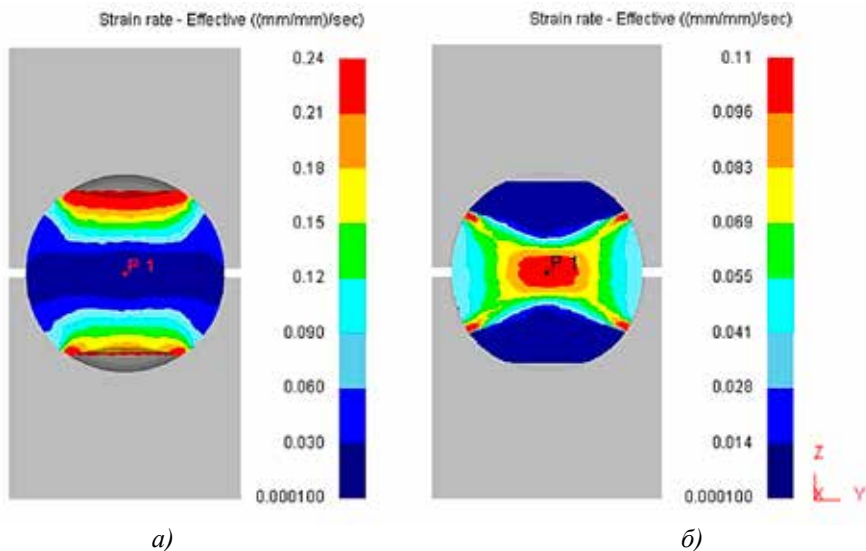


Рис. 3. Распределение скорости деформации на последнем этапе деформации при $h/d = 0,66$ (а) и $2,26$ (б)

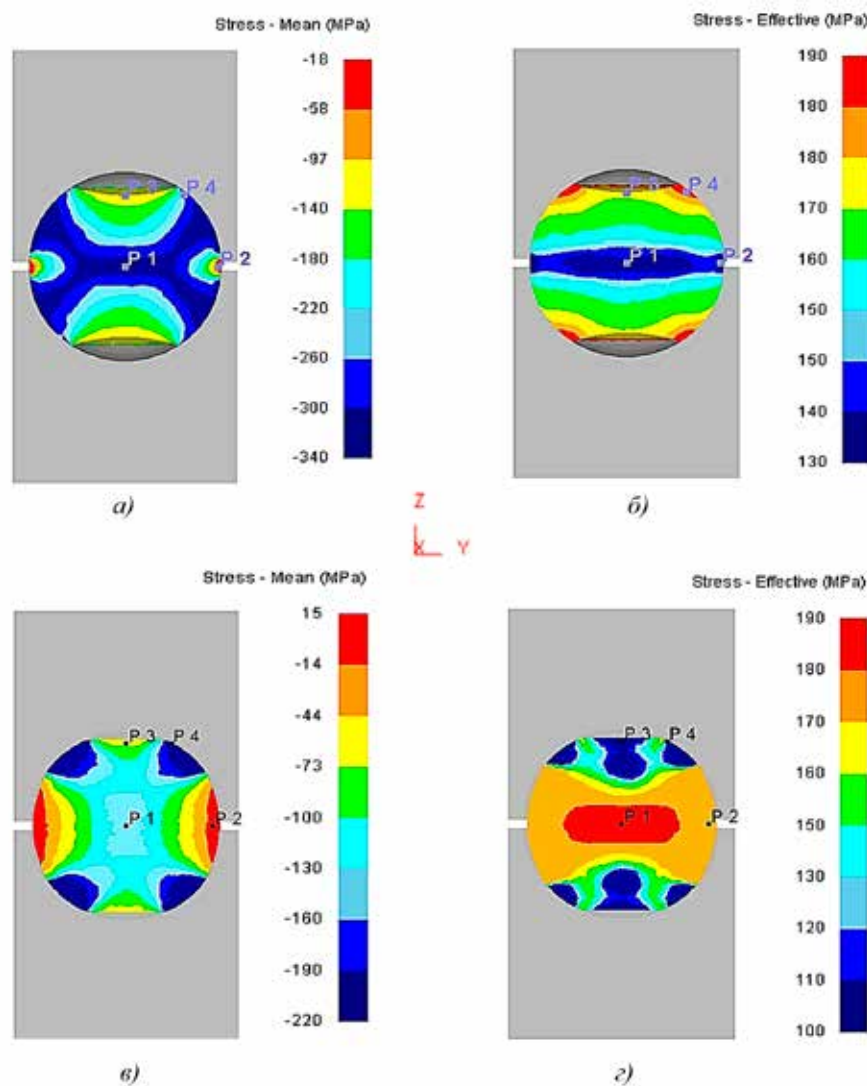


Рис. 4. Распределение среднего напряжения (а) и интенсивности напряжений (б) при $h/d = 0,66$; среднего напряжения (в) и интенсивности напряжений (г) при $h/d = 2,26$

Показатель напряженного состояния в контрольных точках P1–P4 при $h/d = 0,66; 1,06; 1,46; 1,86$ и $2,26$

h/d	Параметр	Номер точки			
		1	2	3	4
0,66	σ/T	-3,86	-0,24	-1,18	-2,32
1,06		-2,73	-0,20	-1,09	-2,22
1,46		-1,85	0,11	-0,99	-2,49
1,86		-1,42	0,19	-1,06	-3,21
2,26		-1,31	0,21	-1,14	-3,55

Следует отметить, максимальное значение температуры находится в зоне очага деформации, то есть в зоне действия наибольших сдвигов, что подтверждено распределением скорости деформации (рис. 3).

Также оценено напряженное состояние заготовки на последнем этапе деформации при $h/d = 0,66, \dots 2,26$. Для прогноза опасности разрушения заготовки было принято решение оценить параметр σ/T . Сам параметр не входит в число определяемых программным модулем DEFORM, так же как и параметр T . Поэтому пришлось наметить контрольные точки P_i ($i = 1, 2, 3, 4$) и оценить в них значения параметра stress effective, которые соответствуют понятию интенсивности напряжений $\sigma_{\text{и}}$, и stress mean, которые соответствуют понятию среднего нормального напряжения σ . В качестве примера на рис. 4, а, б, приведено распределение среднего напряжения и интенсивности напряжений при $h/d = 0,66$ соответственно, а на рис. 4, в, г, приведено распределение среднего напряжения и интенсивности напряжений при $h/d = 2,26$ соответственно.

Следует отметить, максимальное значение температуры находится в зоне очага деформации, то есть в зоне действия наибольших сдвигов, что подтверждено распределением скорости деформации (рис. 3).

Также оценено напряженное состояние заготовки на последнем этапе деформации при $h/d = 0,66, \dots 2,26$. Для прогноза опасности разрушения заготовки было принято решение оценить параметр σ/T . Сам параметр не входит в число определяемых программным модулем DEFORM, так же как и параметр T . Поэтому пришлось наметить контрольные точки P_i ($i = 1, 2, 3, 4$) и оценить в них значения параметра stress effective, которые соответствуют понятию интенсивности напряжений $\sigma_{\text{и}}$, и stress mean, которые соответствуют понятию среднего нормального напряжения σ . В качестве примера на рис. 4, а, б, приведено распределение среднего напряжения и интенсивности на-

пряжений при $h/d = 0,66$ соответственно, а на рис. 4, в, г, приведено распределение среднего напряжения и интенсивности напряжений при $h/d = 2,26$ соответственно.

Расчетные данные по показателю напряженного состояния в контрольных точках P1-P4 при $h/d = 0,66; 1,06; 1,46; 1,86$ и $2,26$ представлены в таблице.

Оценка показателя напряженного состояния на последнем этапе штамповки позволила выявить опасную с позиции разрушения зону заготовки – район точки P2 (зона отсутствия бокового подпора со стороны инструмента). Здесь при $h/d = 0,66$ и $1,06$ σ/T имеет наименьшее по модулю значение, а при $h/d = 1,46; 1,86$ и $2,26$ – положительное значение. Выявлено, что с увеличением h/d значение σ/T в точке P1 понижается по модулю с 3,86 до 1,31, то есть на 40%.

Заключение

Анализ напряженно-деформированного состояния заготовки при штамповке шара показал, что распределение деформации и уровень ее значений зависят от исходных размеров заготовки. Установлено, что с увеличением параметра h/d уровень степени деформации по объему шара увеличивается. Оценка показателя напряженного состояния на последнем этапе штамповки позволила выявить опасную зону заготовки с позиции разрушения – часть заготовки, примыкающую к контрольной точке P2. Здесь в процессе деформации отсутствует боковой подпор со стороны инструмента. Кроме того, установлено, что с увеличением h/d σ/T в центральной части заготовки на последнем этапе штамповки понижается на 40%. Оценка температурного поля заготовки на последнем этапе деформации позволила установить повышение уровня температуры по объему заготовки с увеличением h/d .

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Давление» № АААА-А18-118020190104-3.

Список литературы

1. Joost W.J., Krajewski P.E. Towards magnesium alloys for high-volume automotive applications. *Scripta Materialia*. 2017. Vol. 128. P. 107–112. DOI: 10.1016/j.scriptamat.2016.07.035.
2. Guo K., Liu M., Wang J., Sun Y., Li W., Zhu S., Wang L., Guan S. Microstructure and texture evolution of fine-grained Mg-Zn-Y-Nd alloy micro-tubes for biodegradable vascular stents processed by hot extrusion and rapid cooling. *Journal of Magnesium and Alloys*. 2020. Vol. 8. Issue 3. P. 873–882. DOI: 10.1016/j.jma.2019.09.012.
3. Sun J., Du W., Fu J., Liu K., Li S., Wang Z., Liang H. A review on magnesium alloys for application of degradable fracturing tools. *Journal of Magnesium and Alloys*. 2022. Vol. 10. Issue 10. P. 2649–2672. DOI: 10.1016/j.jma.2022.09.032.
4. Zhang C., Wu L., Huang G., Chen L., Xia D., Jiang B., Atrens A., Pan F. Effects of Fe concentration on microstructure and corrosion of Mg-6Al-1Zn-xFe alloys for fracturing balls applications. *Journal of Materials Science and Technology*. 2019. Vol. 35. Issue 9. P. 2086–2098. DOI: 10.1016/j.jmst.2019.04.012.
5. Bezrukikh A.I., Yanov V.V., Sokolov R.E., Vinogradov O.O., Partyko E.G., Stepanenko N.A., Yurev P.O. Influence of the Method of Making Frac Balls from Magnesium Alloys on their Performance Characteristics during Hydraulic Fracturing. *Metallurgist*. 2022. Vol. 65. P. 1142–1148. DOI: 10.1007/s11015-022-01257-7.
6. Liu Y., Wang W., Li Y., Han Z., Hao M. Manufacturing method of soluble alloy fracturing ball for oil and gas exploitation // Патент Японии № 107385245. Патентообладатель Xian University of Technology. 2017.
7. Yu S., Ji Z., Xiong W., Liu E., Jiang Q., Zhao Y. Soluble magnesium alloy composite fracturing ball and preparation method thereof // Патент Японии № 107099712. Патентообладатель Univ China Petroleum. 2017.
8. Nugmanov D.R., Sitdikov O.Sh., Markushev M.V. Structure of magnesium alloy MA14 after multistep isothermal forging and subsequent isothermal rolling. *The Physics of Metals and Metallography*. 2015. Vol. 116. P. 993–1001. DOI: 10.1134/S0031918X15080116.
9. Буркин С.П., Логинов Ю.Н., Разинкин А.В., Сапунжи В.В. Высокопроизводительная технология изготовления магниевых заготовок под закрытую штамповку // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2001. № 1. С. 11–15.
10. Логинов Ю.Н., Буркин С.П., Луканихин Н.Ю. Исследование штамповки шаров из цилиндрических заготовок // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 1998. № 10. С. 34–37.
11. Логинов Ю.Н., Замаева Ю.В. Моделирование штамповки биметаллического шара с оболочкой из магния // Технология легких сплавов. 2022. № 2. С. 75–82.
12. Логинов Ю.Н., Замаева Ю.В. Гидростатическое нагружение сферы из магниевых сплавов, расположенной на кольцевой опоре // Технология легких сплавов. 2019. № 4. С. 77–82.

УДК 004.81

АЛГОРИТМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ РОССИЙСКИХ РЕГИОНОВ

Макарова Е.А., Хасанова Н.В., Павлова А.Н., Мансурова М.Т.

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, e-mail: ea-makarova@mail.ru

В статье предложен алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении промышленным комплексом (ПК) российских регионов, который предполагает проведение интеллектуального анализа выборок данных и построение нейро-нечеткой сети для поддержки принятия решений при управлении развитием ПК. Применяются методы компонентного, кластерного и нейросетевого анализа. Результаты анализа региональных данных представлены в виде кластеров регионов и их характеристик. Формирование выборок данных для проведения интеллектуального анализа данных основано на структуризации множества признаков путем построения дерева декомпозиции. Для окончательного построения кластеров выполняется построение дерева композиции путем формирования интегральных признаков. Построены самоорганизующиеся карты Кохонена, на которых сформированы траектории движения регионов из текущего кластера в целевой кластер вследствие принятия управленческих решений. Построена нейро-нечеткая сеть для формирования правил поддержки принятия решений. Сформулированы принципы построения выборки для ее обучения. Полученная визуализации поверхности нечеткого вывода показала, что при переходе из текущего кластера в целевой для наиболее развитых регионов текущего кластера объем финансирования должен быть тем больше, чем более высокую позицию в целевом кластере необходимо занять. Правила сгенерированной системы нечеткого вывода целесообразно использовать при разработке интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении развитием ПК российских регионов.

Ключевые слова: промышленный комплекс, регион, интеллектуальный анализ данных, метод главных компонент, кластер, самоорганизующиеся карты

THE ALGORITHM OF INTELLECTUAL DECISION SUPPORT IN THE MANAGEMENT OF THE INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIAN REGIONS

Makarova E.A., Khasanova N.V., Pavlova A.N., Mansurova M.T.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, e-mail: ea-makarova@mail.ru

The article proposes an algorithm for intelligent decision support in the management of the industrial complex (PC) of Russian regions, which involves the intelligent analysis of data samples and the construction of a neuro-fuzzy network to support decision-making in the management of PC development. Methods of component, cluster and neural network analysis are used. The results of the analysis of regional data are presented in the form of clusters of regions and their characteristics. The formation of data samples for data mining is based on the structuring of a set of features by constructing a decomposition tree. For the final construction of clusters, the composition tree is constructed by forming integral features. Self-organizing Kohonen maps are constructed, on which the trajectories of the movement of regions from the current cluster to the target cluster are formed as a result of management decisions. A neuro-fuzzy network has been built to form decision support rules. The principles of constructing a sample for its training are formulated. The resulting visualization of the fuzzy inference surface showed that when moving from the current cluster to the target for the most developed regions of the current cluster, the amount of funding should be the greater, the higher the position in the target cluster should be occupied. It is advisable to use the rules of the generated fuzzy inference system when developing an intelligent decision support system for managing the development of PCs in Russian regions.

Keywords: industrial complex, region, data mining, principal component method, cluster, self-organizing maps

Особенности современной экономической действительности свидетельствуют о возрастании значимости высокоразвитой промышленности как условия обеспечения устойчивости развития социально-экономических систем как федерального, так и регионального уровней [1-4]. Особую актуальность приобретают исследования, направленные на разработку информационно-аналитических систем и интеллектуальных систем поддержки принятия решений, применяемых для целей управления сбалансированным развитием промышленных комплексов (ПК) российских регионов на основе сопоставительного анализа уровней их экономического развития [5; 6].

В рамках проводимых исследований ведется разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении развитием ПК российских регионов на основе применения методов мультиагентного моделирования и интеллектуального анализа данных [6; 7]. Одной из решаемых проблем является разработка методов и алгоритмов анализа данных об уровне развития промышленных комплексов российских регионов, а также формирования правил поддержки принятия управленческих решений для ПК, деятельность которых осуществляется по следующим направлениям (видам экономической деятельности): «Добыча полезных ископа-

емых» (ДПИ); «Обрабатывающие производства» (ОбП); «Обеспечение регионов электрической энергией, газом и паром и кондиционирование воздуха» (ЭГП).

Цель проводимых исследований состоит в разработке алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении промышленным комплексом российских регионов в целом на основе интеллектуального анализа данных об уровне развития ПК регионов в отдельности с учетом влияния социальных аспектов.

Материал и методы исследования

Предлагаемый алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении ПК российских регионов основан на следующих концептуальных положениях.

Во-первых, для обеспечения поддержки принятия решений проводится интеллектуальный анализ данных, характеризующих уровень развития ПК регионов РФ [7; 8]. Для проведения анализа данных применяются методы компонентного, кластерного и нейросетевого анализа. Результаты анализа региональных данных представлены в виде выделенных кластеров регионов и их характеристик.

Во-вторых, в процессе подготовки данных для проведения интеллектуального анализа данных проводится структуризация множества признаков путем их декомпозиции с целью формирования выборок данных, анализ которых позволяет обеспечить наглядность и интерпретируемость получаемых результатов [8].

В-третьих, для формирования правил поддержки принятия решений используются нейро-нечеткие сети (ННС). С целью подготовки данных для обучения ННС выполняется композиция признаков с помощью формирования интегральных признаков, полученных в процессе проведения компонентного анализа, а также формирование интегральной выборки [8].

Разработанный алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении ПК включает следующие шаги.

На первом шаге выполняется построение дерева декомпозиции признаков, характеризующих состояние ПК российских регионов. На первом уровне декомпозиции выделено два множества признаков: множество K1 признаков, характеризующих уровень социально-экономического развития регионов, и множество K2 признаков, характеризующих производственный потенциал регионов. На втором уровне декомпозиции в множестве K1 выделены три подмножества признаков, формирующих выборки для анализа: множество призна-

ков, характеризующих уровень экономического развития в аспекте развития ДПИ, ОбП и ЭГП (выборка D11), множество признаков, характеризующих взаимосвязанное развитие ОбП и ЭГП (выборка D12); множество признаков, характеризующих социальный аспект развития регионов (выборка D13). В составе множества K2 на втором уровне декомпозиции выделены также три подмножества признаков, характеризующих производственный потенциал ДПИ (выборка D21), ОбП (выборка D22) и ЭГП (выборка D23).

На втором шаге проводится компонентный и кластерный анализ выборок второго уровня дерева декомпозиции. Результаты анализа выборок D11, D12 и D13 представлены ранее [8]. Эти результаты используются для последующей композиции признаков. Компонентный и кластерный анализ данных выполняются в среде Statgraphics.

Анализ выборок D21, D22 и D23, характеризующих производственный потенциал регионов в аспектах развития ДПИ, ОбП и ЭГП, позволил получить следующие результаты.

По результатам проведения компонентного анализа данных, характеризующих потенциал ДПИ (выборка D21), построены первые две главные компоненты, представляющие собой оси новой координатной плоскости для визуализации многомерных данных. Получены значения весовых коэффициентов признаков в главных компонентах (табл. 1), расчет которых выполняется автоматически согласно алгоритму преобразования Хотеллинга [6].

По полученным весам признаков определено, что главная компонента F_{211} интегрально характеризует объем основных фондов (ОФ) ДПИ с учетом скорости их обновления, а компонента F_{212} характеризует износ ОФ ДПИ.

На диаграмме рассеяния (рис. 1) выделено шесть квадрантов-кластеров. Наибольшим объемом основных фондов ДПИ обладают Сахалинская и Тюменская области, при этом большая часть регионов России расположена в области низких значений этого показателя, а счетное количество – в области средних значений (Магаданская область, Астраханская область, Республика Коми, Республика Бурятия и другие). Наибольший износ ОФ ДПИ наблюдается в Еврейской автономной области, Республике Крым, Кабардино-Балкарской Республике. Республика Башкортостан и Республика Татарстан находятся в области среднего износа ОФ ДП. Для уточнения границ кластеров проведен кластерный анализ, в целом подтвердивший представленные результаты.

Таблица 1

Весовые коэффициенты признаков (выборка D21)

Название признака	Главная компонента F_{211}	Главная компонента F_{212}
ВРП на душу населения	0,515523	0,209877
Доля основных фондов ДП	0,594278	0,175423
Ввод в действие основных фондов ДП	0,537876	0,140398
Степень износа основных фондов ДП	-0,206567	0,678883
Удельный вес полностью изношенных основных фондов ДП	-0,221558	0,666771

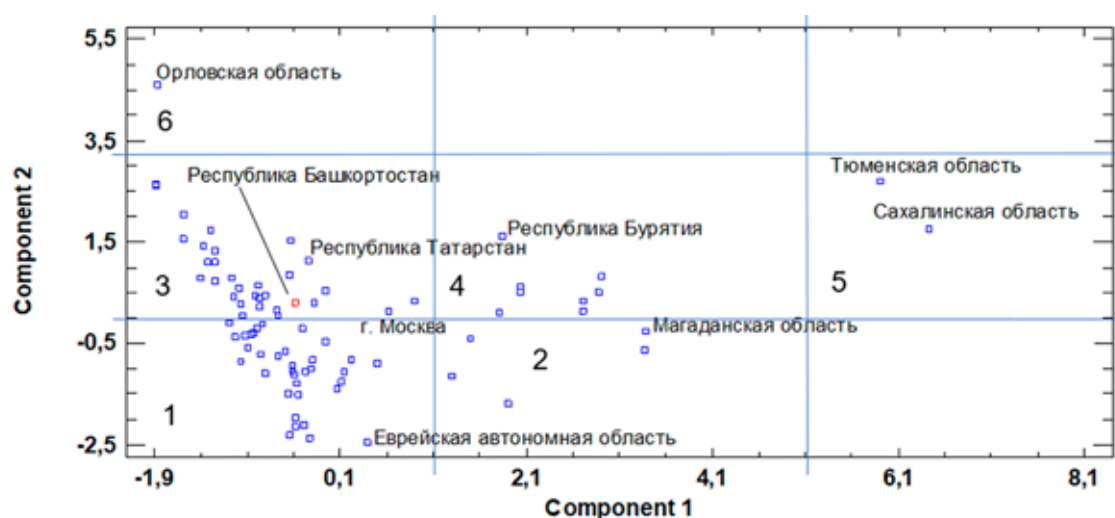


Рис. 1. Диаграмма рассеяния, отражающая потенциал ДПИ регионов (выборка D21)

Таблица 2

Весовые коэффициенты признаков (выборка D22)

Название признака	Главная компонента F_{221}	Главная компонента F_{222}
Доля основных фондов ОП	0,569435	-0,373029
Степень износа основных фондов ОП	0,42903	0,575388
ВРП на душу населения	-0,145228	0,132532
Ввод в действие основных фондов ОП	0,449732	-0,554692
Удельный вес полностью изношенных основных фондов ОП	0,518003	0,45225

Результаты компонентного анализа данных, характеризующих потенциал ОБП (выборка D22), представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Компонента F_{221} позволяет выделить регионы с высокой долей ОФ и высоким износом ОФ и наоборот; компонента F_{222} позволяет выделить регионы с высоким износом ОФ, которым присущи низкий темп обновления ОФ для ОБП, и наоборот.

На диаграмме рассеяния (рис. 2) выделено восемь кластеров.

Показано, что наибольшее значение F_{221} имеют такие регионы, как Республика Коми, Тульская, Липецкая, Челябинская, Вологодская области, то есть для этих регионов характерны высокая доля ОФ ОБП при их высоком износе. В целом большая часть регионов расположена в зоне низких и средних значений F_{221} . Республика Коми и г. Севастополь отличаются самыми низкими темпами обновления ОФ ОБП. Республика Башкортостан и Республика Татарстан находятся в области средних значений

потенциала обрабатывающих производств: им присущи средние значения доли ОФ ОБП при их среднем износе и средних темпах обновления.

При проведении компонентного анализа данных о потенциале ПК по направлению ЭГП (выборка D23) построены две главные компоненты и диаграмма рассеяния (табл. 3).

Показано, что компонента F_{231} позволяет выделить регионы с высоким темпом развития ОФ ЭГП при низком износе ОФ ЭГП и наоборот; компонента F_{232} позволяет выделить регионы с высоким потенциалом ЭГП и большим износом ОФ ЭГП и наоборот.

На диаграмме рассеяния выделено семь кластеров (рис. 3). Диаграмма рассеяния показывает, что счетному числу регионов (Магаданская область, Республика Алтай, Воронежская область и другие) присущ высокий темп развития ОФ при низком износе ОФ ЭГП, что характерно для регионов с «молодыми» предприятиями энергетической промышленности. Кроме того, также для счетного числа регионов характерным является высокий потенциал ЭГП при большой степе-

ни износа ОФ (Курганская область, Смоленская область, Республика Тыва). Большинство регионов России, в том числе Республика Башкортостан, находятся в области средних значений потенциала ЭГП при среднем темпе развития и среднем износе ОФ.

На третьем шаге выполняется построение дерева композиции путем формирования интегральных признаков, в качестве которых рассматриваются главные компоненты, построенные по результатам проведения компонентного анализа выборок D11, D12, D13, D21, D22, D23. Формируется интегральная выборка INT по разработанным правилам [8].

На четвертом шаге проводится компонентный и нейросетевой анализ интегральной выборки INT. Вначале проводится компонентный анализ, результаты которого позволяют выполнить итоговое построение кластеров регионов, при этом учитываются все признаки множеств K1 и K2, характеризующих уровень развития ДПИ, ОБП и ЭГП, а также их производственный потенциал.

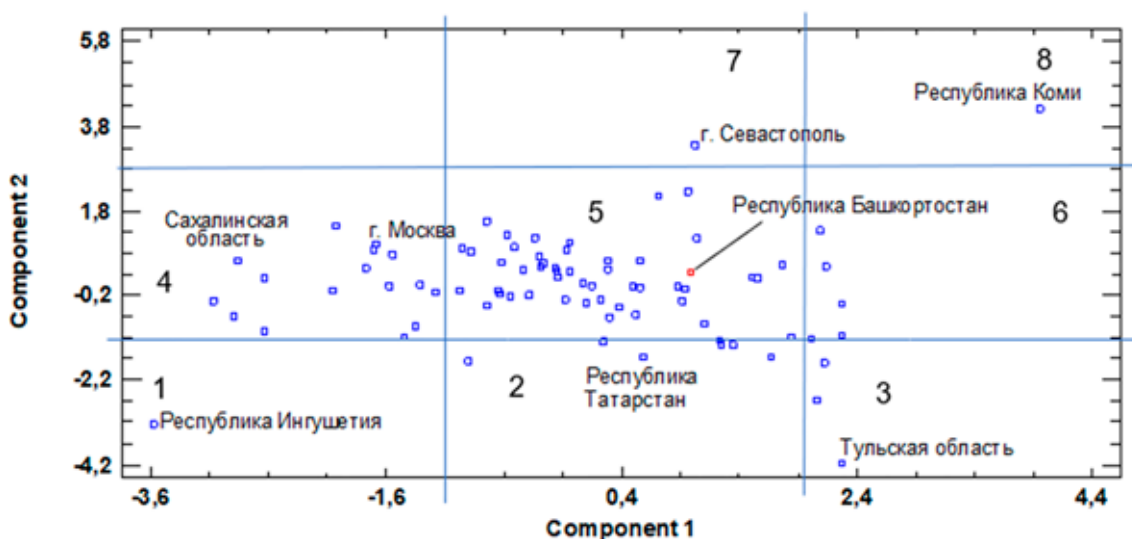


Рис. 2. Диаграмма рассеяния, отражающая потенциал ОБП регионов (выборка D22)

Таблица 3

Весовые коэффициенты признаков (выборка D23)

Название признака	Главная компонента F_{231}	Главная компонента F_{232}
ВРП на душу населения	0,0549214	-0,390148
Доля основных фондов ЭГП	0,287746	0,678463
Степень износа основных фондов ЭГП	-0,571867	0,326729
Ввод в действие основных фондов ЭГП	0,515897	0,403019
Удельный вес полностью изношенных основных фондов ЭГП	-0,566572	0,343943

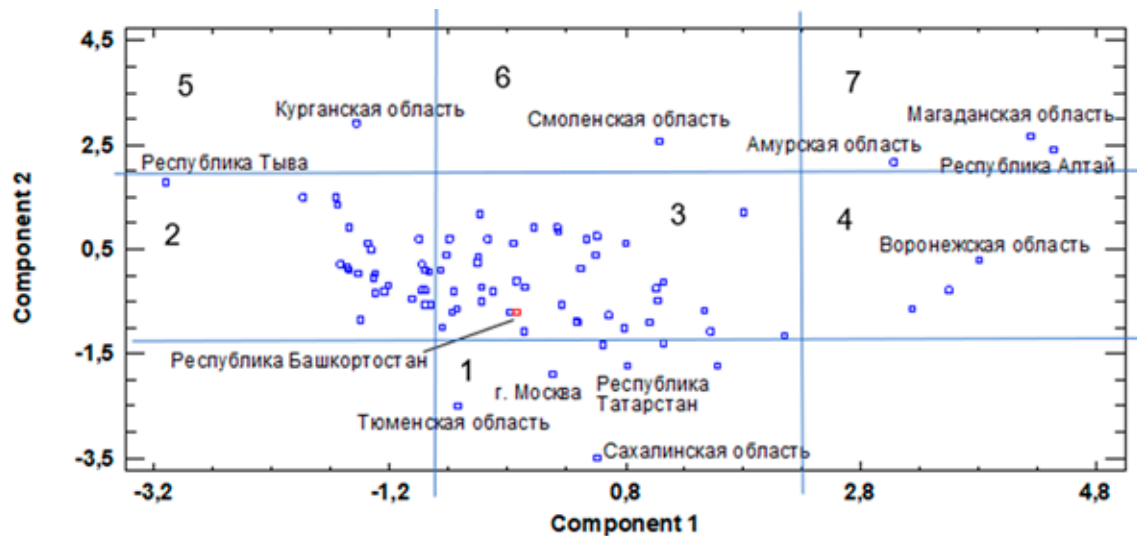


Рис. 3. Диаграмма рассеяния, отражающая потенциал ЭГП регионов (выборка D23)

Далее выполняется построение самоорганизующихся карт Кохонена, которые предназначены, во-первых, для уточнения состава кластеров и их характеристик и, во-вторых, для построения траекторий движения регионов, отражающих переход регионов из менее развитого кластера (текущего) в более развитый кластер (целевой) вследствие принятия управленческих решений. Для построенных карт Кохонена выявлены возможные траектории движения, представленные на рисунке 4.

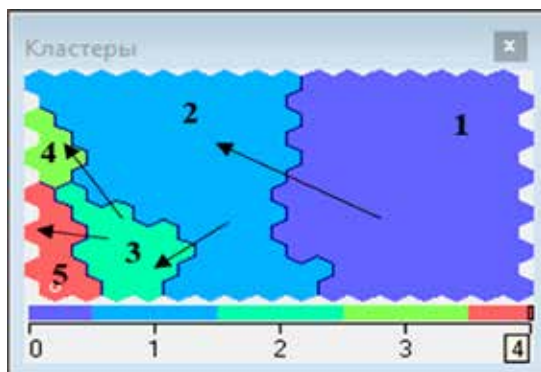


Рис. 4. Карта Кохонена с выделенными траекториями движения регионов (выборка INT)

Расположение кластеров упорядочено справа налево в порядке возрастания уровня экономического развития и снижения их численности. Самый многочисленный кластер 1 включает 50 регионов, которые характеризуются низким уровнем развития ПК и невысоким производственным потенциалом. Кластер 4 и кластер 5, в состав ко-

торых входят регионы-лидеры «г. Москва» и «Тюменская область», значительно удалены от других кластеров регионов, о чем свидетельствует полученная матрица расстояний. Для этих регионов характерен высокий уровень развития ПК и высокий производственный потенциал. Построенные траектории движения регионов при переходе из менее развитого кластера в более развитый используются для построения нейро-нечеткой сети при поддержке принятия управленческих решений.

На пятом шаге выполняется построение ННС для формирования правил поддержки принятия решений. Сформулированы принципы построения обучающей выборки. Во-первых, предполагается использование результатов компонентного анализа интегральной выборки INT в виде значений построенных главных компонент F_{int1} и F_{int2} . Во-вторых, на самоорганизующихся картах Кохонена строятся траектории перемещения регионов из менее развитого кластера в более развитый вследствие принятия управленческих решений; траектории используются при формировании обучающей выборки. В-третьих, каждая строка выборки соответствует прецеденту принятия решений. В-четвертых, учитывается лаг принятия решений.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам проведения компонентного и нейросетевого анализа построенных выборок согласно предложенному алгоритму выполнено построение ННС в пакете Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB.

Обучающая выборка сформирована в соответствии с предложенными принципами, при этом выделен ряд дополнений. Во-первых, рассматривается только один переход на самоорганизующихся картах Кохонена – из кластера 1 в кластер 2. Во-вторых, при формировании части «ЕСЛИ» правил принятия решений используются значение главной компоненты F_{int1} для текущего расположения региона и значение F_{int10} для целевого расположения региона. Кроме того, в часть «ЕСЛИ» включаются значения разницы $\Delta ВРП$ в валовом региональном продукте (ВРП) целевого и текущего расположения регионов. В-третьих, при формировании части «ТО» правил указывается

значение расходов на национальную экономику целевых регионов с учетом временного лага в три года (табл. 4).

По результатам обучения ННС сгенерированы нечеткие правила, могут использоваться для поддержки принятия решений при управлении развитием ПК регионов России путем корректировки расходов на национальную экономику (output).

Полученная визуализация поверхности нечеткого вывода рассматриваемой модели для главной компоненты F_{int1} текущего кластера (input1) и главной компоненты F_{int10} целевого кластера (input2) представлена на рисунке 5.

Таблица 4

Фрагмент выборки, используемой для обучения ННС

ЕСЛИ			ТО
Значение F_{int1} региона текущего кластера	Значение F_{int10} региона целевого кластера	$\Delta ВРП$	Средняя разница в расходах на национальную экономику региона целевого кластера и региона текущего кластера
2.59	12	13.7	10.5
3.69	11.1	11.5	9.71
4.64	8.12	3.16	1.7
5.35	12.7	13.3	4.79
5.98	11.3	6.95	25.4

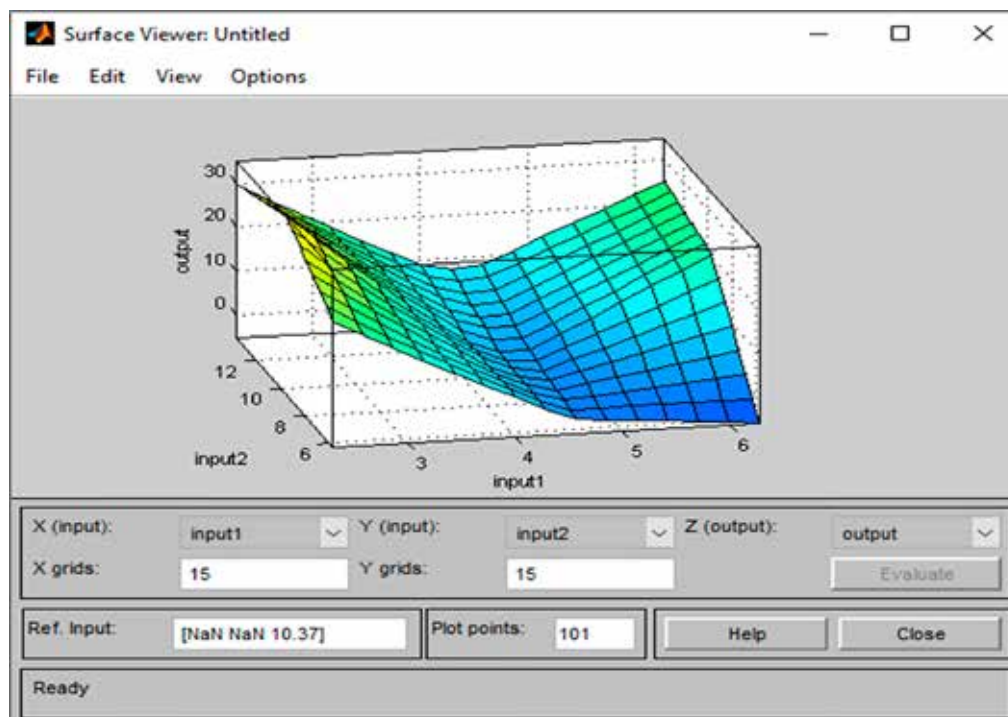


Рис. 5. Визуализация поверхности нечеткого вывода (выборка INT)

Полученная визуализация поверхности нечеткого вывода позволяет заключить следующее. Во-первых, выраженные тенденции роста расходов на национальную экономику присущи для регионов текущего кластера, находящихся ближе к границе с целевым кластером, при формировании ими перехода в последовательно улучшающиеся позиции целевого кластера. Во-вторых, имеет место нелинейная зависимость расходов на национальную экономику от характеристик уровня развития и производственного потенциала ПК регионов в текущем и целевом кластерах. Эта зависимость характерна для переходов в наилучшие позиции целевого кластера, при этом объективная тенденция снижения расходов на национальную экономику при начальном улучшении положения региона в текущем кластере сменяется нетривиальной тенденцией роста расходов при последующем его улучшении. Минимум расходов на национальную экономику наблюдается для центральных регионов текущего кластера. Эффект роста расходов на национальную экономику при последующем улучшении положения региона в текущем кластере объясняется недостаточным объемом ранее накопленного производственного потенциала ПК, что подтверждается результатами компонентного анализа, выполненного на предшествующих шагах алгоритма интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении ПК.

Заключение

Таким образом, предложен алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении ПК российских регионов, который предполагает проведение интеллектуального анализа различных выборок данных и построение нейро-нечеткой сети для поддержки принятия решений при управлении развитием ПК российских регионов. Для реализации поддержки принятия решений применяются методы компонентного, кластерного, нейросетевого анализа, а также выполняется построение

нейро-нечетких сетей. Особенностью алгоритма является формирование выборок данных на основе проведения декомпозиции множества исходных признаков, характеризующих уровень развития ПК регионов, а также композиции признаков на основе результатов компонентного анализа. Правила сгенерированной системы нечеткого вывода целесообразно использовать при разработке интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении развитием ПК российских регионов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-08-00796 «Интеллектуальное управление промышленным комплексом как динамическим многоагентным объектом на основе методов когнитивного моделирования и машинного обучения».

Список литературы

1. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 13.11.2022).
2. Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года: распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 г. № 207-р.
3. Фальцман В. Россия: факторы роста в контексте мировой экономики // Современная Европа. 2020. № 1. С. 5-13.
4. Нижегородцев Р.М., Пискун Е.И., Кудревич В.В. Прогнозирование показателей социально-экономического развития региона // Экономика региона. 2017. Т. 13. Вып. 1. С. 38-48.
5. Черногорский С.А. Швецов К.В. Костин К.Б. Высокопроизводительные вычислительные технологии в задачах социально-экономического развития регионов // Вычислительные технологии в развитии регионов. 2020. № 2. С. 225-226.
6. Макшанов А.В., Журавлев А.Е. Технологии интеллектуального анализа данных: учебное пособие. СПб.: Лань, 2018. 212 с.
7. Ильясов Б.Г., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Габдуллина Э.Р. Методологические основы моделирования и интеллектуального управления промышленным комплексом как сложным динамическим многоагентным объектом // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 11-2. С. 288-293.
8. Bary Ilyasov, Elena Makarova, Elena Zakieva, Elvira Gabdullina and Margarita Mansurova. Method of Data Mining on the State of Industries in Russian Regions with Regard to Social Factors. SibDATA 2021 The 2nd Siberian Scientific Workshop on Data Analysis Technologies with Applications 2021 Short Paper Proceedings of the 2nd Siberian Scientific Workshop on Data Analysis Technologies with Applications 2021 Krasnoyarsk. 2021. № 25. P. 44-50.

УДК 621.923

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОДАЧИ СТОЛА НА МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ПРИ ГЛУБИННОМ ШЛИФОВАНИИ

Носенко С.В., Носенко В.А., Кременецкий Л.Л., Сердюков Н.Д.

Волжский политехнический институт (филиал)

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»,

Волжский, e-mail: kreonid@yandex.ru

Статья посвящена исследованию микрорельефа поверхности сплава Ti6Al4V, полученной способом глубинного шлифования инструментом из карбида кремния зеленого. Закономерности формирования микрорельефа обработанной поверхности сплава на основе титана исследованы при различной скорости подачи стола с учетом этапа глубинного шлифования. Установлено, что морфология обработанной поверхности титанового сплава изменяется по длине шлифования. Адгезивно-когезионное взаимодействие в паре абразив – металл наиболее интенсивно на этапе ПДДК, когда мгновенная режущая способность достигает максимального значения. Обрабатываемый материал засаливает шлифовальный круг, затем с вершин зерен переносится на заготовку, размазывается по обработанной поверхности. С переходом на этап выхода интенсивность взаимодействия снижается. В конце этапа выхода морфология поверхности приближается к морфологии, формируемой при маятниковом шлифовании. С увеличением скорости подачи стола в 1,5 раза (от 100 до 150 мм/мин) количество налипов металла на обработанной поверхности возрастает. Происходит перенос посторонних включений на обработанную поверхность. Результаты элементного анализа данных посторонних включений позволяют определить их как продукты износа круга (кристаллы карбида кремния), перенесенные на поверхность титанового сплава.

Ключевые слова: скорость подачи стола, глубинное шлифование, сканирующая электронная микроскопия, микрорельеф, морфология поверхности, титановый сплав, круг из карбида кремния

THE EFFECT OF FEED RATE ON SURFACE MORPHOLOGY OF TITANIUM ALLOY AT CREEP-FEED GRINDING

Nosenko S.V., Nosenko V.A., Kremenetskiy L.L., Serdyukov N.D.

Volzhsky Polytechnical Institute (Branch), Volgograd State Technical University, Volzhsky,

e-mail: kreonid@yandex.ru

The article is devoted to research of the microrelief of the surface of Ti6Al4V alloy, obtained by the method of creep-feed grinding by instrument made of green silicon carbide. The formation patterns of the microrelief of the machined titanium-based alloy surface were researched at different feed rates, taking into account the stage of creep-feed grinding. It was founded that the morphology of the machined titanium alloy changes along the grinding length. Adhesive-cohesive interaction in a pair of abrasive-metal is most intense when instantaneous cutting ability reaches its maximum value. The material being processed is fouling the grinding wheel, then adhered metal transferred from grains to the workpiece and smeared over the machined surface. The intensity of interaction decreases at the stage of exit. At the end of the stage of exit, the surface morphology approximates the morphology formed during conventional grinding. The amount of adhered metal on the machined surface increases with an 1.5-fold increase of feed rate (from 100 mm/min to 150 mm/min). Foreign inclusions are transferred to the processed surface. Chemical analysis of these foreign inclusions allow to determine them as tool wear (silicon carbide crystals) transferred to the titanium alloy surface.

Keywords: feed rate, creep-feed grinding, scanning electron microscopy, microrelief, surface morphology, titanium alloy, silicon carbide wheel

Глубинное шлифование (ГШ) является наиболее высокопроизводительным процессом абразивной обработки, необходимым для получения особо ответственных деталей [1]. Титановые сплавы, обладающие уникальным комплексом физико-механических свойств, находят широкое применение в изготовлении данных деталей, к качеству исполнения которых предъявляют высокие требования [2, 3]. Интенсивное засаливание шлифовального круга сопровождается процессом ГШ титановых сплавов [4], потому он невозможен без обеспечения ряда мер. К ним относят необходимость использования специаль-

ных СОТС [5] и абразивного инструмента [6], выбор режимов шлифования [7] и правки [8].

Абразивные частицы, внедренные в поверхность в ходе шлифования, нарушают целостность деталей и сокращают срок их эксплуатации [9]. Метод микрорентгеноспектрального анализа подтверждает влияние адгезии на структуру [10–12] и химический состав [13] обработанной поверхности сплавов на основе титана. Необходима разработка мер, обеспечивающих минимизацию негативного влияния адгезии на структуру поверхности титановых сплавов. Повышение производи-

тельности ГШ титановых сплавов также является приоритетной задачей абразивной обработки. Режим резания оказывает влияние на процесс формирования поверхности: методом электронной микроскопии доказано, что с увеличением скорости шлифовального круга растет интенсивность контактного взаимодействия в паре абразив – металл, что отражается на состоянии поверхности титанового сплава [13]. Скорость подачи стола является одним из элементов режима резания и ключевым направлением повышения производительности. Тем не менее закономерности формирования морфологии обрабатываемой поверхности титанового сплава в данных условиях до сих пор исследованы недостаточно как российским, так и мировым научным сообществом.

Цель исследования – при шлифовании с различной скоростью подачи стола методом сканирующей электронной микроскопии установить закономерности формирования морфологии сплава на основе титана.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования выбран титановый сплав Ti6Al4V. Обработку осуществляли на обрабатывающем центре SLS 434 CNC «Станковендт». Длина обрабатываемой заготовки 40 мм.

В качестве абразивного инструмента использовали шлифовальный круг из карбида кремния зеленого 64CF80H12V производства ОАО «ВАЗ». Режимы обработки: скорость подачи стола $v_s = 100$ мм/мин, 150 мм/мин; скорость шлифования $v = 20$ м/с; глубина шлифования $t = 2$ мм; подача правящего алмазного ролика $S_p = 1,2$ мкм/об.

СОЖ марки Castrol Syntilo 81 E под давлением 12 бар и при расходе 200 л/мин подавали на гидроочистку и в зону правки шлифовального круга.

Методика проведения исследований микрорельефа поверхности с помощью сканирующей электронной микроскопии изложена в работе [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Процесс ГШ плоской поверхности кругом прямого профиля характеризует большая длина дуги контакта инструмента и обрабатываемого материала, что предполагает наличие этапов процесса [14]. Номинальная мгновенная режущая способность q , приведенная к ширине обрабатываемой поверхности, характеризует производительность шлифования за единицу времени и изменяется по длине шлифова-

ния. Для этапов ГШ разработаны математические модели данного критерия управления процессом резания [14]. Процесс резания начинается на этапе врезания. Данный этап показан в отрицательной области оси абсцисс, так как формирование обработанной поверхности происходит только на этапах постоянной длины дуги контакта (ПДДК) и выхода (рис. 1). На этапе врезания q возрастает от нуля до максимального значения, соответствующего заданной глубине обработки. За этап ПДДК q не изменяется, с переходом на этап выхода q начинает снижаться.

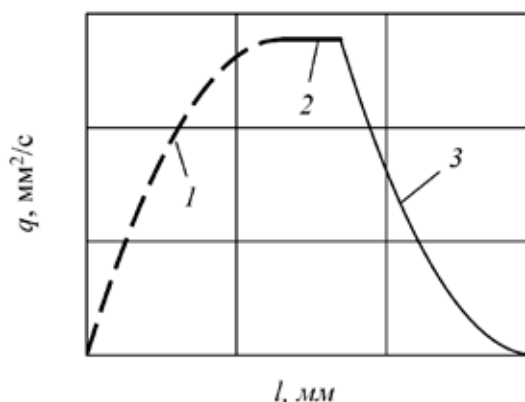


Рис. 1. Изменение номинальной приведенной мгновенной режущей способности q по длине шлифования l : 1 – этап врезания; 2 – этап ПДДК; 3 – этап выхода

Состояние поверхности, полученной при $v_s = 100$ мм/мин, свидетельствует об интенсивном адгезионно-когезионном процессе в паре абразив – металл, сопровождающем процесс шлифования. На рабочую поверхность шлифовального круга налипают обрабатываемый материал, затем он переносится на заготовку и размазывается по ней (рис. 2, а). Шлифование на этапе ПДДК и далее сопровождается процессом переноса материала с инструмента на поверхность заготовки (рис. 2, б). С переходом на этап выхода состояние рельефа постепенно начинает изменяться. На расстоянии $l = 13,6$ мм от края заготовки поверхность становится более однородной (рис. 2, в). На расстоянии $l = 30,4$ мм от края заготовки налипшего на поверхность металла существенно меньше, чем на поверхности, сформированной на этапе ПДДК (рис. 2, г). Далее морфология поверхности уже не изменяется значительно – на расстоянии $l = 37,6$ мм от края заготовки на поверхности присутствует некоторое количество налипов металла и посторонних включений (рис. 2, д).

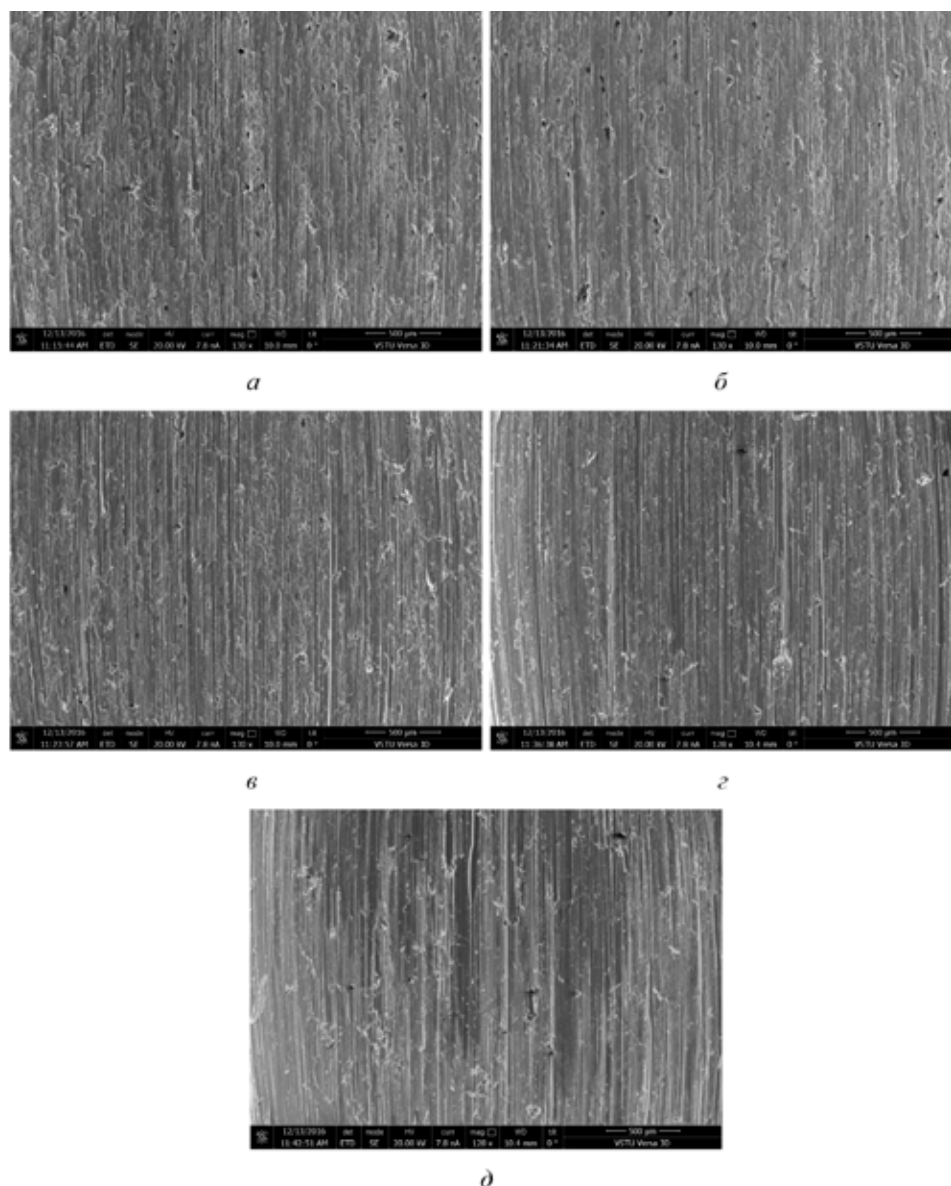


Рис. 2. Морфология обработанной поверхности, $v_s = 100$ мм/мин:
 $a - l = 1$ мм; $б - l = 9,4$ мм; $в - l = 13,6$ мм; $г - l = 30,4$ мм; $д - l = 37,6$ мм

Состояние поверхности, полученной при $v_s = 150$ мм/мин, так же как и при $v_s = 100$ мм/мин, на этапе ПДДК свидетельствует об интенсивной адгезии сплава Ti6Al4V к карбиду кремния, интенсивной когезии налипшего на круг материала к материалу заготовки (рис. 3, а). Фактическая глубина шлифования и длина дуги контакта рабочей поверхности шлифовального круга с обрабатываемой заготовкой почти не снижаются за этап ПДДК [14], потому на данном этапе интенсивность адгезионно-когезионного взаимодействия остается высокой. С переходом на этап выхода количество наливов уменьшается, но дальнейшее снижение q по длине шлифования почти

не оказывает влияния на морфологию поверхности в данных условиях (рис. 3, б–г).

Сравнение электронных фотографий показало, что увеличение скорости подачи стола до $v_s = 150$ мм/мин оказывает влияние на морфологию поверхности. С увеличением v_s возрастают температура заготовки и средняя локальная температура на площадке контакта абразивного зерна и заготовки, оказывающая преобладающее влияние на интенсивность налипания частиц обрабатываемого материала на шлифовальный круг [15]. С ростом интенсивности адгезии обрабатываемого титанового сплава к карбиду кремния увеличивается интенсивность когезии – большее количе-

ство частиц материала обратно переносится на основной материал. Сканирующая электронная микроскопия подтверждает установленную закономерность: состояние микрорельефа поверхности титанового сплава зависит от скорости подачи стола; с увеличением v_s в 1,5 раза на обрабатываемой поверхности растет количество наливов металла.

Методом сканирующей электронной микроскопии дополнительно было проведено исследование поверхности, полученной при режиме маятникового шлифования: скорость подачи стола $v_s = 200$ мм/мин;

скорость шлифования $v = 20$ м/с; глубина шлифования $t = 0,1$ мм; подача правящего алмазного ролика $S_p = 0,6$ мкм/об.

Морфология поверхности, полученной при режиме маятникового шлифования, почти не изменяется по длине заготовки (рис. 4, а, б). Установлено наличие множества царапин и борозд, оставленных вершинами зерен в поверхности титанового сплава. Количество и размер наливов металла на поверхности сплава Ti6Al4V свидетельствуют о меньшей, чем при ГШ, интенсивности адгезионно-когезионного процесса в паре карбид кремния – титановый сплав.

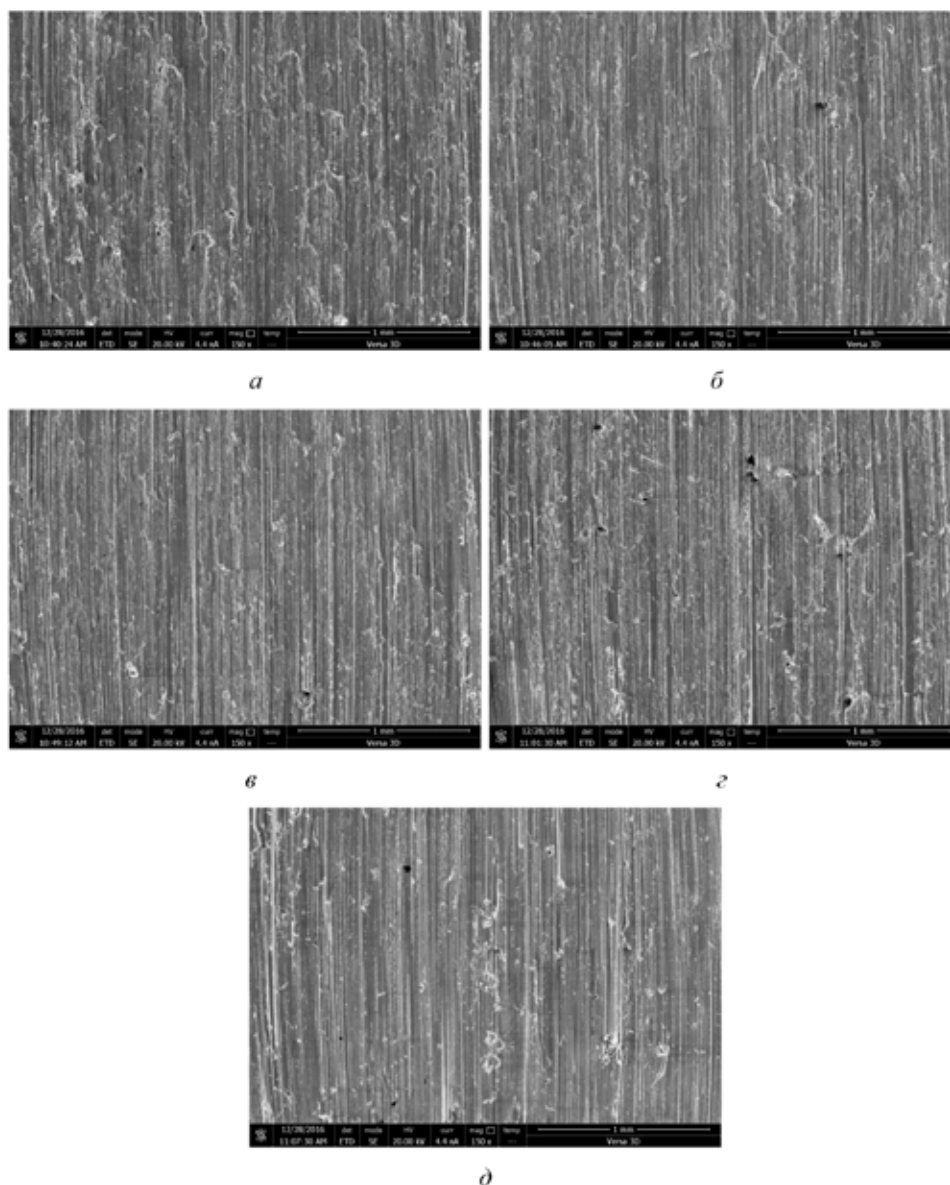


Рис. 3. Морфология обработанной поверхности, $v_s = 150$ мм/мин:
а – $l = 1$ мм; б – $l = 9,4$ мм; в – $l = 13,6$ мм; г – $l = 30,4$ мм; д – $l = 37,6$ мм

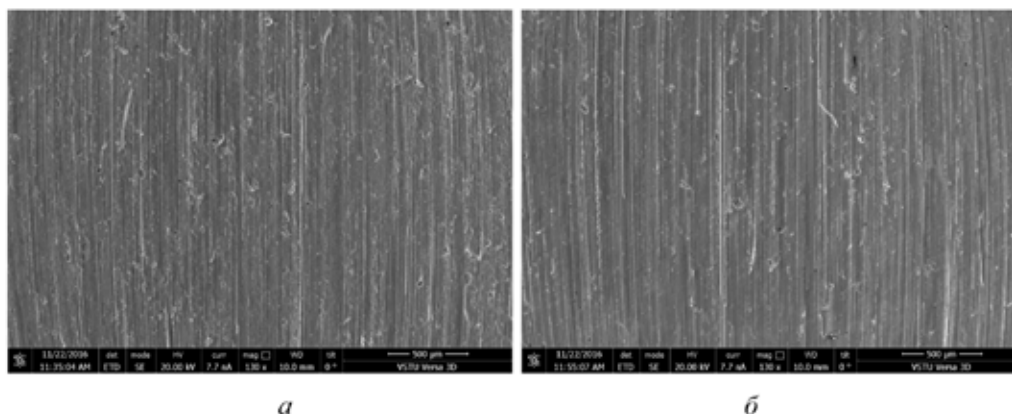


Рис. 4. Морфология обработанной поверхности, $v_s = 200$ мм/мин:
а – $l = 5,2$ мм; б – $l = 37,6$ мм

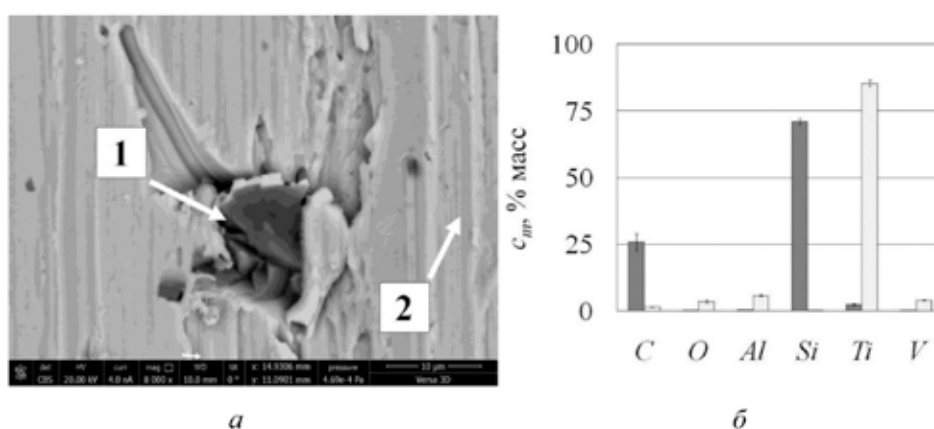


Рис. 5. Морфология обработанной поверхности при увеличении $\times 8000$ (а);
результаты точечного анализа элементного состава (б): ■ – точка 1; □ – точка 2

Сравнение электронных фотографий обработанной поверхности показало, что на расстоянии $l = 30,4$ мм от края заготовки морфология поверхности при ГШ в данных условиях приближается к морфологии поверхности, формируемой при маятниковом шлифовании (рис. 2, г; 4, а). При $v_s = 150$ мм/мин морфология поверхности приближается к морфологии, получаемой при маятниковом шлифовании, только на расстоянии $l = 37,6$ мм от края заготовки со стороны входа шлифовального круга (рис. 3, д; 4, а).

Обработанная поверхность сплава Ti6Al4V имеет посторонние включения, форма которых позволяет предварительно определить их как продукты износа шлифовального круга. При увеличении $\times 8000$ получена электронная фотография поверхности, на которой присутствует подобное постороннее включение (рис. 5, а). Метод точечного анализа позволяет определить элементный состав этого объекта. Для сравнения результатов элементный

анализ проводили в двух зонах: на постороннем включении (точка 1) и на случайно выбранном участке поверхности (точка 2).

Концентрации Si и C в точке 1 многократно превышают концентрации данных элементов в точке 2: в точке 1 концентрация кремния достигает 71 % мас., концентрация углерода составляет 26 % мас.; в точке 2 концентрации Si и C составляют 0,04 и 1,53 % мас. соответственно. Содержание Ti по точкам 1 и 2 составляет 2,44 и 85,36 % мас. соответственно (рис. 5, б).

Стандарт SAE AMS4928U-2017 регламентирует состав сплава Ti6Al4V – содержание кремния не должно превышать 0,1 % мас., содержание углерода не должно превышать 0,08 % мас. Результаты элементного анализа постороннего объекта (точка 1), как и его форма, позволяют определить данный объект как кристалл карбида кремния, внедренный в поверхность титанового сплава в ходе шлифования. Объект, отмеченный точкой 2, является пластически деформированным участком поверхности.

Заключение

Морфология поверхности сплава Ti6Al4V при ГШ изменяется по длине шлифования. В конце этапа выхода морфология поверхности приближается к морфологии, формируемой при маятниковом шлифовании. Установлено, что с увеличением скорости подачи стола в 1,5 раза растет количество налипов металла, перенесенных на обработанную поверхность в ходе адгезионно-когезионного процесса. На рассмотренных режимах ГШ происходит перенос продуктов износа абразивного инструмента (кристаллов карбида кремния) на обработанную поверхность.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ВолГТУ в рамках научного проекта № 18.

Список литературы

1. Волков Д.И., Полуглазкова Н.В., Цветков Б.В. Развитие технологии глубинного шлифования деталей газотурбинных двигателей // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьева. 2017. № 1. С. 78–87.
2. Моисеев В.Н., Грибков Ю.А., Захаров Ю.И. Высокопрочные титановые сплавы в авиационных конструкциях // Авиационные материалы и технологии. 2007. № 1. С. 46–51.
3. Хорев А.И. Перспективы применения титановых сплавов // Технология машиностроения. 2022. № 2. С. 5–7.
4. Xi X., Ding W., Fu Y.C., Xu J. Grindability evaluation and tool wear during grinding of Ti2AlNb intermetallics. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2018. Vol. 94. No. 9. P. 1441–1450. DOI: 10.1007/s00170-017-1005-7.
5. Носенко С.В., Носенко В.А., Кременецкий Л.Л., Сердюков Н.Д. Влияние СОТС и твердости круга на коэффициент шлифования и шероховатость поверхности при обработке титанового сплава // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12–3 (54). С. 156–161.
6. Старков В.К., Рябцев С.А. Эффективность применения высокоструктурного инструмента при многокоординатном профильном шлифовании // Вестник МГТУ «Станкин». 2016. № 4. С. 47–50.
7. Скрябин В.А., Ленин А.Д., Демидов Е.А. Особенности глубинного шлифования деталей турбокомпрессоров // Технология металлов. 2019. № 9. С. 27–31.
8. Макаров В.Ф. Выбор абразивных инструментов и режимов резания для высокоэффективного шлифования заготовок. Пермь: Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2011. 231 с.
9. Планковский С.И., Головин И.И., Сиренко Ф.Ф. Анализ существующих методов очистки поверхности лопаток турбин в газотурбинных двигателях // Авиационно-космическая техника и технология. 2013. № 6. С. 8–14.
10. Nosenko S.V., Nosenko V.A., Kremenetskiy L.L. The condition of machined surface of titanium alloy in dry grinding. Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. P. 115–120. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.446.
11. Xi X., Yu T., Ding W., Xu J. Grinding of Ti 2 AlNb intermetallics using silicon carbide and alumina abrasive wheels: Tool surface topology effect on grinding force and ground surface quality. Precision Engineering. 2018. Vol. 53. P. 134–145. DOI: 10.1016/j.precisioneng.2018.03.007.
12. Xi X., Ding W., Wu Z. Performance evaluation of creep feed grinding of γ -TiAl intermetallics with electroplated diamond wheels. Chinese Journal of Aeronautics. 2020. Vol. 34. No. 1. P. 15. DOI: 10.1016/j.cja.2020.04.031.
13. Носенко С.В., Носенко В.А., Коряжкин А.А., Кременецкий Л.Л. Влияние скорости глубинного шлифования на морфологию и химический состав поверхности титанового сплава // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2018. № 3. С. 62–72.
14. Носенко В.А., Носенко С.В. Математические модели наработки и режущей способности для различных этапов плоского глубинного шлифования горизонтальных поверхностей кругом прямого профиля сплава // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2010. № 4. С. 92–98.
15. Худобин Л.В., Унянин А.Н. Минимизация засаливания шлифовальных кругов. Ульяновск: УлГТУ, 2007. 298 с.

УДК 51–74

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ТЕНСИОННЫХ УСТРОЙСТВ

¹Фокин Р.Р., ¹Булкбаев Д.А., ¹Атоян А.А., ²Абиссова М.А.

¹ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского»,
Санкт-Петербург, e-mail: vka@mil.ru;

²ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова», Санкт-Петербург, e-mail: marabyss@yandex.ru

Метательное устройство, основанное на упругих натяжении и изгибе, называется тензионным. В случае упругого скручивания – торсионным. Наиболее известные тензионные устройства – лук, арбалет, рогатка. В статье рогатки подробно не рассматриваются, а лишь упоминаются. Представленная в статье математическая модель теоретически охватывает и рогатки тоже. Эта математическая модель доведена до уровня расчетного алгоритма для всех широко распространенных типов луков и арбалетов. Она по примененным методам моделирования не имеет почти ничего общего с аналогичными математическими моделями других авторов, представленных в открытой печати. Последние могут предложить расчетные алгоритмы только для традиционного английского лука. В статье также обсуждаются актуальные вопросы применения луков и арбалетов. В настоящее время (например, в США) количество охотников с луком и арбалетом превышает количество охотников с огнестрельным оружием. Также луки и арбалеты в настоящее время широко применяются как средство для физических упражнений и спорта. Производство современных луков и арбалетов основано на последних достижениях науки и высоких технологий. В древности лук и арбалет применялись не только как личное оружие лучника и арбалетчика – аналог ружья. Тогда также применялись мощные арбалеты (например, скорпионы, баллисты), обслуживаемые коллективом, состоящим из нескольких человек – аналог артиллерии. Обсуждаются вопросы возрождения аналогов древних мощных арбалетов на основе современных технологий.

Ключевые слова: лук, арбалет, математическое моделирование, кривая упругости, сила натяжения, длина натяжения

MATHEMATICAL MODELING AND APPLICATIONS OF SOME TENSION DEVICES

¹Fokin R.R., ¹Bulekbaev D.A., ¹Atoyan A.A., ²Abissova M.A.

¹A.F. Mozhaiskiy Military Space Academy, Saint Petersburg, e-mail: vka@mil.ru;

²Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg,
e-mail: marabyss@yandex.ru

A throwing device based on elastic tension and bending is called a tensioner. In the case of elastic twisting – torsioner. The most famous tension devices are a bow, a crossbow, a slingshot. The article does not discuss slingshots in detail, but only mentions them. The mathematical model presented in the article theoretically covers slingshots too. This mathematical model has been brought to the level of a computational algorithm for all widespread types of bows and crossbows. According to the applied modeling methods, it has almost nothing in common with similar mathematical models of other authors presented in the open press. The latter can offer calculation algorithms only for traditional English bow. The article also discusses topical issues of the use of bows and crossbows. Currently (for example in the USA) the number of hunters with a bow and crossbow exceeds the number of hunters with firearms. Also, bows and crossbows are now widely used as a means for physical exercises and sports. The production of modern bows and crossbows is based on the latest achievements of science and high technology. In ancient times, the bow and crossbow were used not only as a personal weapon of an archer and a crossbowman – an analogue of a gun. Then powerful crossbows (for example, scorpions, ballistae) were also used, serviced by a team consisting of several people – an analogue of artillery. The issues of the revival of analogues of ancient powerful crossbows based on modern technologies are discussed.

Keywords: bow, crossbow, mathematical modeling, elasticity curve, tension force, tension length

Актуальность статьи определяется расширением сферы возможного применения тензионных устройств (ТУ) в современном мире, а также их разнообразием и сложностью их конструкций.

Цель исследования состоит в дальнейшем научном развитии авторского направления [1] математического моделирования ТУ и в содействии расширению их сферы применения. Достижение данной цели планируется путем решения двух задач: задача 1 – расширение сферы моделирования на все широко распространенные в настоящее время типы конструкций ТУ: блочные

луки с падающей полочкой и с волосной полочкой; традиционные английские луки; рекурсивные луки; блочные и рекурсивные арбалеты; задача 2 – обоснование расширения сферы применения ТУ в настоящее время.

Материалы и методы исследования

Обсуждаемое исследование началось с накопления материалов по практической стрельбе непосредственно авторов настоящей статьи из луков и арбалетов. Такой образ действий поддерживается современным российским законодательством [2, 3],

где постепенно сокращаются ограничения на приобретение, хранение, применение луков и арбалетов. Далее применение метода теоретического обобщения этих материалов и метода их анализа привело к появлению нескольких новых авторских понятий, относящихся к предметной области: P – запасенная при натяжении тетивы потенциальная энергия; $F(S)$ – кривая упругости ТУ; m_{red} – приведенная масса ТУ; k_{fr} – коэффициент трения стрелы о свою опору на ТУ и других. Понятие кривой упругости ТУ было заимствовано у А. Шалыгина [4]. Затем методом синтеза на базе этих понятий была получена математическая модель блочного лука с падающей полочкой. Модель использовала разнообразный математический аппарат, включая абстрактные метрические пространства, теорию меры, интегралы Лебега, но получилась относительно несложной. Авторы статьи преподают в вузах различные дисциплины из областей математики и информатики, применяя подобные свои модели [5, 6] как учебный материал. Метод совершенствования указанной выше модели позволил распространить ее на все широко распространенные в настоящее время типы конструкций ТУ. В статье [1] был необходим обзор мировых научных достижений в области математического моделирования ТУ. Методы сбора, анализа и обобщения соответствующего материала привели к следующему: 1) на основе изученных материалов (опубликованных в открытой печати) можно выделить два различных направления (две группы подходов) к математическому моделированию ТУ, которые с нашим подходом почти ничего общего не имеют; 2) подход авторов настоящей статьи представляет собой третье оригинальное направление; 3) никакое из упомянутых выше трех направлений, ни они в совокупности не могут полностью обеспечить научную поддержку производства современных луков и арбалетов. Вероятно, существуют значительно более развитые математические модели современных луков и арбалетов, не представленные в открытой печати.

Цель функционирования ТУ – это разгон стрелы. Скорость стрелы $v_{\text{arg}}(t)$ зависит от времени. При $t = 0$ спускается тетива, $v_{\text{arg}}(0) = 0$. В момент t^* отрыва стрелы от тетивы ее скорость – это $v_{\text{arg}}(t^*)$. Она зависит лишь от особенностей конкретного ТУ и от массы стрелы m_{arg} – чем меньше m_{arg} , тем больше $v_{\text{arg}}(t^*)$. Поэтому модель расчета $v_{\text{arg}}(t^*)$ и является моделью ТУ. Разгон стрелы обычно занимает менее 1 с, поэтому здесь можно пренебречь аэродинамической формой стрелы, ветром, сопротивлением

воздуха. По мнению авторов настоящей статьи, выстрел – это явление, которое наблюдается после разгона стрелы, а при его изучении важны аэродинамическая форма стрелы, ветер, сопротивление воздуха, важно и значение $v_{\text{arg}}(t^*)$, а какое именно устройство разогнало стрелу – здесь уже не важно. Однако в некоторых источниках алгоритм расчета $v_{\text{arg}}(t^*)$ называют моделью выстрела из лука.

Идеи 2001–2016 гг. I. Zanievski, J.L. Park, M. Tiermas и др. [7–9] формируют хронологически первое направление. Здесь входные данные – это длины различных элементов лука, их массы, углы между ними, характеристики конструкционных материалов лука: прочность на растяжение, на изгиб, на кручение, величины упругих и пластических деформаций и пр. Далее изучаются взаимодействия между элементами лука в динамике по времени t . Получается система обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка по t , содержащая около десятка неизвестных функций и столько же уравнений, $v_{\text{arg}}(t)$ – одна из этих функций.

Идеи 2008–2021 гг. А.В. Звягина, А.А. Лужина и др. [10, 11] формируют хронологически второе направление. Здесь входные данные – это тоже длины различных элементов лука, их массы, углы между ними, характеристики конструкционных материалов лука, но к ним добавляются также механическая работа и различные виды энергии. Последнее обстоятельство могло бы понизить размерность задачи. Однако получилась система дифференциальных уравнений 2 порядка в частных производных, содержащая 7 уравнений и 7 неизвестных функций. Частные производные берутся по двум параметрам, включая t – время. Также получается система обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, содержащая 3 уравнения и 3 неизвестных функции.

Третье направление (авторов статьи) использует закон сохранения энергии, что позволило полностью исключить временную динамику из модели. Суммарная энергия системы «ТУ – стрела» при $t = 0$ и при $t = t^*$ одинакова. Очевидно, что $v_{\text{arg}}(0) = 0$, а нам надо вычислить $v_{\text{arg}}(t^*)$, поэтому ниже мы будем писать v_{arg} вместо $v_{\text{arg}}(t^*)$.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Классификация тензионных устройств для моделирования

На рис. 1, А, на примере некоторого ТУ показан смысл двух величин для тетивы: S (длина натяжения) и F (сила натяжения).

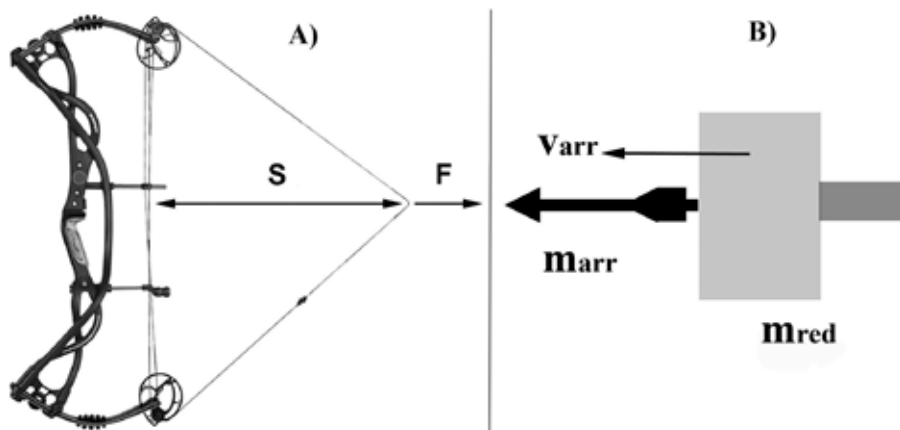


Рис. 1. А) Блочный лук: S – длина натяжения; F – сила натяжения; В) Механическая модель ТУ

Натягивая тетиву постепенно, можно построить график зависимости $F(S)$ – кривую упругости ТУ. Пусть $S_{\max}$ – это то значение S , при котором стрелок спускает предварительно натянутую тетиву. Принцип 1 классификации: либо ТУ имеет фиксированное (одинаковое) значение $S_{\max}$ для каждого выстрела, либо нет. $F_{\max}$ – это максимальное значение функции $F(S)$ на отрезке $[0; S_{\max}]$. Принцип 2 классификации: либо при моделировании ТУ можно пренебречь трением стрелы о него, либо нет. Комбинируя оба принципа, получаем 4 типа ТУ: тип 1 – это блочные луки с падающей полочкой ($S_{\max}$ – фиксирована, трением стрелы пренебрегаем); тип 2 – это блочные луки с волосяной полочкой и все арбалеты ($S_{\max}$ – фиксирована, трение стрелы учитываем); тип 3 – это традиционный английский лук и все рекурсивные луки ($S_{\max}$ – не фиксирована, трение стрелы учитываем), тип 4 – содержит не обсуждаемые в статье рогатки ($S_{\max}$ – не фиксирована, метательный снаряд трется только о воздух, чем можно пренебречь).

2. Моделирование тензионных устройств различных типов

$$P = P(S_{\max}) = \int_0^{S_{\max}} F(S) dS. \quad (1)$$

Используя (1), для типов 1 и 2 ($S_{\max}$ – фиксировано) нужно численным интегрированием получить значение параметра P (потенциальная энергия, запасенная при натяжении тетивы). Для типа 3 ($S_{\max}$ – не фиксировано) параметром является функция $P(S_{\max})$ для любого $S_{\max} \in [0; S_{\max \text{Doc}}]$, где $S_{\max \text{Doc}}$ – максимальная длина натяжения тетивы по документации для данного ТУ. В последнем случае можно, например, использовать для $P(S_{\max})$ кубические сплайны, построенные по некоторой таблице

аргументов и значений этой функции. На рис. 1, В, показана механическая модель, которая лежит в основе нашей математической модели: стрела массой m_{arr} разгоняется поршнем массой m_{red} до скорости v_{arr} , после чего поршень останавливается. Приведенная масса m_{red} ТУ – это масса поршня, который этому ТУ эквивалентен. Ниже приведено доказательство того, что любое ТУ может адекватно моделироваться таким образом.

$$T_{\text{arr}} = \frac{1}{2} m_{\text{arr}} v_{\text{arr}}^2; \quad T_{\text{dev}} = \frac{1}{2} \int_{\text{Dev}} v^2 dm. \quad (2)$$

Для (2) T_{arr} – кинетическая энергия стрелы при покидании ТУ; T_{dev} – кинетическая энергия всех движущихся частей ТУ, дается интеграл Лебега по ТУ Dev , которое состоит из малых элементов массы dm , каждый из которых имеет свою скорость v .

$$v = k_{\text{red}} v_{\text{arr}}; \quad T_{\text{dev}} = \frac{1}{2} v_{\text{arr}}^2 \int_{\text{Dev}} k_{\text{red}}^2 dm, \quad (3)$$

$$m_{\text{red}} = \int_{\text{Dev}} k_{\text{red}}^2 dm; \quad T_{\text{dev}} = \frac{1}{2} m_{\text{red}} v_{\text{arr}}^2. \quad (4)$$

Для (3): если бы стрела полетела вдвое быстрее, то и всякая точка тетивы, например, тоже двигалась бы вдвое быстрее. Для всякого элемента ТУ массой dm существует k_{red} – коэффициент пропорциональности между скоростями v этого элемента и v_{arr} . Отсюда формула для T_{dev} из (3). Входящий в нее интеграл Лебега зависит лишь от конструкции ТУ. (4) доказывает адекватность механической модели (рис. 1, В).

$$P_{\text{fri}} = S_{\max} k_{\text{fri}} m_{\text{arr}} g, \quad (5)$$

$$P = \frac{1}{2} v_{\text{arr}}^2 (m_{\text{arr}} + m_{\text{red}}), \quad (6)$$

$$P = \frac{1}{2} v_{arr}^2 (m_{arr} + m_{red}) + S_{max} k_{fri} m_{arr} g, \quad (7)$$

$$P(S_{max}) = \frac{1}{2} v_{arr}^2 (m_{arr} + m_{red}) + S_{max} k_{fri} m_{arr} g. \quad (8)$$

P_{fri} из (5) – это часть P для противодействия силе трения стрелы по закону Амонтона – Кулона, где k_{fri} – коэффициент трения, g – ускорение свободного падения. Из (1)–(5) и закона сохранения энергии получаем (6)–(8) для ТУ типов 1–3 соответственно.

3. Подход к вычислительному эксперименту на основе выстрелов

Из изучаемого ТУ производим 2–3 выстрела различными по массе стрелами и замеряем их скорости. Используя эти данные, находим ключевые характеристики этого ТУ. Они позволяют по любой массе стрелы аналитически определять ее скорость.

$$\begin{vmatrix} 1 & -\frac{1}{2} v_{arr1}^2 \\ 1 & -\frac{1}{2} v_{arr2}^2 \end{vmatrix} = \frac{1}{2} (v_{arr1}^2 - v_{arr2}^2) > 0. \quad (9)$$

Формула (6) действительна только для ТУ типа 1, там рассмотрим величины P , m_{red} как неизвестные, а остальные – как известные. Отсюда линейное уравнение с двумя неизвестными. Производим два выстрела стрелами массами $m_{arr1} < m_{arr2}$, замеряем их скорости $v_{arr1} > v_{arr2}$. Получаем линейную систему двух уравнений с двумя неизвестными с ненулевым (9) главным определителем. Находим неизвестные P , m_{red} . Зная их и используя (6), для произвольной стрелы массой m_{arr} мы можем найти v_{arr} . Отсюда ТУ типа 1 описывается P , m_{red} .

$$\frac{1}{2} g S_{max} \begin{vmatrix} 1 & v_{arr1}^2 & m_{arr1} \\ 1 & v_{arr2}^2 & m_{arr2} \\ 1 & v_{arr3}^2 & m_{arr3} \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Формула (7) действительна только для ТУ типа 2, там рассмотрим P , m_{red} , k_{fri} как неизвестные, а остальные – как известные. Получим линейное уравнение с тремя неизвестными. Делаем три выстрела стрелами массами $m_{arr1} < m_{arr2} < m_{arr3}$, замеряем соответствующие скорости стрел $v_{arr1} > v_{arr2} > v_{arr3}$. Получаем линейную систему трех уравнений с тремя неизвестными. Ее главный определитель (10) может быть и нулевым в принципе, тогда будем брать стрелы с другим набором масс. При ненулевом главном определителе (10) мы находим неизвестные P , m_{red} , k_{fri} . Зная их и используя формулу

(7), для произвольной стрелы массой m_{arr} мы можем найти v_{arr} . Отсюда ТУ типа 2 описывается P , m_{red} , k_{fri} , S_{max} . Для ТУ типа 3 метод не работает.

4. Подход к вычислительному эксперименту на основе кривой упругости и выстрелов

Из (1) для ТУ типов 1 и 2 численно определяем P , для ТУ типа 3 численно строим функцию $P(S_{max})$. Из ТУ типа 1 стрелой массой m_{arr} делаем один выстрел, замеряя v_{arr} . Используем (6), где теперь только m_{red} – неизвестная. Находим ее.

$$\frac{1}{2} S_{max} g \begin{vmatrix} v_{arr1}^2 & m_{arr1} \\ v_{arr2}^2 & m_{arr2} \end{vmatrix} = S_{max} g (v_{arr1}^2 m_{arr2} - v_{arr2}^2 m_{arr1}) > 0, \quad (11)$$

$$\frac{1}{2} g \begin{vmatrix} v_{arr1}^2 & m_{arr1} S_{max1} \\ v_{arr2}^2 & m_{arr2} S_{max2} \end{vmatrix} = g (v_{arr1}^2 S_{max2} m_{arr2} - v_{arr2}^2 S_{max1} m_{arr1}) > 0. \quad (12)$$

Для ТУ типов 2 и 3 делаем два выстрела соответственно стрелами с массами $m_{arr1} < m_{arr2}$. Замеряем соответственно v_{arr1} , v_{arr2} . Для ТУ типа 3 также берем $S_{max1} \approx S_{max2}$. Затем для ТУ типа 2 используем (7). Имеем линейную систему двух уравнений с двумя неизвестными m_{red} и k_{fri} . Из (11) – ее главный определитель положителен для ТУ типа 2. Находим эти неизвестные. Формула (8) действительна только для ТУ типа 3, где P и v_{arr} зависят от S_{max} . Два выстрела дают для ТУ типа 3 аналогичную линейную систему. Из (12) – ее главный определитель положителен для ТУ типа 3. Находим m_{red} и k_{fri} . Из (8) для произвольных m_{arr} , S_{max} найдем v_{arr} . ТУ типа 3 описывается: функцией $P(S_{max})$ и числами m_{red} , k_{fri} .

5. Кривая упругости для различных тензионных устройств

$$k_{eff} = \frac{T_{arr}}{P}, \quad (13)$$

$$k_{eff} \leq \frac{m_{arr}}{m_{arr} + m_{red}}, \quad (14)$$

$$k_{eff} = \frac{m_{arr}}{m_{arr} + m_{red}}. \quad (15)$$

Формула (13) определяет k_{eff} (коэффициент полезного действия). (13) влечет (14). (15) действительна только для ТУ типа 1.

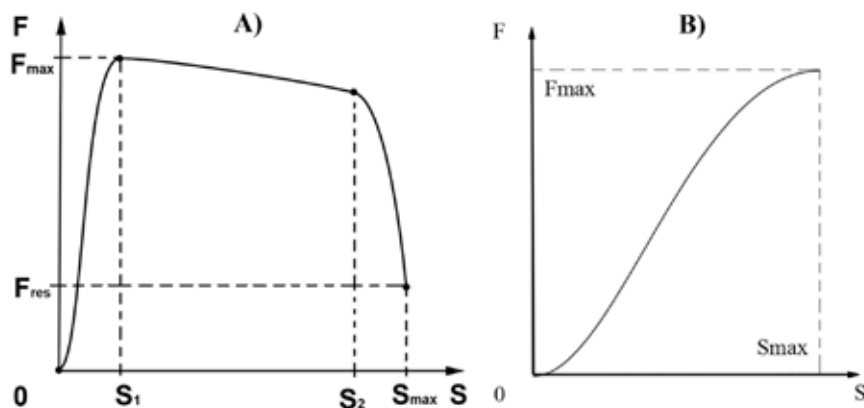


Рис. 2. Кривая упругости $F(S)$: А) для блочных луков и блочных арбалетов; В) для традиционного английского лука Long Bow



Рис. 3. Основные виды традиционных луков в боевом положении – тетива не натянута: А) монгольский лук; В) турецкий лук; С) Long Bow

Для ТУ многое определяется его кривой упругости $F(S)$ при $S \in [0; S_{\max}]$. ТУ тем лучше, чем для него больше запасенная при натяжении тетивы P , вычисляемая из (1).

$$P_{\max} = F_{\max} * S_{\max}, \quad (16)$$

$$F_{\text{best}}(S) = \begin{cases} F_{\max} & \text{if } 0 < S < S_{\max} \\ 0 & \text{if } S = 0 \text{ or } S = S_{\max} \end{cases}. \quad (17)$$

Пусть $F_{\max}$ и $S_{\max}$ – это максимум конкретного стрелка, тогда (16) дает теоретически максимальное значение P . $F(0) = 0$ для любого ТУ. Если $F(S_{\max}) = 0$, то для удержания максимально натянутой тетивы нужно минимальное (нулевое) усилие стрелка (в случае лука) и замка тетивы (в случае арбалета). Формулы (1) и (17) дают $F_{\text{best}}(S)$ для теоретически самого лучшего ТУ. Его практическая реализация невозможна.

$$k_{\text{int}} = P/P_{\max}. \quad (18)$$

Формула (18) определяет k_{int} . Очевидно $0 < k_{\text{int}} < 1$, следовательно, k_{int} – показатель близости ТУ к идеальному. На рис. 2, А, рассмотрим кривую при S на промежутках: от 0 до S_1 , от S_1 до S_2 , от S_2 до $S_{\max}$, где $F_{\max} = F(S_1)$, $F(S_{\max}) = F_{\text{res}}$, $F_{\text{res}} \ll F_{\max}$ – на блочном луке прицеливание происходит при небольшом усилии стрелка, для этого лука $0,85 < k_{\text{int}} < 0,95$, 1 и 3 промежутки на рис. 2, А, показаны большими (для наглядности), чем они на самом деле. Из (17) для блочного лука $F(S)$ близка к $F_{\text{best}}(S)$.

$$k_{\text{res}} = \left(1 - \frac{F_{\text{res}}}{F_{\max}}\right) * 100\%. \quad (19)$$

Только для блочных луков (19) определяет k_{res} – коэффициент сброса усилия стрелка при прицеливании. Обычно $60\% \leq k_{\text{res}} \leq 90\%$.

Из рис. 3, С, видно, что плечи традиционного английского лука (Long Bow) состоят из одной дуги, поэтому степень рекурсивности этого лука $r_L = 1$ – такие луки рекурсивными не считаются. Аналогично, из рис. 3, В, для турецкого лука $r_T = 3$, из рис. 3, А, для монгольского лука $r_M = 5$ – такие луки называются рекурсивными. Степень рекурсивности $r = 5$ также имеют луки: индейские, скифские, татарские, арабские, корейские, казахские, башкирские, славянские, венгерские и другие – большинство народов пришло именно к таким традиционным лукам. Чем выше r , тем выше $k_{\text{эф}}$.

$$F_r(S) = \sum_{i=1}^r f_i(S), \forall i f_i \uparrow, f_i(0) = 0,$$

$$f_i(S_{\max}) = f_{i\max}, F_{r\max} = \sum_{i=1}^r f_{i\max}. \quad (20)$$

На рис. 2, В, показана функция $F(S)$ для Long Bow. Она гладкая, монотонно возрастает, $F(0) = 0$, $F(S_{\max}) = F_{\max}$. Для любой дуги плеч рекурсивного лука она будет по сути такой же. Формула (20) дает (с учетом r) зависимость F_r от S . Здесь f_i – сила натяжения дуги i , вместо $F_{\max}$ для f_i и F_r используются $f_{i\max}$ и $F_{r\max}$ соответственно. Из-за нескольких разгонных импульсов для стрелы на графике $F_r(S)$ появляется несколько гладких ступенек.

6. Особенности применения тензионных устройств

ТУ отличаются пожарной безопасностью, малозумностью, разнообразием типов метательных снарядов. Из-за последнего альпинисты применяют арбалеты для транспортировки небольших грузов. Аналогично можно было бы поступать при монтаже высотных конструкций, управлении парусным судном, ускорении летательных аппаратов при взлете. Если на базе современных технологий построить аналоги древних мощных арбалетов, то эта сфера применения существенно расширится. Выстрел из огнестрельного оружия вблизи пожароопасных объектов может привести к техногенной катастрофе. Для их охраны целесообразно пользоваться арбалетами и даже луками из-за их большей скорострельности. В России [2] луки и арбалеты могут быть не оружием, а средствами для спорта и развлечений. Стрельба из лука и арбалета увлекательнее, чем занятия с гантелями, а эффект для мышц рук аналогичен. Некоторые заболевания исключают занятия с гантелями, но не занятия с луком и арбалетом. В США охотники, применяющие арбалеты и луки

[4] для охоты на крупных хищников, всегда вооружены также мощным револьвером или пистолетом в качестве оружия «последнего шанса» – там это обязательное правило охоты. В России [2] короткоствольное огнестрельное оружие (кроме травматического) в принципе не может быть гражданским, а следовательно, и охотничьим. Охота с луком и арбалетом [2, 3] с 2020 г. в России разрешена. Думается, это противоречие должно быть устранено.

Заключение

Поставленные выше задачи 1 и 2 решены, цель исследования (дальнейшее научное развитие авторского направления математического моделирования ТУ и содействие расширению их сферы применения) достигнута.

Список литературы

1. Fokin R., Abissova M., Atoyan A. Tension devices: mathematical modeling and applications in water transport. Journal of Physics: Conference Series – December 2021. Vol. 2131. No. 3. P. 032106. DOI: 10.1088/1742-6596/2131/3/032106.
2. Федеральный закон от 13.12.1996 № 150-ФЗ «Об оружии» в редакции от 25.02.2022. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12679/?ysclid=lag7h99x31125995576 (дата обращения: 14.11.22).
3. Федеральный закон от 24.07.2009 № 209-ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в редакции от 11.06.2021. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89923/?ysclid=lag7jvflfh316941581 (дата обращения: 14.11.22).
4. Шалыгин А. Лучшие в мире традиционные луки для охоты 2018 – пятислонный башкирский лук Александра Кряжева / National Explorer 21.10.2018. [Электронный ресурс]. URL: https://www.nexplorer.ru/news_14111.htm (дата обращения: 14.11.22).
5. Булекбаев Д.А., Морозов А.В. Формирование и развитие навыков вычислительного эксперимента у обучающихся на примере исследования динамической системы // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2017. № 659. С. 202–209.
6. Фокин Р.Р., Атоян А.А., Абиссова М.А. Об усиливающих мотивацию студентов сервисах обучения математике, информатике, математическому и информационному моделированию // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 11. С. 136–140. DOI: 10.17513/snt.37251.
7. Zanievski I. Modeling of the archery bow and arrow vibrations. Shock and Vibration. 2009. Vol. 16. No. 4. P. 203–212. DOI: 10.3233/SAV-2009-0470.
8. Park J.L. Arrow behaviour in the vertical plane during and immediately following the power stroke of a recurve bow. Proc. Of the Inst Mech Eng, Part P Journal of Sports Engineering and Technology. 2014. Vol. 228. No. 1. P. 16–23. DOI: 10.1177/1754337113501492.
9. Tiermas M. An advanced model of the round-wheel compound bow. Meccanica. 2016. Vol. 51. No. 5. P. 1201–1207. DOI: 10.1007/s11012-015-0262-5.
10. Zvyagin A.V., Luzhin A.A. Archery simulation. Moscow University Mechanics Bulletin. 2008. Vol. 63. No. 4. P. 89–95. DOI: 10.3103/S002713300804002X.
11. Zvyagin A.V., Luzhin A.A., Panfilov D.I., Shamina A.A. Numerical Method of Discontinuous Displacements in Spatial Problems of Fracture Mechanics. Mechanics of Solids. 2021. Vol. 56. No. 1. P. 119–130. DOI: 10.3103/S0025654421010143.

УДК 62-50

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЮЩЕЙ ПРОДУКЦИИ

Халилов Э.Р., Садковская Н.Е.*Московский авиационный институт, Москва, e-mail: 3duard.khalilov@gmail.com*

В рамках современного научно-технологического прогресса особенно актуализируются вопросы, связанные с цифровой трансформацией различных производственных процессов. Одной из наиболее актуальных с точки зрения необходимости сфер цифровой трансформации является производство углеродсодержащей продукции. Актуальность и необходимость интеграции цифровых решений также подтверждается низким уровнем текущего с точки зрения научно-технологического аспекта развития рассматриваемой сферы. При этом важной задачей перед непосредственной разработкой и интеграцией цифровых решений является необходимость исследования вопроса относительно применимости и возможных путей решения задачи цифровой трансформации производства углеродсодержащей продукции. Цель текущей работы состоит в исследовании возможности цифровой трансформации синтеза углеводородсодержащей продукции. Предпринята попытка систематизации знаний по результатам комплексного исследования возможности цифровой трансформации рассматриваемого производства. Практическая ценность работы заключается в возможности использования представленных материалов при реализации задач цифровизации в производстве углеродсодержащей продукции. Дано решение ряда ключевых задач, связанных с анализом существующих возможностей цифровой трансформации рассматриваемой области, а также разработкой авторских рекомендаций по улучшению процесса синтеза углеродных композитных материалов. В работе определен состав решения задачи цифровой трансформации и инструменты реализации программы цифрового развития производства на примере синтеза аллотропных форм наноуглерода.

Ключевые слова: цифровая трансформация, информационные технологии, углеродсодержащая продукция, углеродный композитный материал, синтез

RESEARCH OF THE PROBLEMS OF DIGITALIZATION OF PRODUCTION OF CARBON-CONTAINING PRODUCTS

Khalilov E.R., Sadkovskaya N.E.*Moscow Aviation Institute, Moscow, e-mail: 3duard.khalilov@gmail.com*

Within the framework of modern scientific and technological progress, issues related to the digitalization of various production processes are particularly relevant. One of the most relevant areas of digitalization from the point of view of the need is the production of carbon-containing products. The relevance and necessity of integrating digital solutions is also confirmed by the low level of the current scientific and technological aspect of the development of the sphere under consideration. At the same time, an important task before the direct development and integration of digital solutions is the need to study the question of the applicability and possible ways to solve the problem of digitalization of the production of carbon-containing products. The purpose of the current work is to study the possibility of digitalization of the synthesis of carbohydrate-containing products. An attempt has been made to systematize knowledge based on the results of a comprehensive study of the possibility of digitalization of the production in question. The practical value of the work lies in the possibility of using the presented materials in the implementation of digitalization tasks in the production of carbon-containing products. The solution of a number of key tasks related to the analysis of existing opportunities for digital transformation of the studied area, as well as the development of author's recommendations for digitalization of the process of synthesis of carbon composite materials is given. The paper defines the composition of the solution to the problem of digitalization and the tools for implementing the program of digital development of production on the example of the synthesis of allotropic forms of nano-carbon.

Keywords. Digitalization, information technology, carbon-containing products, carbon composite material, synthesis

Активное развитие сегмента информационных технологий качественно влияет на большинство промышленных отраслей. Именно на основе цифровой трансформации предопределяется качество и эффективность развития производства продукции, его конкурентоспособность на рынке, а также рационализация использования ресурсов. Использование цифровых технологий уже доказывает эффективность своего применения в различных сферах промышленности, примерами которых являются нефтегазовая отрасль, нефтехимическая промышленность и ряд иных направлений. Интеграция цифро-

вых технологий представляет возможность осуществления реорганизации бизнес-процессов, а также модификации производственных и операционных процессов.

Одним из наиболее важных направлений развития промышленности является производство углеродсодержащей продукции. Выходная продукция производства углеродсодержащей продукции активно используется в важнейших профессиональных отраслях жизнедеятельности, примерами чего являются изделия высокотемпературной, атомной и ракетно-космической техники и иные. Именно это актуализирует

задачу, связанную с необходимостью повышения эффективности и рационализации использования ресурсов производства углеродсодержащей продукции [1].

Одним из малоизученных направлений развития производства углеродсодержащей продукции является цифровая трансформация производственных процессов. На сегодняшний день отсутствуют целостные исследования применительно к данной отрасли, однако задачи, связанные с необходимостью оптимизации производственных процессов, актуализируют необходимость разработки возможных предложений по цифровой трансформации данного производства. Исходя из этого, цель текущей работы напрямую связана с поиском предложений и путей решения задачи цифровой трансформации производства углеродсодержащей продукции.

Цифровая трансформация современного производства углеродсодержащей продукции представляет собой использование средств цифровой трансформации технологических процессов, что необходимо для повышения их эффективности и оперативности обмена информацией между структурами цепи производства. Одним из направлений цифровой трансформации процессов синтеза аллотропных форм углерода является прогнозирование результатов воздействия источников импульсного воздействия на углеродсодержащее вещество. Решение данной задачи позволит определить наиболее оптимальные условия, а также разработать инновационные методы синтеза различных аллотропных форм наноуглерода.

Помимо этого, одной из основных задач цифровой трансформации рассматриваемого производства является выполнение анализа процесса синтеза в режиме реального времени. Данная задача может решаться на основе снятия метрик во время выполнения технологического процесса с последующим построением графиков и 3D-моделей. На основе данных результатов представляется возможность корректирования процессов синтеза с целью повышения качества и производительности технологических процессов [2].

Таким образом, комплексное решение задачи цифровой трансформации производства углеродсодержащей продукции должно включать (рис. 1):

Реализация данной программы цифровой трансформации предоставит возможности для совершенствования технологических процессов и повысит эффективность работы всей производственной системы. При этом такой комплексный подход позволит управлять рисками, сократить затраты, а также минимизировать ошибки технологических операций.

Основными инструментами реализации программы являются искусственный интеллект, машинное обучение, облачные и виртуальные технологии, цифровые платформы и компьютерное моделирование. Каждый из данных инструментов решает ряд задач, необходимых для комплексной цифровой трансформации технологических процессов, выявления связей и закономерностей, а также принятия решений по ведению режимов производства [3].



Рис. 1. Состав решения задачи комплексной цифровой трансформации

При этом наибольший потенциал своего использования в задачах цифровой трансформации рассматриваемого производства имеют именно средства интеллектуальной аналитики. Разработка рекомендательных систем позволит оперативно принимать технологические решения и повысить объем выпуска продукции, снижая при этом количество исходного сырья. Однако для эффективного использования средств продвинутой аналитики требуется интеграция механизмов и инструментов работы с данными. Такая необходимость возникает в части сбора, хранения и управления информацией относительно технологического процесса. Для наполнения платформы данных с целью управления процессом синтеза углеродных композитных материалов требуется внедрение беспроводных технологий и датчиков, способных аккумулировать и передавать информацию [4].

Интеграция подобных технологий позволит разработать оптимизационную систему для улучшения показателей производства. Система должна предусматривать возможность моделирования процесса синтеза материала в режиме реального времени, что требуется для возможности отслеживания аномалий и оперативного изменения параметров для нивелирования нарушений производственного цикла. Главной задачей цифровой трансформации производства углеродсодержащей продукции является увеличение селективности процессов.

На основе разработки и интеграции данного рода решения в рассматриваемой сфере представляется возможность работы с динамической моделью, отображающей взаимозависимости параметров, прогнозирования изменений, а также автоматизированного упреждения воздействий с целью перемещения контролируемых параметров в более подходящий диапазон. Другими словами, технологическое моделирование позволит использовать базовые закономерности и физико-химические законы синтеза аллотропной формы углерода для моделирования и настройки происходящих процессов в технологическом оборудовании.

Совокупность данных решений позволит значительно повысить эффективность технологического процесса синтеза углеродных композитных материалов [5].

Одним из наиболее подходящих вариантов сбора данных о протекании процессов синтеза углеродных композитных материалов является использование химических датчиков (сенсоров). Данные датчики имеют возможность реагирования на различные физико-химические реакции. Основное назначение устройств заключается в идентификации и определении протекания процессов синтеза.

Помимо этого, на основе использования датчиков с последующей передачей и обработкой информации представляется возможность определения связей и закономерностей протекающей реакции. Химические датчики передают прямую информацию относительно химического состава среды, не требуя отбора анализируемой пробы и специальной подготовки. На рис. 2 представлена функциональная схема работы данного сенсора.

Однако получение результатов и данных о протекании физико-химических реакций является первым этапом цифровой трансформации производства углеводородсодержащей продукции. Последующими задачами являются передача полученной информации, обработка полученных данных, формирование аналитических сведений, а также настройка или изменение параметров протекания реакции. Современный инструментарий контроля протекания реакций необходимо рассматривать в качестве отдельных методов и системы, обеспечивающей комплексный контроль показателей качества (рис. 3).

Использование каждого из представленных методов начинается со сбора необходимой информации. В рассматриваемом случае сбор данных производится на основе использования химических датчиков. При этом результаты измерений заносятся в контрольные листки, представляющие собой таблицу-протокол первичной регистрации данных относительно контролируемого объекта [6].

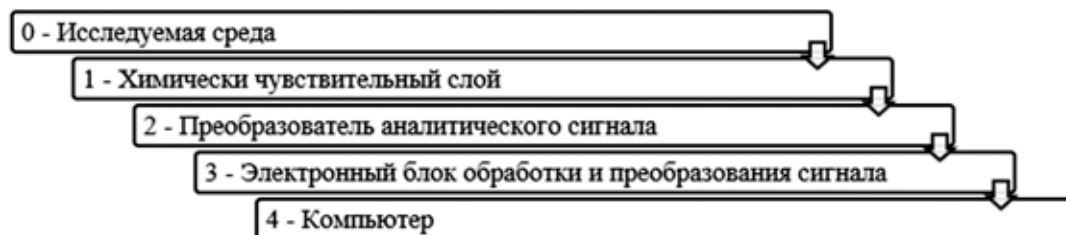


Рис. 2. Функциональная схема измерения и передачи данных

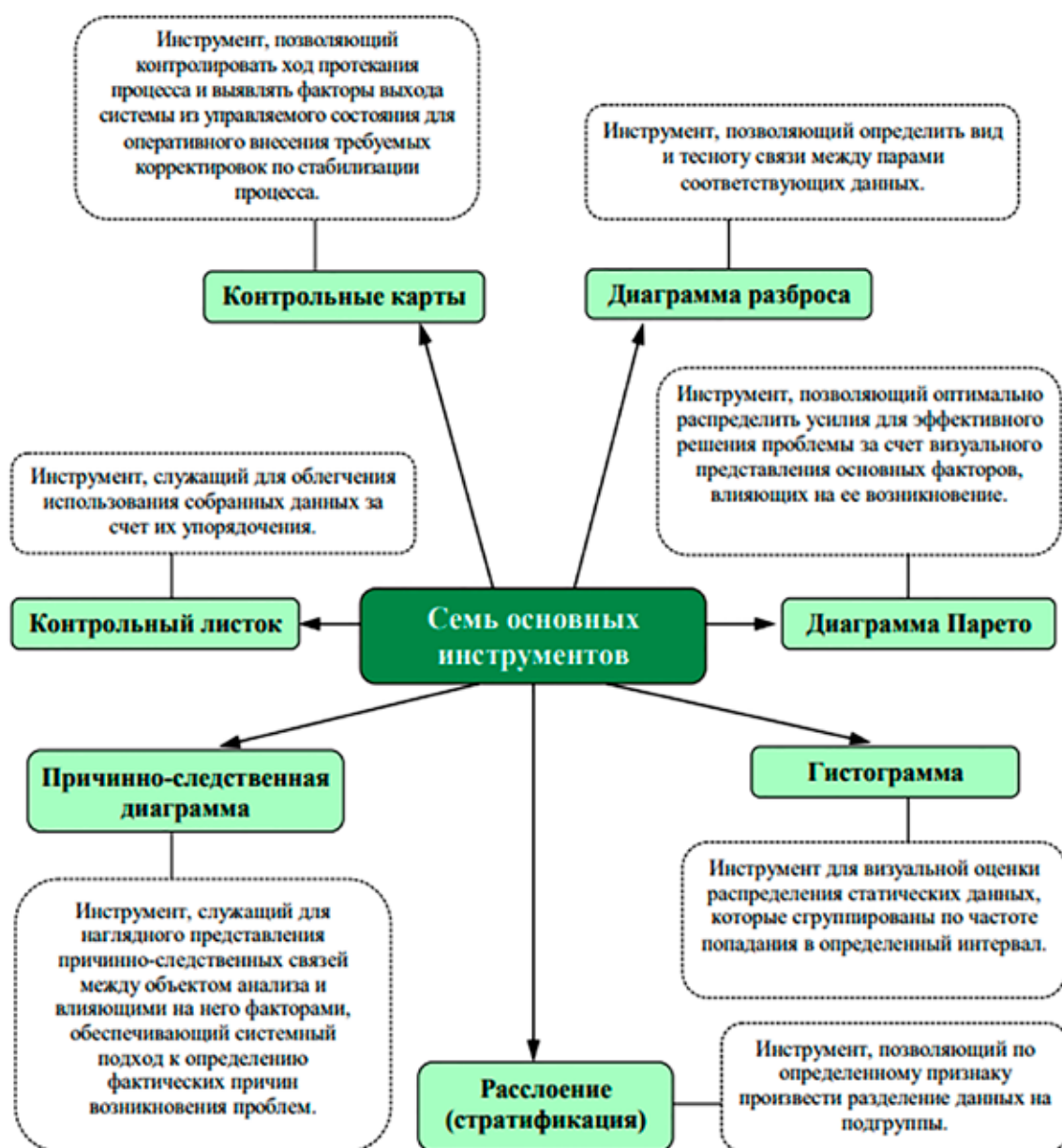


Рис. 3. Основные инструменты контроля протекания процесса

В результате этого представляется возможным ее использование при необходимости построения диаграмм с целью анализа технологического процесса. Также стоит отметить, что для повышения эффективности использования методов обработки информации наблюдается активное использование автоматизированных средств. При этом главным инструментом работы данных систем является интеллектуальная обработка данных на основе использования искусственных нейронных сетей (ИНС).

Данные сети позволяют производить эффективный сбор и обработку информа-

ции с ее последующим анализом для более точного прогнозирования возможных отклонений в процессе синтеза углеродных композитных материалов. Более подходящим видом ИНС для решения данной задачи являются многослойные нейронные сети, а именно, многослойный персептрон, имеющий активационные функции.

На рис. 4 отмечены основные этапы методики построения нейросетевой модели для решения задачи прогнозирования протекания физико-химических процессов в производстве углеводородсодержащей продукции.



Рис. 4. Этапы построения нейросетевой модели прогнозирования



Рис. 5. Концепция цифровой трансформации производства

При достаточном количестве обучающих данных система может обучиться более правильно, вследствие чего ставить надежные прогнозы о протекании реакций. Наряду с этим использование подобной интеллектуальной технологии представляет возможность

оповещения о возможных сбоях и нарушениях синтеза материала в режиме реального времени. Именно это позволит не допустить реальные нарушения, а также внести корректировки в протекаемый процесс для дальнейшей его производительности [7].

Общая концепция предлагаемого варианта цифровой трансформации производства углеводородсодержащей продукции представлена на рис. 5.

Важно отметить, что реализация данной концепции должна производиться по методике «снизу-вверх». Так, в первую очередь требуется реализовать возможность сбора данных для аналитики, наиболее подходящим решением для чего является использование химических сенсоров. Следующий уровень предполагает создание инструментов для прогнозирования и контроля протекания процессов. Наиболее эффективное решение заключается в использовании интеллектуальных методов обработки информации на основе ИНС. На заключительном этапе цифровой трансформации предполагается разработка системы, обеспечивающей возможность автоматического контроля и корректировки параметров протекающих процессов.

Заключение

По результатам выполнения работы можно сделать следующие выводы:

- в настоящее время актуализируется вопрос цифровой трансформации различных отраслей промышленности. Однако цифровая трансформация производства углеводородсодержащей продукции находится только на начальном этапе. Это подтверждается отсутствием результатов исследований относительно применимости инструментов цифровой трансформации к данной отрасли;

- в представленных материалах отражен состав решения задачи комплексной цифровой трансформации и общей концепции модернизации производства углеводородсодержащей продукции. В составе решения данной задачи находятся – разработка механизма цифрового управления технологическими процессами, обеспечение эффективного информационного пространства, а также контроль технологических процессов;

- концепция развития цифровой трансформации производства углеводородсодержащей продукции включает в себя такие этапы, как реализация задачи сбора аналитических данных относительно протекающих физико-химических процессов, реализация интеллектуальной обработки и статистический анализ полученных данных, реализация возможности автоматического контроля и корректирования протекающих процессов.

Также в работе отмечены основные инструменты, на основе которых представляется возможность реализации цифровой трансформации производства углеводородсодержащей продукции. Основными из них являются химические датчики (сенсоры), искусственные нейронные сети, статистические инструменты контроля информации, а также автоматизированные системы управления для сбора и передачи данных с последующей координацией технологических процессов на производстве.

Список литературы

1. Михайлова Л.В., Сазонова М.В. Цифровизация производства в экономике России: теоретический анализ и тренды развития // Вестник МГОУ. Серия: Экономика. 2021. № 4. С. 57-63.
2. Плотников В.А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской экономике // Известия СПбГЭУ. 2018. № 4. С. 16-24.
3. Дривольская Н.А., Моложавенко О.А. Цифровизация промышленности как фактор устойчивого развития производства // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. № 9-1. С. 74-77.
4. Хайруллин А.Р., Степанова Т.П., Рожкова Н.Н., Гладченко Светлана Викторовна Дипольные моменты фуллерена C (60) в бензоле, толуоле и ортоксилале // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2012. № 3. С. 92-95.
5. Громаков Ю.С., Безгодова Т.В. Инструменты цифровизации технологических процессов // Молодой исследователь Дона. 2022. № 1. С. 15-20.
6. Жогаштиев Н.Т. Электронно-микроскопическое исследование углеродных порошков и их композиты // Бюллетень науки и практики. 2020. № 3. С. 44-48.
7. Тайланов Н.А., Жуманов А.Х. аллотропные модификации углерода и наноматериалы // Вопросы науки и образования. 2019. № 5. С. 6-9.

НАУЧНЫЙ ОБЗОР

УДК 629.3

**АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ
АВТОНОМНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ****Никитенко М.С., Кизилов С.А., Худоногов Д.Ю.***ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук», Кемерово,
e-mail: ltd.mseng@gmail.com, sergkizilov@gmail.com*

В статье представлен обзор подходов и технологий к управлению автономными карьерными самосвалами по данным международных отчетов и открытых литературных источников. Проанализированы применяемые методы управления с позиции реализации малого автономного участка с незначительным парком автономных транспортных средств, работающих в специфических условиях. Оценены преимущества, недостатки, технологические ограничения применения технических средств трехмерного сканирования для оценки дорожной ситуации вокруг карьерных самосвалов. Также описан наиболее распространенный подход к ориентированию и позиционированию автономных самосвалов, основанных на принципах спутниковой навигации. Рассмотрен альтернативный подход к реализации управления, позволяющий значительно упростить аппаратную часть систем оценки окружающего пространства и снизить объем обрабатываемых данных за счет применения неклассических принципов использования машинного зрения в комбинации с активной подсветкой маршрута световыми маркерами. При реализации такого подхода система машинного зрения выделяет из общей сцены только контрастные световые маркеры и обрабатывает изменение их формы. Предложенные технические решения позволяют реализовать малый автономный участок с незначительным парком транспортных средств в зонах неустойчивого или отсутствующего приема сигналов систем спутниковой навигации.

Ключевые слова: автономный транспорт, карьерный самосвал, автоматизированная система управления, интеллектуальная система, машинное зрение, маршрут

ANALYSIS OF APPROACHES TO AUTONOMOUS VEHICLE CONTROL**Nikitenko M.S., Kizilov S.A., Khudonogov D.Yu.***The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo,
e-mail: ltd.mseng@gmail.com, sergkizilov@gmail.com*

The article considers references of approaches and technologies to autonomous dump trucks control according to international reports and open literature source data. Applied methods of control from the side of performing small autonomous area with small autonomous vehicle park working in specific conditions are analyzed. Advantages, drawbacks, technologic limits of using three dimensions scanning technical equipment for estimating road environment around dump trucks are examined. Also more advanced approaches of navigation and positioning autonomous dump trucks based on satellite navigation methods is described. An alternative approach to control realization simplifying hardware of environment estimating system and reduce volume of processing data due to apply non classic methods of using machine vision combined with active highlighting the way with light markers is considered. Machine vision system highlights only contrast light markers from general environment and adapt changes of its shape during realization of this method. Proposed technical decisions allow perform small autonomous area with small autonomous vehicle park in areas that have erratic or absent satellite navigation signal.

Keywords: autonomous vehicle, dump truck, automated control system, intelligent system, machine vision, pathway

Карьерные самосвалы являются наиболее распространенной транспортной машиной при проведении горных работ. По данным доклада [1], к основным производителям машин с грузоподъемностью более 100 т относятся «БЕЛАЗ» [2], «Liebherr» [3], «Komatsu» [4], «Hitachi Construction Machinery Co., Ltd» [5], «Caterpillar» под брендом «Cat» [6] и Xuzhou Construction Machinery Group Co., Ltd. (XCMG) [7]. Объем рынка карьерных самосвалов по данным из открытой части “Dump Trucks Global Market Report 2022” [8] в 2021 г. составил 44,28 млрд долл. США, в 2022 г. он должен вырасти до 48,71 млрд долл., а к 2026 г. до 66,63 млрд. При этом, опираясь на дан-

ные отчета [9], известно, что в 2021 г. продажи карьерных самосвалов, оснащенных системами автономного управления, составили 2,6 млрд долл. США и также показывают тренд роста, в 2022 г. объем продаж должен вплотную приблизиться к 3 млрд долл.. По данным портала “Mining dot com” на май 2022 г. в мире эксплуатируются 1068 автономных карьерных самосвалов [10]. Большая часть автономных машин развернута в Австралии и Канаде, 86,5% от общего мирового их количества произведены «Cat» и «Komatsu» [10].

Причина роста интереса к автономным карьерным самосвалам – достижение технологией состояния, когда она дает воз-

возможность крупным компаниям извлекать прибыль от ее применения. По данным «Komatsu» [4] их система Front Runner Autonomous Haulage System (AHS) [11] позволяет снижать стоимость перевозки на величину вплоть до 15 %, при этом сводя аварийность на участке, где она используется, до нуля. Большая часть из производителей карьерных самосвалов либо уже предлагает свои системы для автономной работы производимой техники, либо занимается разработкой и внедрением подобных систем. В компании Komatsu по данным пресск-релиза [12] уже 15 лет занимаются внедрением автономного карьерного транспорта, к сентябрю 2021 г. было перевезено более 4 млрд т груза, а флот грузовиков превысил отметку в 400 единиц. Известно, что разрабатывают свой автономный карьерный транспорт и в компаниях «Hitachi» [13], «Liebherr». С 2017 г. эти производители поставляют свои грузовики с автономной системой вождения на базе технических решений, разрабатываемых компанией Hexagon, а с 2021 г. начали создание системы автономного управления флотом грузовиков нового поколения [14]. Лидером считается «Cat», который на 2022 г. произвел флот автономных грузовиков более чем из 500 ед., за 9 лет проехавших более 200 млн км и перевозивших более 5 млрд т грузов на 23 различных объектах [15]. БЕЛАЗ с 2019 г. проводит испытания своей системы автономного вождения на базе 130-тонных грузовиков в Хакасии [16]. Производители из Китая широко не анонсируют в открытых источниках разработку автономных систем, но очевидно, что подобные работы в стране ведутся.

Исходя из вышеизложенного следует вывод, что разработка технологий автономной перевозки грузов становится более чем актуальной в мире и имеет значительные перспективы в свете прогноза роста их рынка сбыта в ближайшие несколько лет. По данным из отчета Autonomous Mining Equipment And Vehicles Global Market Report [9], рынок беспилотных карьерных грузовиков увеличится к 2026 г. в полтора раза до более чем 4 млрд долл. в год.

Все крупные игроки рынка, поставляющие автономные транспортные карьерные самосвалы, предлагают не просто отдельный роботизированный автомобиль, а совокупность решений, включающих флот автономных грузовиков, системы связи, диспетчерские системы, пункты управления и пр. Подобные системы есть у всех представленных выше компаний, они являются комплексными и законченными реше-

ниями. Однако заказчикам добывающего сектора не всегда требуется развертывание масштабного флота автономных самосвалов на одном месторождении, исходя из целесообразности и нормативных требований.

Автономные перевозки технологически основываются на двух ключевых блоках – программный комплекс управления флотом грузовиков и сами автономные грузовики с диспетчерским пунктом и системами связи [17].

Как правило, программы управления флотом грузовиков представляют собой мощные базы данных, собирающие информацию о координатах, скорости, направлении, фазах начала погрузки и разгрузки, техническом состоянии и еще множестве параметров, сопоставляют эти данные, обеспечивают диспетчеризацию процесса движения и предотвращают столкновения пилотируемого и беспилотного транспорта [11, 15, 16]. Такие сложные системы необходимы при использовании десятков автономных машин, работающих совместно с управляемыми человеком транспортными средствами. Программное обеспечение качественно и полно описано, достигло определенной степени совершенства у всех разработчиков и обеспечивает безаварийную работу на протяжении многих лет [11, 15].

Более сложной системой является сам автономный грузовик. Его успешная работа зависит от взаимодействия со значительным количеством датчиков, микроконтроллеров, компьютеров и других систем [16].

Для разработки программно-аппаратных комплексов, позволяющих обеспечивать автономное движение одиночных или малых групп транспорта на закрытых промышленных площадках (карьеры, рудники и т.п.), необходимо провести обзор способов и устройств, позволяющих видеть алгоритмам управления, что происходит вокруг машины, то есть должна быть система, заменяющая зрение водителя [17, 18], и способов позволяющих позиционироваться на местности и двигаться по заданному маршруту [17].

В статье рассматривается альтернативный способ реализации управления малыми группами автономных транспортных средств в сравнении с общепринятыми подходами к автоматизированному ориентированию в пространстве и движению по маршруту с выделением ключевых для этого технологий, подсистем и технических решений, упрощающих и удешевляющих процесс технологической интеграции.

Материалы и методы исследования

Способы и технологии оценки дорожной ситуации, применяемые на современном карьерном транспорте, обеспечивающие автономное движение транспортных средств

Компания «Cat» в качестве устройства оценки обстановки полагается только на лидары (Lidar) – устройства, в простом своем исполнении способные послать в сторону объекта лазерный импульс, принимать его отраженный сигнал, измерять время между отправленным и принятым импульсом и рассчитывать расстояние до объекта [18, 19]. Для формирования пространственной картины перед автономным самосвалом используются более продвинутое устройства, компания «Cat» заявляет, что лидары, устанавливаемые на их самосвалы, делают более миллиона измерений за секунду в широком поле зрения перед собой, формируя объемную картину, представляющую собой облако точек с расстояниями до каждой из них [18]. Несмотря на высококачественные лидар-сканеры, представители компании констатировали, что в первое время из-за природных явлений (пыль и пр.) автономные самосвалы могли останавливаться до 200 раз за один день. Однако путем совершенствования алгоритмов обработки данных, получаемых с лидаров, количество ложных срабатываний удалось практически свести к нулю [18].

Несколько другой подход использовали инженеры компании «Hitachi», разработав достаточно прогрессивную систему диспетчеризации движения, исключающую пересечение маршрутов автономных транспортных средств. Они отказались от использования лидара во фронтальной проекции самосвала как средства для оценки обстановки и установили радар миллиметрового диапазона для обнаружения препятствий, при этом лидар задействовали для контроля ближней зоны по бортам самосвала [17]. Применив такие инженерные решения, компании «Hitachi» удалось обойти проблемы с ошибками в работе лидара из-за влияния различных природных факторов. Однако по той причине, что испытания технических решений завершились только в 2017 г., а коммерческие поставки начались после 2019 г. [20], на сегодняшний день еще нет такой впечатляющей статистики безотказной работы системы, как у систем от «Cat» и «Komatsu».

Системы оценки дорожной ситуации, используемые «Liebherr» и «БЕЛАЗ», в открытых источниках описаны слабо. Как указано ранее, известно, что компания

«Liebherr» сотрудничает в области автономного вождения с одним из мировых лидеров в этой отрасли «Hexagon», продвигающей системы нейроморфного зрения – распознавания расстояний и форм объектов, снятых стереоскопической видеокамерой машинного зрения с помощью нейронной сети [21]. Данный подход позволяет скompенсировать ошибки, возможные при работе лидара и машинного зрения по отдельности, так как стереоскопическое машинное зрение позволяет так же получать данные об удаленности объекта, в отличие от более часто используемого моноскопического [22]. Исходя из видеозаписей, сделанных самой компанией Hexagon, техника, оснащаемая ПАК автономного вождения имеет на борту комбинацию из радара, лидара и видеокамеры стереоскопического зрения [23]. «БЕЛАЗ» разрабатывает свою систему автономного вождения совместно с компанией «Цифра роботикс» [24]. По данным источника [25], для оценки дорожной ситуации «БЕЛАЗ» использовал самую широкую номенклатуру датчиков во фронтальной проекции грузовика: два 2D лидара, один 3D лидар, массив из четырех радаров, восьми ультразвуковых датчиков расстояния и видеокамеры машинного зрения. «БЕЛАЗ» – единственный из производителей карьерных самосвалов, кто заявил применение ультразвуковых датчиков измерения расстояния в своем автономном грузовике для помощи в оценке дорожной ситуации [25].

Согласно вышеописанному, сделан вывод о том, что производители карьерного транспорта используют наиболее распространенные способы оценки дорожной ситуации на своих автономных самосвалах. При этом у каждого из способов наравне с преимуществами есть недостатки, рассматриваемые ниже, которые могут быть критичными в случае кейса с незначительным парком автономных транспортных средств, работающих в специфических условиях.

Радар позволяет оценить дистанцию как до удаленных, так и для близко расположенных объектов, независимо от погодных условий, но не пригоден для идентификации объектов из-за низкого разрешения [26]. Лидар-сканер может обеспечивать обзор в секторе вплоть до 360°, имеет высокую разрешающую способность, работает на малой и большой дальности, при этом чувствителен к различным природным явлениям (пыль, туман, снег) и не работает с объектами, имеющими низкую отражающую способность [26]. Ультразвуковые сенсоры хорошо работают только на коротких дистанциях, имеют низкую разрешающую

способность, просты по конструкции, имеют низкую стоимость и высокую скорость работы, не требуют сложного программного обеспечения [26]. Машинное зрение на основе видеокамер позволяет хорошо контролировать дорожную ситуацию и оценивать световые сигналы с дорожной разметкой [26].

Комбинирование нескольких технологий позволяет нивелировать часть недостатков каждой из применяемой в одной связке технологии, но крайне чувствительно к программному обеспечению, так как получаемые от разных источников данные неоднородны и требуют продвинутых алгоритмов для их правильного анализа [26].

Требования и ограничения к системе оценки дорожной ситуации автономных самосвалов на основе применяемых технологий

Рассмотрев технологию управления автономными самосвалами от компании «Hitachi» [17], можно выделить одну особенность – у грузовиков нет систем, позволяющих идентифицировать объекты в передней полусфере, только радары миллиметрового диапазона. Лидары используются только для распознавания края технологической дороги. Из источника [17] также известно, что «Hitachi» разработало и использует систему разграничения доступа на технологическую дорогу, аналогичную применяемым на железной дороге. Два этих факта позволяют считать технологические дороги достаточно детерминированной средой, где вероятность внезапного появления хаотично перемещающихся на разных скоростях объектов практически сведена к нулю. Соответственно, система оценки дорожной ситуации может иметь только базовый функционал для оценки наличия препятствия на пути автомобиля в виде выпавшего из кузова впереди идущего автомобиля части груза или серьезного повреждения дорожного полотна (колеи, вывалы с борта, провалы в дорожном полотне).

К ограничениям, осложняющим работу систем оценки дорожной ситуации, можно отнести природные явления: пыль, дождь, туман [18, 26].

Важной проблемой и ограничением к применению автономных грузовиков также является сложность программного и аппаратного обеспечения, требуемого для автономной работы. Для примера, «БЕЛАЗ» по разным причинам не повторил технологии «CAT» и оснастил свой продукт практически всеми применяемыми устройствами для обнаружения и распознавания препятствий [25].

Исходя из вышеописанного, можно сделать общий вывод о том, что системе контроля за дорожной обстановкой при правильно настроенной диспетчеризации движения на участке, достаточно уметь выявлять статичные препятствия по ходу движения автомобиля (независимо от направления движения) и возможное внезапное появление крупных объектов с заранее известного направления.

Средства навигации и позиционирования, применяемые в автономных карьерных самосвалах

Помимо определения дорожной ситуации вокруг автономного самосвала, важно понимать, где он находится и в каком направлении ему необходимо двигаться. Все производители карьерных самосвалов взяли за основу системы спутниковой навигации [13–15, 17]. В открытой печати указывается, что используется только система GPS, ни один производитель прямо не заявляет, что применяет комбинированные системы навигации ГЛОНАСС/Gps/Baidu. Если подробно рассмотреть схему размещения антенн GPS на схеме размещения датчиков автономного «БЕЛАЗ», опубликованной в источнике [25], то можно увидеть две антенны приема сигналов со спутников системы GPS, расположенных на значительном удалении друг от друга (на ширину грузовика) поперек хода движения. Данный способ размещения антенн говорит о возможности системы спутниковой навигации определять не только скорость движения и местоположение грузовика, но и положение оси (ориентацию). Такое же расположение приемных антенн сигналов со спутников системы GPS можно видеть и на карьерных самосвалах других производителей. Фактически никто из поставщиков автономной карьерной техники официально не заявляет, что применяет для навигации и ориентирования на местности какие-либо технологии, кроме спутниковой навигации.

Результаты исследования и их обсуждение

Альтернативная система контроля дорожной обстановки и позиционирования

Как видно из вышеописанного, системы оценки дорожной обстановки сложны как в программном, так и в аппаратном плане. Либо необходимо использовать лидары и обрабатывать огромный массив информации, выделяя из него необходимую, либо использовать пул систем, определяющих наличие препятствий, работающих на разных принципах, соответственно, испытывая проблемы в согласованной работе этих устройств [26].

Авторы предлагают для оценки дорожной ситуации упростить работу системы машинного зрения, основанного на распознавании видеоизображения. Система машинного зрения дополняется устройством активной подсветки пространства перед видеокамерой проектором световых маркеров на поверхность дорожного полотна. Алгоритмически система машинного зрения выделяет из общей сцены только контрастные световые маркеры и обрабатывает изменение их формы. Проекция световых маркеров на дорожное полотно является объектом с заранее известными характеристиками (расстояние между маркерами, цвет, форма, расстояние до камеры, расстояние до крайних точек автомобиля). Световой маркер при попадании на поверхность деформируется, отображая форму поверхности, на которую проецировался. Сопоставляя форму светового маркера, полученного с видеокамеры и эталонного образца в памяти системы машинного зрения, делается вывод о дорожной обстановке в секторе поле зрения автономного грузовика. Данный подход позволяет определять изменение рельефа дорожного полотна (продольный и поперечный уклон, колеиность, наличие статических препятствий), отслеживать появление, скорость и направление движущихся объектов. На базе данной технологии могут быть развернуты стационарные станции вдоль маршрута автономного транспортного средства, позволяющие создать сеть опорных точек для удаленного отслеживания дорожной ситуации в зоне своей ответственности.

В зонах неустойчивого или отсутствующего приема сигналов систем спутниковой навигации, с помощью проекции световых маркеров с опорных станций задается маршрут, при котором автономное транспортное средство способно определять свое положение на нем. Подобная реализация навигации позволяет осуществлять переброску грузовиков с одного автономного участка на другой, оборудованный системой опорных станций без внесения изменения в его программное обеспечение, по существу перенаправив на требуемый участок и активировав режим автономного вождения.

Заключение

Современные системы автономного управления карьерным транспортом достигли определенной степени совершенства и надежности, но по своей сути они являются сложнейшими программно-аппаратными комплексами с высоким порогом входа. К препятствиям можно отнести стоимость от 100 тыс. долл. за комплект на одну машину [25], настройку автономного участка,

ориентированность его на конкретного производителя техники, сложность перестройки маршрута, который невозможно изменить без участия компании, построившей участок автономной техники, длительное время развертывания.

Применение технологии автономного участка на основе световых маркеров позволяет избежать ряда проблем и существенно снизить порог для запуска на предприятии автономного участка. Система не требует установки базовых станций для точного спутникового позиционирования, установка возможна на любой самосвал с электронным управлением газом и рулевым управлением независимо от вендора, обученные работники предприятия могут самостоятельно модифицировать маршрут движения и перебрасывать машины с одного участка на другой.

Исследование выполнено в рамках КНТП, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. № 1144-р. по мероприятию «Разработка системы управления автономными транспортными средствами на основе проецируемой траектории движения» (Соглашение от 28.09.2022 № 075-15-2022-1199).

Список литературы

1. Global Rigid Dump Truck Market by Type (Human Driver, Autonomous), By Application (Mining, Construction) And By Region (North America, Latin America, Europe, Asia Pacific and Middle East & Africa). Forecast From 2022 To 2030 // DATAINTELO. [Электронный ресурс]. URL: <https://dataintel.com/report/rigid-dump-truck-market/> (дата обращения: 21.11.2022).
2. Карьерные самосвалы // БЕЛАЗ. [Электронный ресурс]. URL: <https://belaz.by/products/products-belaz/dumpers/?redirectcustom=Y> (дата обращения: 21.11.2022).
3. Mining trucks // Liebherr. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.liebherr.com/en/deu/products/mining-equipment/mining-trucks/mining-trucks.html> (дата обращения: 21.11.2022).
4. Trucks // Komatsu. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.komatsu.com/en/products/trucks/> (дата обращения: 21.11.2022).
5. Rigid Dump Trucks // Hitachi. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hitachicm.com/global/en/products/rigid-dump-trucks/> (дата обращения: 21.11.2022).
6. MINING TRUCKS // Cat. [Электронный ресурс]. URL: https://www.cat.com/en_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks.html (дата обращения: 21.11.2022).
7. Mining machinery // XCMG Group. [Электронный ресурс]. URL: <http://en.xcmg.com/en-ap/product/Mining-Machinery/pro-list-1000118.htm> (дата обращения: 21.11.2022).
8. Dump Trucks Global Market Report 2022 // Report-Linker. [Электронный ресурс]. URL: https://www.report-linker.com/p06317009/Dump-Trucks-Global-Market-Report.html?utm_source=GNW (дата обращения: 21.11.2022).
9. Autonomous Mining Equipment And Vehicles Global Market Report 2022 // ReportLinker. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reportlinker.com/p06320349/Autonomous-Mining-Equipment-And-Vehicles-Global-Market-Report.html> (дата обращения: 21.11.2022).
10. Global autonomous mining truck population tops thousand mark, to reach 1,800 by 2025 – report // Mining dot

com. URL: <https://www.mining.com/global-autonomous-mining-truck-population-tops-thousand-mark-to-reach-1800-by-2025-report/> (дата обращения: 22.11.2022).

11. FrontRunner Autonomous Haulage System (AHS) // Komatsu. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.komatsu.com/site-optimization/smart-mining/loading-and-haulage/autonomous-haulage-system/> (дата обращения: 21.11.2022).

12. Komatsu mining customers surpass 4 billion tons milestone // Komatsu. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.komatsu.com/newsroom/2021/komatsu-mining-customers-surpass-4-billion-tons-milestone/> (дата обращения: 21.11.2022).

13. Autonomous Haulage System (AHS) // Hitachi Construction Machinery. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hitachicm.com/global/en/solutions/solution-linkage/ahs/> (дата обращения: 21.11.2022).

14. Liebherr partners with Hexagon to deliver next generation mine automation // Press release. [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.liebherr.com/shared/media/corporate/news/news-2021/09/13/min/hexagon/liebherr-press-release-minexpo-hexagon.pdf> (дата обращения: 21.11.2022).

15. Milestone: Caterpillar surpasses 5 billion tonnes of material autonomously hauled // Cat. URL: https://www.cat.com/en_US/news/machine-press-releases/milestone-caterpillar-surpasses-5-billion-tonnes-of-material-autonomously-hauled.html (дата обращения: 21.11.2022).

16. Соболев А.А. Мировые тренды совершенствования и модернизации транспортных систем на открытых горных работах // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2020. № 2. С. 141–152.

17. Hamada T., Saito S. Autonomous Haulage System for Mining Rationalization // Hitachi review. 2018. Vol. 67 (1).

18. How Does An Autonomus Truck See? // Cat. [Электронный ресурс]. URL: https://www.cat.com/en_US/blog/truck-lidar.html (дата обращения: 22.11.2022).

19. Лидары (LiDAR, Light Detection and Ranging) // TADVISER. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Лидары_\(LiDAR,_Light_Detection_and_Ranging\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Лидары_(LiDAR,_Light_Detection_and_Ranging)) (дата обращения: 22.11.2022).

20. Report 2 Autonomous mining and equipment 2019 // Rfcambrian.com. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rfcambrian.com/wp-content/uploads/2019/04/RFCA-NTI-Report-2-Autonomous-Mining-Equipment-May-2019.pdf> (дата обращения: 22.11.2022).

21. Chen G., Cao H., Conradt J., Tang H., Röhrbein F., Knoll A. Event-Based Neuromorphic Vision for Autonomous Driving: A Paradigm Shift for Bio-Inspired Visual Sensing and Perception. *IEEE Signal Processing Magazine*. 2020. Vol. 37 (4). P. 34–49. DOI: 10.1109/MSP.2020.2985815.

22. Perrollaz M., Labayrade R., Roye're C., Hautie're N., Aubert D. Long Range Obstacle Detection Using Laser Scanner and Stereovision. *Intelligent Vehicles Symposium*. 2006. DOI: 10.1109/IVS.2006.1689625.

23. Hexagon Autonomy & Positioning: The Drive to Autonomy // Youtube.com (Hexagon Autonomy & Positioning). [Электронный ресурс]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=X_iSZA9KGKo (дата обращения: 22.11.2022).

24. «БЕЛАЗ» представил автономную систему грузоперевозок // Рейс.рф. [Электронный ресурс]. URL: <https://reis.zr.ru/news/belaz-predstavil-avtonomnuu-sistemu-gruzoperevozok/> (дата обращения: 22.11.2022).

25. БЕЛАЗ в 2019 году поставит в Россию пять беспилотных самосвалов // Роботы и искусственный интеллект «Я Робот». [Электронный ресурс]. URL: <https://ya-r.ru/2019/04/09/belaz-v-2019-godu-postavit-v-rossiyu-pyat-bespilotnyh-samosvalov/> (дата обращения: 22.11.2022).

26. Xiaoyan Y., Marin M. A Study on Recent Developments and Issues with Obstacle Detection Systems for Automated Vehicles // *Sustainability*. 2020. Vol. 12 (8). P. 3281. DOI: 10.3390/su12083281.

СТАТЬЯ

УДК 517.956.25:519.624.2:66.01

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАССООБМЕНА В ОКРЕСТНОСТИ КАПЛИ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОБТЕКАНИЯ И ОБЪЕМНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ**Абрамова В.А., Ахметов Р.Г.***ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы»,
Уфа, e-mail: akhmetov051@bk.ru, vict.abramova2016@yandex.ru*

В работе рассматривается процесс массообмена в малой окрестности вне капли, обтекаемой потоком жидкости. Предполагается, что число Рейнольдса мало. Другая особенность процесса: большие значения числа Пекле Pe и постоянной скорости химической реакции k_v . Здесь их отношение – постоянное. Задача носит сингулярный характер и состоит в том, что содержит эллиптическую часть оператора, которая вырождается при больших значениях Pe . Поэтому сначала задача исследуется в малой окрестности сферы в переменных диффузионного пограничного слоя. Вне окрестностей особых точек в этом пограничном слое решение вдали от границы по пространственным переменным носит экспоненциально убывающий характер. Затем, вблизи седловой точки, соответствующей точке стекания жидкости с капли, приходится дополнительно исследовать. Это связано с тем, что нелинейная функция, соответствующая объемной химической реакции, вырождается на бесконечности вместе с производной, что приводит к изменению структуры асимптотики и появлению особенностей логарифмического типа. Этот факт значительно усложняет решение задачи. Для построения решения приходится найти достаточное количество членов асимптотики. Для этого применяются методы абстрактных математических преобразований в среде Maple, что дает возможность построить асимптотическое разложение решения на бесконечности в эллиптическом пограничном слое. Затем решается краевая задача численными методами с использованием построенной асимптотики, что позволяет достичь требуемой точности. При этом важным свойством является устойчивость разностной схемы.

Ключевые слова: асимптотическое разложение (а.р.), массообмен, метод согласования, число Пекле**COMPUTER SIMULATION OF THE PROCESS OF MASS TRANSFER IN THE SURROUNDING OF A DROP WITH ACCOUNT FOR THE EFFECT OF THE FLOW AND VOLUME NONLINEAR CHEMICAL REACTION****Abramova V.A., Akhmetov R.G.***Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla, Ufa,
e-mail: akhmetov051@bk.ru, vict.abramova2016@yandex.ru*

The process of mass transfer is considered in a small neighborhood outside a drop in a fluid flow. It is assumed that the Reynolds number is small. Another feature of the process: large values of the Peclet number and the constant rate of the chemical reaction. Here their relationship is constant. The problem is singular in nature and consists in the fact that it contains the elliptic part of the operator, which degenerates for large values of. Therefore, the problem is first studied in a small neighborhood of the sphere in the variables of the diffusion boundary layer. Outside the neighborhoods of singular points in this boundary layer, the solution far from the boundary in space variables has an exponentially decreasing character. Then, near the saddle point corresponding to the point where the liquid drains from the drop, one has to additionally investigate. This is due to the fact that the nonlinear function corresponding to the bulk chemical reaction degenerates at infinity together with the derivative, which leads to a change in the structure of the asymptotics and the appearance of logarithmic-type singularities. This fact greatly complicates the solution of the problem. To construct a solution, one has to find a sufficient number of asymptotic terms. For this, methods of abstract mathematical transformations in the Maple environment are used, which makes it possible to construct an asymptotic expansion of the solution at infinity in an elliptical boundary layer. Then the boundary value problem is solved by numerical methods using the constructed asymptotics and it is possible to achieve the required accuracy. In this case, an important property is the stability of the difference scheme.

Keywords: asymptotic expansions (a. e.), mass transfer, matching method, Peclet number

Рассмотрим массообмен около сферической капли при наличии объемной химической реакции. Концентрация в потоке удовлетворяет уравнению (см., напр., [1], гл. 5, (6.1)–(6.3)):

$$\Delta C = Pe(\bar{V}, \nabla)C + k_v F(C), \quad (1)$$

где Pe – число Пекле, k_v – постоянная скорости химической реакции. Поле скоростей жидкости вне сферической капли определяется из выражений ([2], стр. 73):

$$\bar{V} = (v_r, v_\theta, v_\phi),$$

$$v_r = \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial \psi}{\partial \theta}, \quad v_\theta = -\frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \psi}{\partial r}, \quad (2)$$

$$\psi(r, \theta) = \sin^2 \theta (r-1) \left(2r - \frac{\lambda}{\lambda+1} \left(1 + \frac{1}{r} \right) \right) / 4, \quad (3)$$

где $\psi(r, \theta)$ – функция тока. Требуется построить а.р. решения уравнения (1) при граничных условиях:

$$C = 1 \text{ когда } r = 1; \quad C \rightarrow 0 \text{ для } r \rightarrow \infty. \quad (4)$$

Процесс массообмена тонкой капли в потоке исследован в работе [3], массообмена

между каплей или пузырьком в изотропном турбулентном потоке – в [4], массоперенос вокруг тонкой капли в нелинейном продольно-ползучем течении – в [5], массоперенос вокруг сферических пузырьков, каплей и твердых частиц в одноосных и двухосных нелинейных ползущих течениях – в [6], массообмен вокруг сферической капли двойной эмульсии в однородном ползучем потоке и при больших числах Пекле – в [7], точные решения уравнений конвективной диффузии с переменными коэффициентами – в работе [8]. А классы нелинейных уравнений массообмена с переменными коэффициентами, решенные с функциональным разделением переменных, исследованы в работе [9].

Особенность задачи (1), (4): 1) величина $\mu_0 = k_v / Pe$ – постоянная и 2) $Pe \rightarrow \infty$. При таких же предположениях, но в случае, когда функция $F(C)$ удовлетворяет условиям $F(0) = 0, F'(0) > 0$, а.р. решения внутри капли построено в работе [10], вне капли построено в работе [11]. В этих случаях асимптотики носят степенной характер.

Заметим, что в случае, когда $F(0) = 0, F'(0) > 0$, главный член разложения функции $F(C)$ при $C \rightarrow 0$ носит линейный характер.

В данной работе предполагается, что:

$$F: R^1 \rightarrow R^1, F(0) = 0, F'(0) = 0, 0 < F''(u) \quad (5)$$

и справедливо представление:

$$F(u) = u^2 + F_2 u^4 + F_3 u^6 + F_4 u^8 + F_5 u^{10} + O(u^{12}), \quad (6)$$

При $u \rightarrow 0$. В этом случае главный член разложения имеет квадратичную структуру, что приводит к появлению медлен-

но убывающих членов по пространственной переменной логарифмического типа на бесконечности.

Цель работы: исследовать задачу (1), (4) в малой окрестности капли: сначала строится асимптотика по $\varepsilon = (Pe)^{-1/2}$, затем строится асимптотика на бесконечности по пространственной переменной как решение обыкновенного дифференциального уравнения. Для исследования асимптотики используется Maple.

Новизна работы состоит в том, что построено а.р. решения на бесконечности по пространственной переменной в диффузионном пограничном слое около капли. Затем методом согласования а.р. получено решение в эллиптическом пограничном слое. Полученные а.р. используются для численного моделирования решения около границы.

Диффузионный пограничный слой

Уравнение (1) с учетом обозначений $\varepsilon = (Pe)^{-1/2}$ и $\mu_0 = k_v / Pe$ перепишем в виде:

$$\varepsilon^2 \Delta C - \frac{1}{r^2 \sin \theta} \left(\frac{\partial C}{\partial r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta} - \frac{\partial C}{\partial \theta} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) - \mu_0 F(C) = 0. \quad (7)$$

В диффузном слое переходим к переменным $t = \varepsilon^{-1}(r - 1)$, θ . Асимптотическое разложение решения ищется в виде ряда:

$$c(t, \theta, \varepsilon) = c_0(t, \theta) + \varepsilon c_1(t, \theta). \quad (8)$$

Функцию $F(C)$, а также функцию тока ψ заменим главными членами разложения в окрестности $c_0(t, \theta)$. Тогда для главного члена $c_0(t, \theta)$ в области $0 < \theta < \pi, 0 < t$ получается уравнение:

$$\frac{\partial^2 c_0}{\partial t^2} - \frac{t \cos \theta}{\lambda + 1} \frac{\partial c_0}{\partial t} + \frac{\sin \theta}{2(\lambda + 1)} \frac{\partial c_0}{\partial \theta} - \mu_0 F(c_0(t, \theta)) = 0, \quad (9)$$

и условия

$$c_0(0, \theta) = 1; c_0(t, \theta) \rightarrow 0 \text{ при } t \rightarrow \infty, \frac{\partial c_0}{\partial \theta}(t, \pi) = 0. \quad (10)$$

Асимптотическое разложение для $c_0(t, \theta)$ при $\theta \rightarrow 0$ строится в виде:

$$u(x) + O(\theta^2), \quad (11)$$

где $x = t / \sqrt{\lambda + 1}$. Из уравнения пограничного слоя (9), при малых θ относительно $u(x)$ получаем:

$$u''(x) - xu'(x) - \mu F(u) = 0, \quad (12)$$

где $\mu = \mu_0(\lambda + 1)$, учитывая условия (10), находим:

$$u(0) = 1, u(x) = O(1) \text{ при } x \rightarrow \infty. \quad (13)$$

Основной результат в этом пограничном слое состоит в следующем.

Теорема. Предположим, что выполнены условия (5), (6). Тогда найдется $\mu_1 > 0$ такое, что при всех $\mu \in (0, \mu_1)$ решение задачи (12), (13) при $x \rightarrow +\infty$ имеет а.р.

$$u(x) = \sum_{k=1}^n \frac{b_{0,k}}{(\mu \ln(x) + C)^k} + O\left(\frac{1}{\ln^{n+1}(x)}\right) \quad (14)$$

для некоторого C , где:

$$\left. \begin{aligned} b_{0,1} &= 1, \quad b_{0,2} = \text{const}, \quad b_{0,3} = b_{0,2}^2, \quad b_{0,4} = 2F_2 b_{0,2} + b_{0,2}^3, \\ b_{0,5} &= \frac{F_3 + 14F_2 b_{0,2}^2 + 3b_{0,2}^4}{3}, \quad b_{0,6} = \frac{5}{3}F_3 b_{0,2} + \frac{25}{3}F_2 b_{0,2}^3 + 2F_2^2 b_{0,2} + b_{0,2}^5, \\ b_{0,7} &= b_{0,2}^6 + 13F_2 b_{0,2}^4 + \frac{152}{15}F_2^2 b_{0,2}^2 + 5F_3 b_{0,2}^2 + \frac{4}{15}F_2 F_3 + \frac{1}{5}F_4, \\ b_{0,8} &= b_{0,2}^7 + \frac{168}{9}F_2 b_{0,2}^5 + \frac{1352}{45}F_2^2 b_{0,2}^3 + \frac{4}{3}F_3 b_{0,2}^3 + \frac{105}{9}F_3 b_{0,2}^3 + \frac{184}{45}F_2 F_3 b_{0,2} + \frac{7}{5}F_4 b_{0,2}, \\ b_{0,9} &= b_{0,2}^8 + \frac{76}{3}F_2 b_{0,2}^6 + \frac{1036}{15}F_2^2 b_{0,2}^4 + \frac{496}{35}F_2^3 b_{0,2}^2 + \frac{70}{3}F_3 b_{0,2}^4 + \\ &+ \frac{6952}{315}F_3 F_2 b_{0,2}^2 + \frac{16}{105}F_2^2 F_3 + \frac{28}{5}F_4 b_{0,2}^2 + \frac{4}{35}F_2 F_4 + \frac{19}{63}F_3^2 + \frac{1}{7}F_5, \\ b_{0,10} &= b_{0,2}^9 + \frac{63}{2}F_2 b_{0,2}^7 + \frac{666}{5}F_2^2 b_{0,2}^5 + \frac{21262}{315}F_2^3 b_{0,2}^3 + 42F_3 b_{0,2}^5 + \\ &+ \frac{2}{3}F_2^4 b_{0,2} + \frac{16379}{210}F_3 F_2 b_{0,2}^3 + \frac{1664}{315}F_2^2 F_3 b_{0,2} + \frac{84}{5}F_4 b_{0,2}^3 + \frac{219}{70}F_2 F_4 b_{0,2} + \\ &+ \frac{19}{7}F_3^2 b_{0,2} + \frac{9}{7}F_5 b_{0,2}. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Справедливы неравенства $u > 0$, $u < 0$ при $x > 0$. Такое решение единственно в классе ограниченных функций.

Доказательство теоремы. Сначала строится асимптотическое решение вида (14). Коэффициенты разложения находим, применяя метод неопределенных коэффициентов в среде Maple. Особенность задачи состоит в том, что структура асимптотики носит медленно убывающий характер на бесконечности. Приходится строить достаточное число членов асимптотики. Сперва в программе Maple наберем частичную сумму ряда порядка n ($n = 10$):

$$> u := u := \sum_{k=1}^{10} \frac{b_{0,k}}{(\mu \ln(x) + C)^k}. \quad (16)$$

Итак, находим:

$$\begin{aligned} u^2 &= \sum_{i=1}^5 \frac{b_{0,i}^2}{(\mu \ln(x) + C)^{2i}} + \frac{2b_{0,1}b_{0,2}}{(\mu \ln(x) + C)^3} + \frac{2b_{0,1}b_{0,3}}{(\mu \ln(x) + C)^4} + \sum_{i+j=5}^2 \frac{2b_{0,i}b_{0,j}}{(\mu \ln(x) + C)^5} + \\ &+ \sum_{i+j=6}^2 \frac{2b_{0,i}b_{0,j}}{(\mu \ln(x) + C)^6} + \sum_{i+j=7}^3 \frac{2b_{0,i}b_{0,j}}{(\mu \ln(x) + C)^7} + \sum_{i+j=8}^3 \frac{2b_{0,i}b_{0,j}}{(\mu \ln(x) + C)^8} + \sum_{i+j=9}^4 \frac{2b_{0,i}b_{0,j}}{(\mu \ln(x) + C)^9} + \\ &+ \sum_{i+j=10}^4 \frac{2b_{0,i}b_{0,j}}{(\mu \ln(x) + C)^{10}} + \sum_{i+j=11}^5 \frac{2b_{0,i}b_{0,j}}{(\mu \ln(x) + C)^{11}}; \end{aligned}$$

Вычислим производную данного ряда:

$$> du := x \rightarrow \text{diff}(u, x): > du(x);$$

$$\frac{du}{dx} = \sum_{k=1}^{10} \frac{-\mu k b_{0,k}}{x(\mu \ln(x) + C)^{k+1}}. \quad (17)$$

Вторая производная ряда имеет оценку порядка $O\left(\frac{1}{x^2}\right)$, поэтому ее не будем учитывать. Сохраняем лишь медленно убывающие члены. Находим степень

$$> \text{expand}\left((u)^2\right);$$

и находим u^2 , затем после каждой операции удаляем степени выше 11.

Так же вычисляются четвертая и шестая степени, опустим их вид в силу большого количества членов: $> expand(u^4)$; $> expand(u^6)$; далее находим:

$> expand(u^8)$;

$$u^8 = \frac{b_{0,1}^8}{(\mu \ln(x) + C)^8} + \frac{56b_{0,1}^6 b_{0,2} b_{0,3}}{(\mu \ln(x) + C)^{11}} + \frac{56b_{0,1}^5 b_{0,2}^3}{(\mu \ln(x) + C)^{11}} + \frac{8b_{0,1}^7 b_{0,2}}{(\mu \ln(x) + C)^9} +$$

$$+ \frac{8b_{0,1}^7 b_{0,3}}{(\mu \ln(x) + C)^{10}} + \frac{28b_{0,1}^6 b_{0,2}^2}{(\mu \ln(x) + C)^{10}} + \frac{8b_{0,1}^7 b_{0,4}}{(\mu \ln(x) + C)^{11}};$$

$> expand(u^{10})$;

$$u^{10} = \frac{10b_{0,1}^9 b_{0,2}}{(\mu \ln(x) + C)^{11}} + \frac{b_{0,1}^{10}}{(\mu \ln(x) + C)^{10}};$$

затем находим:

$$> eq := -x \cdot du(x) - \mu \cdot (u^2 + F_2 \cdot u^4 + F_3 \cdot u^6 + F_4 \cdot u^8 + F_5 \cdot u^{10});$$

Далее находим p,

$$> p := expand(eq);$$

А затем находим коэффициенты (здесь приходится вводить для коэффициентов при одинаковых степенях новые обозначения):

$$> b[1] := coeff\left(p, \frac{1}{(\mu \ln(x) + C)^2}\right); \quad b_1 = -\mu b_{0,1}^2 + b_{0,1} \mu;$$

$$> b[2] := coeff\left(p, \frac{1}{(\mu \ln(x) + C)^3}\right); \quad b_2 = -2\mu b_{0,1} b_{0,2} + 2\mu b_{0,2};$$

$$> b[3] := coeff\left(p, \frac{1}{(\mu \ln(x) + C)^4}\right); \quad b_3 = -\mu(2b_{0,1} b_{0,3} + b_{0,2}^2) + 3b_{0,3} \mu;$$

$$> b[4] := coeff\left(p, \frac{1}{(\mu \ln(x) + C)^5}\right); \quad b_4 = -4\mu F_2 b_{0,1}^3 b_{0,2} - 2\mu b_{0,1} b_{0,4} - 2\mu b_{0,2} b_{0,3} + 4\mu b_{0,4};$$

$$> b[5] := coeff\left(p, \frac{1}{(\mu \ln(x) + C)^6}\right);$$

$$b_5 = -\mu F_3 b_{0,1}^6 - 4\mu F_2 b_{0,1}^3 b_{0,3} - 6\mu F_2 b_{0,1}^2 b_{0,2}^2 - 2\mu b_{0,1} b_{0,5} - 2\mu b_{0,2} b_{0,4} - \mu b_{0,3}^2 + 5\mu b_{0,5};$$

$$> b[6] := coeff\left(p, \frac{1}{(\mu \ln(x) + C)^7}\right);$$

$$b_6 = -6\mu F_3 b_{0,1}^5 b_{0,2} - 4\mu F_2 b_{0,1}^3 b_{0,4} - 12\mu F_2 b_{0,1}^2 b_{0,2} b_{0,3} - 4\mu F_2 b_{0,1} b_{0,3}^2 - 2\mu b_{0,1} b_{0,6} - 2\mu b_{0,2} b_{0,5} - 2\mu b_{0,3} b_{0,4} + 6\mu b_{0,6} ,$$

$$> b[7] := \text{coeff} \left(g, \frac{1}{(\mu \ln(x) + C)^8} \right);$$

$$b_7 = -\mu F_4 b_{0,1}^8 - 6\mu F_3 b_{0,1}^5 b_{0,3} - 15\mu F_3 b_{0,1}^4 b_{0,2}^2 - 4\mu F_2 b_{0,1}^3 b_{0,5} - 12\mu F_2 b_{0,1}^2 b_{0,2} b_{0,4} - 6\mu F_2 b_{0,1}^2 b_{0,3}^2 - 12\mu F_2 b_{0,1} b_{0,2}^2 b_{0,3} - \mu F_2 b_{0,2}^4 - 2\mu b_{0,1} b_{0,7} - 2\mu b_{0,2} b_{0,6} - 2\mu b_{0,3} b_{0,5} - \mu b_{0,4}^2 + 7\mu b_{0,7} , \dots$$

Далее получаем выражения для b_8, b_9, b_{10} . Из полученных выражений, приравнявая к нулю, находим искомые коэффициенты:

$$b_1 = -\mu \cdot b_{0,1}^2 + b_{0,1} \cdot \mu = 0; \quad -\mu \cdot b_{0,1} \cdot (b_{0,1} - 1) = 0, \text{ отсюда находим } b_{0,1} = 1 ,$$

$$b_2 = -2\mu b_{0,1} b_{0,2} + 2\mu b_{0,2} = 0 , \text{ тогда } b_{0,2} = \text{const} , \text{ аналогично находим}$$

$$b_3 = -\mu (2b_{0,1} b_{0,3} + b_{0,2}^2) + 3\mu b_{0,3} = 0 , \quad b_{0,3} = b_{0,2}^2 , \quad b_{0,4} = 2F_2 b_{0,2} + b_{0,2}^3 ,$$

$$b_{0,5} = \frac{F_3 + 14F_2 b_{0,2}^2 + 3b_{0,2}^4}{3} , \quad b_{0,6} = \frac{5}{3} F_3 b_{0,2} + \frac{25}{3} F_2 b_{0,2}^3 + 2F_2^2 b_{0,2} + b_{0,2}^5 ,$$

$$b_{0,7} = b_{0,2}^6 + 13F_2 b_{0,2}^4 + \frac{152}{15} F_2^2 b_{0,2}^2 + 5F_3 b_{0,2}^2 + \frac{4}{15} F_2 F_3 + \frac{1}{5} F_4 , \dots$$

Таким образом, продолжая аналогично, получаем справедливость выражений (15) для коэффициентов.

Итак, построено формальное асимптотическое разложение решения порядка n ($n=10$). С учетом медленного убывания слагаемых ряда и в целях численного моделирования приходится находить достаточное количество слагаемых. Далее обоснование формальной асимптотики доказывается так же, как и в теореме 1 работы [11].

Область задней критической точки

В этом пограничном слое решение строится в переменных

$$x = \varepsilon^{-1} (\lambda + 1)^{-\frac{1}{2}} (r - 1), \quad \xi = \varepsilon^{-1} (\lambda + 1)^{-\frac{1}{2}} \theta.$$

Для главного члена асимптотики получаем уравнение:

$$\frac{\partial^2 v(x, \xi)}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 v(x, \xi)}{\partial x^2} - t \frac{\partial v(x, \xi)}{\partial x} + \left(\frac{\xi}{2} + \frac{1}{\xi} \right) \frac{\partial v(x, \xi)}{\partial \xi} - \mu (\lambda + 1) F(v(x, \xi)) = 0, \quad (18)$$

и условия:

$$v(0, \xi) = 1; \quad \frac{\partial v(x, \xi)}{\partial \xi} = 0 \text{ при } \xi = 0, \quad (19)$$

$$v(x, \xi) - u(x) \rightarrow 0 \text{ при } x \rightarrow +\infty \quad (20)$$

Из теоремы, рассмотренной выше, получаем, что функция $u(x)$ удовлетворяет условиям (18) – (20).

Численное моделирование

Переходим к численному моделированию решений задачи (12), (13). В а. р. (15) есть произвольная константа $b_{0,2}$. Это дает возможность удовлетворить граничным условиям (13). Уравнение (12) перепишем в виде системы:

$$\begin{cases} u'(x) = z(x) \\ z'(x) = xz(x) + \mu F(u(x)) \end{cases} \quad (21)$$

Функцию $F(u(x))$ перепишем в виде суммы $F(c_0) + F'(c_0)(u(x) - c_0)$. Начальные условия получим, пользуясь теоремой:

$$u(X_0) = u_0, \quad z(X_0) = z_0, \quad (22)$$

где постоянные u_0, z_0 определяются из выражения (16) и ее производной (17), например в точке $X_0 = 150$.

Для определения постоянной $b_{0,2}$ выберем промежуток (a, b) , например $a = 0.01, b = 20$. Далее постоянная $b_{0,2}$ находится методом половинного деления, при этом требуется выполнение граничного условия $u(0) = 1$.

Рассмотрим случай, когда $F(u) = u^2 - u^4$. Методом Эйлера получены следующие результаты, например:

$$\mu = 0.5, u = 1.0000; z = -0.8468; C = 0.9626,$$

$$\mu = 1, u = 1.0000; z = -0.8891; C = 0.2435;$$

$$\mu = 2, u = 1.0000; z = -0.9286; C = 0.6043,$$

$$\mu = 3, u = 1.0000; z = -0.9657; C = 1.6021.$$

Заключение

В работе показано, что а.р. решения в диффузионном пограничном слое на бесконечности по пространственной переменной имеет логарифмическую структуру. Методом согласования а.р. решений диффузионного и эллиптического пограничных слоев в промежуточном пограничном слое получена аналогичная структура в эллиптическом слое.

Заметим, что в работе проведено математическое моделирование процесса мас-

сообмена методом согласования а.р. в двух пограничных слоях, описаны этапы программного построения а.р. с использованием программы Maple. Затем полученные результаты использованы для разработки алгоритма численного метода решения краевой задачи. Работа представляет теоретический интерес в области математической физики, а также практически может быть использована в химической технологии при анализе процесса массообмена около капли.

Список литературы

1. Гупало Ю.П., Полянин А.Д., Рязанцев Ю.С. Массотеплообмен реагирующих частиц с потоком. М.: Наука, 1985. 336 с.
2. Животягин А.Ф. Влияние гомогенной химической реакции на распределение концентрации в диффузном следе капли // Вестник Московского университета. Сер. 1. Математика и механика. 1980. № 6. С. 73-78.
3. Favelukis M., Lavrenteva O.M., Nir A. On the evolution and breakup of slender drops in an extensional flow. Phys. Fluids. 2012. Vol. 24. P. 043101.
4. Келбалиев Г. И. Массообмен между каплей или газовым пузырем и изотропным турбулентным потоком // Теоретические основы химической технологии. 2012. Том 46. № 5. С. 554-562.
5. Favelukis M. Mass transfer around a slender drop in a nonlinear extensional flow. Nonlinear Eng. 2019. V. 8. P. 117-126.
6. Favelukis M. Mass transfer around bubbles, drops, and particles in uniaxial and biaxial nonlinear extensional flows. AIChE. 2019. V. 65. P. 398-408.
7. Favelukis M. Mass transfer around a compound drop in an extensional flow. Can. J. Chem. Eng. 2021. V. 99. P. S800-S808.
8. Полянин А.Д. Редукции и новые точные решения нелинейных уравнений конвективной диффузии с переменными коэффициентами // Вестник национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». 2018. Т. 7. № 6. С. 497-507. DOI: 10.1134/S2304487X1806010X.
9. Полянин А.Д. Точные решения в неявном виде нелинейных уравнений конвективного массо- и теплопереноса с переменными коэффициентами // Вестник национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». 2019. Т. 8. № 5. С. 415-427. DOI: 0.1134/S2304487X19040084.
10. Ахметов Р.Г., Милукова А.В. Асимптотические решения задачи конвективной диффузии внутри капли, обтекаемой потоком жидкости // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 9. С. 29-34.
11. Ахметов Р.Г., Ложкина Е.В. Компьютерное моделирование процесса массообмена в окрестности капли с учётом объёмной нелинейной химической реакции // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 6. С. 9-16.

СТАТЬИ

УДК 378.046.4

**ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ТРАЕКТОРИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ПЕДАГОГА-ВОСПИТАТЕЛЯ:
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**¹Абдалина Л.В., ²Чупрынина И.Ю.¹ФГБОУ «Воронежский государственный университет», Воронеж,
*e-mail: ablava11@rambler.ru;*²МАДОУ «Детский сад комбинированного вида № 29 «Золушка», Губкин,
e-mail: irenefox431@gmail.com

В статье актуализирована проблема изучения сущностных характеристик индивидуальной траектории профессионального развития педагога-воспитателя как эффективного средства в (само)совершенствовании личности, профессионала и полноценной самореализации в профессии. На основе анализа и соотношения понятий «личностный рост», «профессиональное развитие», «траектория развития» в педагогике, представления и функциональных обязанностях современного педагога-воспитателя сформулировано авторское определение понятия «индивидуальная траектория профессионального развития педагога-воспитателя». Рассмотрены понятия, схожие по смыслу, содержанию с индивидуальной траекторией профессионального развития педагога-воспитателя и выявлены основные направления к рассмотрению его существенных свойств, а именно: как индивидуального пути педагога и как средства его прохождения. Представлены обоснования социальной и научно-практической значимости реализации педагогом-воспитателем собственной индивидуальной траектории профессионального развития, обеспечивающей ему совершенствование специальных профессионально-личностных качеств для оптимизации образовательного процесса в дошкольной образовательной организации и достижения в избранной профессии. Отмечен ряд функций, отражающих значимость индивидуальной траектории профессионального развития для педагога-воспитателя и его деятельности. Определены взаимосвязанные, взаимообусловленные основные этапы реализации педагогом-воспитателем собственной индивидуальной траектории профессионального развития. Отмечены проблемы, свойственные современной системе повышения квалификации, в сопровождении персонализированной переподготовки и повышении квалификации педагогических работников. Сформулирован определенный спектр проблем теоретико-прикладного характера в изучении индивидуальной траектории профессионального развития педагога-воспитателя. Отмечены перспективы дальнейшего научного поиска.

Ключевые слова: личностный рост, профессиональное развитие, индивидуальная траектория, индивидуальная траектория профессионального развития педагога-воспитателя, ее функции и этапы реализации

**INDIVIDUAL TRAJECTORY OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT
OF A TEACHER EDUCATOR: CURRENT RESEARCH ISSUES**¹Abdalina L.V., ²Chupryнина I.Yu .¹Voronezh State University, Voronezh, *e-mail: ablava11@rambler.ru;*²Municipal autonomous preschool educational institution
«Kindergarten of combined type No. 29 «Cinderella», Gubkin,
e-mail: irenefox431@gmail.com

The article actualizes the problem of studying the essential characteristics of the individual trajectory of the professional development of a teacher-educator as an effective means in the (self-)improvement of the individual, professional and full-fledged self-realization in the profession. Based on the analysis and correlation of the concepts of "personal growth", "professional development", "trajectory of development" in pedagogy, the representation and functional duties of a modern teacher-educator, the author's definition of the concept "individual trajectory of professional development of a teacher-educator" is formulated. Concepts similar in meaning and content to the individual trajectory of the professional development of a teacher-educator are considered and the main directions for considering its essential properties are identified, namely: as an individual path of a teacher and as a means of passing it. Substantiations of the social and scientific and practical significance of the implementation by the teacher-educator of his own individual trajectory of professional development, which provides him with the improvement of special professional and personal qualities to optimize the educational process in a preschool educational organization and achieve achievements in the chosen profession, are presented. A number of functions are noted that reflect the importance of the individual trajectory of professional development for the teacher-educator and his activities. The interrelated, interdependent main stages of the implementation by the teacher-educator of his own individual trajectory of professional development are determined. The problems inherent in the modern system of advanced training, accompanied by personalized retraining and advanced training of pedagogical workers, are noted. A certain range of problems of a theoretical and applied nature in the study of the individual trajectory of the professional development of a teacher-educator is formulated. Prospects for further scientific research are noted.

Keywords: personal growth, professional development, individual trajectory, individual trajectory of professional development of a teacher-educator, its functions and stages of implementation

Кардинальные трансформации российского образования на всех уровнях, введение новых образовательных и профессиональных стандартов актуализируют проблему обновления, даже перестройки педагогическими работниками дошкольных образовательных учреждений своей профессиональной деятельности. В свою очередь, это требует от педагогов-воспитателей поиска и ориентации на новые, более эффективные в условиях постоянного обновления системы образования пути и средства профессионально-личностного развития. Конкретизация таких путей и средств необходима и для более успешной реализации нового современного тренда образования – персонализации обучения и воспитания обучающихся.

Обращаясь к решению основных задач образования – повышению его качества, эффективности и самореализации его субъектов, от педагога-воспитателя требуется через повышение собственной профессиональной компетентности создавать психолого-педагогические условия для актуализации и реализации собственного потенциала каждым участником образовательного процесса. Для этого он должен быть компетентен в построении авторской концепции профессиональной деятельности и реализации индивидуальной траектории профессионального развития в виде трансляции и распространения приобретенного уникального профессионально-педагогического опыта.

Цель исследования заключается в актуализации проблемы обоснования и определения теоретико-прикладных оснований изучения особенностей и проблем реализации индивидуальной траектории профессионального развития педагога-воспитателя, что позволит внести вклад в определение эффективных стратегий модернизации и детерминант, обеспечивающих качество подготовки и повышения квалификации работников образования, в том числе дошкольного образовательного учреждения (ДОУ).

Трансформация российского образования, становление новой системы национального образования указывают работникам образования на необходимость и перспективность перехода на принципиально иные социокультурные, психолого-педагогические возможности и условия осуществления профессионально-педагогической деятельности, в том числе в учреждениях дошкольного образования. Несмотря на актуализацию вопросов дошкольного образования и происходящие в них существенные изменения на нормативно-правовом уровне, в деятельности ДОУ по-прежнему сложно разрешимы и поэтому остаются ак-

туальны противоречия между требованиями, предъявляемыми к педагогу-воспитателю (социальный заказ, запрос родителей), и реальным уровнем его подготовленности к профессионально-педагогической деятельности на инновационном, «прорывном» уровне ее осуществления.

Материалы и методы исследования

Исходя из характеристик обобщенных общепедагогических, трудовых функций и соответствующих им знаний, умений, других характеристик, описанных в Профессиональном стандарте «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)» (2013, введен в действие с 2019), педагог-воспитатель должен обладать совокупностью основных педагогических компетентностей – методологической, психолого-педагогической, коммуникативной, исследовательской, презентационной, информационно-коммуникационной компетентностью (ИКТ), акмеологической. Педагог-воспитатель, выполняя ряд специальных функций – формирование психологической готовности к школьному обучению, создание позитивного климата в группе, организация конструктивного взаимодействия детей в разных видах деятельности, поддержка детской инициативы и самостоятельности и др. [1], должен опираться на сформированные компетенции и субъектный опыт личности. При этом именно акмеологическая компетентность, на наш взгляд, должна быть в наибольшей степени востребована, так как выступает в определенном смысле универсальной компетентностью, поскольку необходима педагогу-воспитателю для успешного овладения им всеми остальными компетентностями: это потенциал (способности и мотивация) к постоянному профессиональному совершенствованию и личностному росту за счет воплощения целесообразных и перспективных направлений, стратегий, программ, форм, методов индивидуального темпа достижения вершин в избранной профессии.

Поскольку профессиональная деятельность педагога наделена многими функциональными обязанностями и погружена в контекст инновационной образовательной среды учреждения, то требует от ее субъекта повышенного уровня развития способности (готовности) к личностному росту и профессиональному развитию. Общим результатом профессионального развития и личностного роста педагога-воспитателя может стать как повышение качества про-

фессионально-педагогической воспитательной деятельности и улучшение ее содержательных характеристик, так и обретение им возможности получить профессиональное и социальное признание, подтверждение собственной состоятельности и компетентности в профессии, а также полноценная самореализация – воплощение в труде всех своих потенциалов.

Личностный рост педагога ученые трактуют по-разному, внося в его понимание собственную авторскую позицию: как обнаружение и преодоление слабых сторон развития, трудностей на жизненном пути с помощью адекватных средств (Л.В. Абдалина, Н.А. Коваль); как наличие способности управлять событиями, твердо отстаивать собственные позиции, конструктивно взаимодействовать с окружающим миром (М.Р. Битянова); как фактор профессионального успеха, обеспечивающие преобразование деятельности (Н.И. Сергеева); как способность педагога успешно реализовывать и развивать свой личностный потенциал (Н.И. Авалуева и др.) и др.

Считаем, что личностный рост, действующий высшему предназначению человека – самореализации в жизнедеятельности, достигим за счет его готовности к целенаправленному осуществлению индивидуальной программы, траектории личностного и профессионального развития. Проблемное поле личностного роста, согласно опросам педагогов-воспитателей, составляют важные составляющие готовности к этому – способность к самоорганизации личности (48%), интенция к непрерывному самосовершенствованию (41%), наличие волевого потенциала (57%) и др.

Личностный рост позволяет педагогу-воспитателю успешно «наполняться» в двух ипостасях – горизонтально, обогащая интеллектуально-информационное пространство; вертикально, продвигаясь вверх в служебном, статусном, деловом, карьерном поле. Выбирая такую возможность, педагог-воспитатель должен быть готов к приобретению новых знаний и нового опыта решения профессионально-педагогических задач, к совершенствованию профессионально-личностных качеств, т.е. к целенаправленному продуктивному профессиональному развитию.

О.А. Иванова связывает понимание сути профессионального развития педагога со сложным процессом, неотделимым интегрирующим качественными изменениями его личностных характеристик – это «...процесс активного преобразования личностью своего внутреннего мира, с учетом запросов и ресурсов социума, посредством формиро-

вания и развития профессионально значимых в педагогической деятельности знаний, умений, навыков; способностей и качеств личности; мотивации, деятельности, коммуникативности и рефлексии, которые оказывают влияние на успешную творческую самореализацию педагога в его профессиональной деятельности» [2, с. 206].

Очевидно, что *профессиональное развитие*, как фундаментальный процесс изменения человека в профессии, происходит не стихийно, а строится целенаправленно и осуществляется под влиянием внутренних и внешних воздействий профессиональной, социальной, культурной среды общества и профессионального сообщества. Результатом профессионального развития, согласно А.К. Марковой, становится достижение педагогом профессионализма и, соответственно, повышение качества профессионально-педагогической деятельности, получение определенного социального статуса, занятие определенной должности. Грамотно, когда такие сложные интегративные изменения предварительно программируются и функционально организуются личностью. Только сознательное проектирование и управление собственным профессионально-личностным развитием являются единственным перспективным выбором для педагога, нацеленного на полноценную реализацию своего потенциала и достижения в избранной профессии.

Теоретико-прикладные исследования российских ученых обосновывают и эмпирически подтверждают, что эффективное и творческое выполнение профессионально-педагогической деятельности в условиях непрерывно обновляющейся системы образования, интенсивно меняющейся профессиональной среды достигается, наряду со сформированными у педагога профессиональной направленностью, компетентностью, качествами, за счет его готовности проектировать собственное профессиональное развитие, выстраивать его индивидуальную перспективную траекторию [2–4]. Реализация педагогом индивидуальной траектории профессионального развития (ИТПР) даст ему возможность более компетентно и на инновационном уровне прогнозировать и реализовывать образовательный процесс в ДОУ, строить и сопровождать индивидуальные образовательные маршруты обучающихся.

Перспективы профессионального развития педагога посредством индивидуальной траектории мы видим в том, что его профессионально-педагогическая деятельность будет носить и станет приобретать все более научно обоснованный характер.

Проблема проектирования педагогом собственного пути профессионального развития чрезвычайно актуальна, поскольку обладает социальной и научно-практической значимостью. Социальная значимость заключается в том, что общество, государство, испытывая потребность в «новом образе» педагога, предъявляет ему сегодня и новые требования [1], автоматически проецируя у него стремление выстроить перспективный стратегический путь, разработать соответствующие план, программу «беспроектного» профессионального развития.

Обращение к актуальным вопросам исследования сущностных характеристик индивидуальной траектории профессионального развития педагога-воспитателя позволило констатировать наличие различных аспектов ее широкого обсуждения в психолого-педагогических исследованиях. Продуктивные для нашего исследования идеи обнаружены в концепциях, точках зрения, научных позициях ученых, активно и на высоком научном уровне разрабатывающих теоретико-методологические и прикладные аспекты, проблемы становления и развития педагогических работников как профессионалов. В психолого-педагогических науках накоплен значительный объем исследований, в которых ученые разрабатывают сущностные характеристики – онтологические, функциональные, динамические и др., процесса личностно- и профессионально-персонализированного становления и развития специалиста на различных этапах его профессионализации (вуз, образовательные учреждения, учреждения дополнительного образования и др.). Внимание многих исследований применительно к нашей проблематике сконцентрировано на взаимодействующих, зачастую схожих по сути, смыслу, сложно дифференцируемых следующих понятиях: индивидуальная траектория образования (Н.Ю. Шапошникова, А.В. Хуторской и др.); индивидуальный образовательный маршрут (Н.Н. Арбузова, Н.А. Лабунская, А.П. Тряпицына и др.); индивидуальная траектория развития: профессионального развития (О.А. Иванова, И.Б. Бичева, О.С. Чех и др.); профессионально-развивающая траектория саморазвития (А.А. Ушаков); индивидуальная траектория профессионального самосовершенствования (А.А. Дробот); траектория профессионального роста (Н.В. Жукова, М.А. Якунчев); и др.

Анализируя отмеченные точки зрения ученых, можно выделить два намечающихся основных направления (подхода) к рассмотрению существенных свойств ИТПР

педагога: 1) как индивидуальный путь педагога в профессиональном самосовершенствовании и 2) как средство, т.е. маршрут, план, программа.

Например, в исследованиях О.А. Ивановой индивидуальная траектория профессионального развития рассматривается как индивидуальный, персональный путь развития и реализации личностного потенциала педагогом. То есть ИТПР – это путь становления профессиональной индивидуальности личности педагога, для успешного прохождения которого он самостоятельно выбирает и реализует соизмеримый темп, уровень и объем содержания, средств, условий профессионального развития, исходя из собственных актуальных и потенциальных возможностей [1, с. 207].

Другое направление в изучении сущности ИТПР педагога составляет его отождествление с маршрутом, планом и связано с его определением как целенаправленно проектируемой дифференцированной программы действий. Помогает педагогу-воспитателю в этом самообучение и методическое сопровождение в ДОУ [5, 6].

Результаты исследования и их обсуждение

Обобщая трактовки ученых, можно сформулировать следующее общее понимание феномена «индивидуальная траектория»: это персональный (персонализированный) путь саморазвития и профессионального становления личности педагога-воспитателя, построенный на учете ее индивидуального потенциала (мотивы, способности, качества, свойства). Принимая во внимание рассмотренные ранее понятия профессионального развития, личностного роста и отмеченную трактовку индивидуальной траектории, представим понимание сути ИТПР педагога-воспитателя в контексте нашего исследования.

Индивидуальная траектория профессионального развития педагога-воспитателя – это персональный путь педагога-воспитателя как субъекта непрерывного (само) совершенствования личности и профессионала, обеспечивающий ему обогащение ценностно-смысловой сферы, повышение профессиональных компетентностей, развитие специальных профессионально-личностных качеств для оптимизации образовательного процесса в ДОУ и полноценной самореализации в профессии.

Индивидуальная траектория и индивидуальный план профессионального развития выполняют важные для педагога функции: ориентации в целеполагании (результат

в долгосрочной или краткосрочной перспективе); прогнозирования во времени (наличие мотивирующих границ); мобилизации от возможных рисков, перемен (оптимальная психологическая готовность); контроля (мониторинг конкретных показателей прогресса); иммунизации к профессиональной стагнации (устойчивая потребность в самосовершенствовании); систематизации и оптимизации профессиональной деятельности (ориентация на высокопродуктивный уровень профессионализма); и др.

Индивидуальная траектория профессионального развития, как прогнозируемый долгосрочный путь, план движения педагога-воспитателя, реализуется в рамках процессуальных (динамические) характеристик – *этапах*, логике, закономерностях, стратегиях, детерминантах.

Каждый этап профессионального развития может включать необходимые и важные для преодоления ступени как последовательные, строго определенные, так и вариативные сценарии, в рамках которых происходит «сложение человеком своей (профессиональной – *доп. авторов*) истории» (С.Л. Рубинштейн).

Этапы ИТПР последовательны, осуществляются в определенной логике; взаимосвязаны и взаимообусловлены; стадиями возможно управлять. При этом мы принимали во внимание, что на пути профессионального развития у каждого педагога-воспитателя возможны повторы предыдущего этапа, определенного рода «зигзаги» и кризисы. Также очевидно, что ИТПР у разных педагогов-воспитателей могут значительно отличаться по своим сущностным характеристикам. Актуальным вопросом исследования особенностей и оптимизации возможностей реализации педагогом-воспитателем ИТПР выступает вопрос представления и конкретизации этапов изучаемого процесса.

С этой целью было выявлено объединяющее основание для соединения этапов ПР педагога-воспитателя в единую структуру – постепенное качественное преобразование содержательных характеристик его профессионального развития и личностного роста.

Теоретический анализ научной литературы, обобщение собственного опыта профессиональной воспитательной деятельности в ДОУ позволили определить *основные этапы реализации педагогом-воспитателем ИТПР*: этап адаптации (путь формирования общего вектора профессионального развития); этап алгоритмизации (путь реализации определенного алгоритма в профессиональном развитии); этап ра-

онализации (путь применения все новых технологий профессионального развития); этап исследования (путь активного внедрения авторских технологий профессионального развития); этап наставничества (путь распространения опыта успешного профессионального развития).

Успешное прохождение данных этапов обеспечивается только самостоятельным инициативно-ответственным целеполаганием и целереализацией педагогом-воспитателем, способствующими ему в поддержании искомого (желаемого) уровня для своего профессионального роста и личностного развития. При этом лишь около 40% педагогов-воспитателей активно ориентированы и занимаются повышением квалификации по собственной инициативе, участвуя в соответствующих курсах дистанционно либо традиционным образом.

Сами педагоги-воспитатели считают целесообразным системное и планомерное научно-методическое, тьюторское сопровождение процесса повышения квалификации педагогических сотрудников ДОУ как в системе повышения квалификации (СПК), так и в условиях внутриучрежденческого повышения квалификации с использованием инновационных форм, методов, технологий работы – инновационные педагогические проекты, творческие отчеты, воркшопы, авторские пособия, электронные образовательные ресурсы [5, 7]. Важным вопросом оптимизации процесса продуктивного профессионального развития педагога на основе индивидуальной траектории остается вопрос о состоянии современной СПК для того, чтобы обеспечивать на инновационном уровне непрерывную персонализированную переподготовку и повышение квалификации педагогических работников. СПК, предлагая работникам образования на сегодня различные варианты программ, зачастую привержена традициям, инертна к нововведениям, что затрудняет достижение эффективности в их непрерывном образовании. Однако должным образом с системных позиций эффективность повышения квалификации педагогов не исследуется, усугубляя имеющиеся проблемы, упуская возможности их разрешения.

Представленные точки зрения ученых, касающиеся обоснования и определения теоретико-прикладных оснований изучения ИТПР педагога-воспитателя, позволяют отметить здесь следующие важные выводы исследования:

– многогранность понятия «ИТПР педагога-воспитателя», использование в научной литературе значительного количества сино-

нимичных, схожих по смыслу понятий, требующих дифференциации и конкретизации;

- отсутствие целостного и комплексного описания ИТПР как системного образования, реализация которого требует от педагога-воспитателя готовности к этому, как особой установки;

- несформированность у многих педагогов-воспитателей концептуального представления о сути профессионального развития, о построении и реализации ИТПР;

- опыт формирования готовности педагога-воспитателя к реализации ИТПР как в СПК, так и в условиях внутриучрежденческого повышения квалификации носит скорее стихийный, случайный характер и не имеет практики должного организационного, методического, технологического обеспечения и тьюторского сопровождения;

- социально, научно и практически значима потребность дошкольных образовательных учреждений в педагогах-воспитателях, готовых к непрерывному (само) совершенствованию как личности и профессионала и повышающих статус, поддерживающих репутацию и формирующих благоприятный имидж учреждения; и др.

Перспективы дальнейшего научного поиска будут состоять в моделировании процесса реализации педагогом-воспитателем ИТПР и определении комплекса психолого-педагогических условий, влияющих на его эффективность непосредственно во внутриучрежденческом повышении квалификации.

Список литературы

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Об утверждении профессионального стандарта “Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)”» от 18 октября 2013 г. № 544н [Электронный ресурс]. URL: <http://проф-стандарт.педагога.рф/wpcontent/uploads/> (дата обращения: 21.09.2022).

2. Антонов Н.В., Иванова О.А., Бочарова Н.В. Особенности построения индивидуальной траектории профессионального развития // Образование. Наука. Научные кадры. 2018. № 1. С. 205–209.

3. Арбузова Н.Н. Индивидуальная образовательная траектория педагога как условие его профессионального развития // Вестник БелИРО. 2019. № 4 (14). С. 99–104.

4. Ушаков А.А. Технология проектирования и реализации индивидуальной профессионально-развивающей траектории саморазвития педагога // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31156> (дата обращения: 21.09.2022).

5. Бичева И.В., Мелентович А.В. Индивидуальная траектория профессионального развития педагога дошкольной образовательной организации // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2018. № 4. С. 267–279.

6. Дробот А.А. Организация индивидуальной траектории профессионального самосовершенствования педагога в условиях реализации профессионального стандарта // Повышение квалификации педагогических кадров в изменяющемся образовании: сборник материалов VI Всероссийской научно-методической интернет-конференции / Под общ. ред. С.Ю. Новоселовой. М.: Издательство ФГАОУ ДПО «Академия повышения квалификации и профессиональной переподготовки работников образования», 2018. С. 231–238.

7. Легконогих А.Н., Головки Т.Г., Блинова Е.Е., Легконогих Н.И. Исследование эффективности повышения квалификации педагогов-воспитателей ДОУ дистанционно с использованием компьютерных технологий // Человеческий капитал. 2020. № 9 (141). С. 180–187.

УДК 378.1

ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ОНЛАЙН-КУРС РУССКОГО ЯЗЫКА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ИНОСТРАННЫХ ГРАЖДАН К ЗАНЯТИЯМ ПО ИНФОРМАТИКЕ НА ДОВУЗОВСКОМ ЭТАПЕ

Аникина Е.И.*Юго-Западный государственный университет, Курск, e-mail: elenaanikina@inbox.ru*

Современная тенденция развития довузовской подготовки иностранных граждан связана с внедрением в учебный процесс технологий смешанного обучения, сочетающего применение традиционных и цифровых образовательных технологий. Изучение информатики входит в программы довузовской подготовки иностранных граждан к освоению профессиональных образовательных программ инженерно-технической и технологической направленности на русском языке. Преподавание информатики, как и других общеобразовательных дисциплин, на довузовском этапе связано с трудностями, для преодоления которых требуется применение инновационных моделей обучения. Целью данного исследования является разработка онлайн-курса для языковой подготовки иностранных студентов к занятиям по адаптационному курсу информатики на подготовительном факультете для иностранных граждан Юго-Западного государственного университета в рамках реализации модели смешанного предметно-интегрированного обучения русскому языку как иностранному. Разработанный предметно-интегрированный онлайн-курс предназначен для самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Научный стиль речи». Учебный контент разработанного онлайн-курса русского языка состоит из модулей, темы которых контекстно соотносятся с содержанием довузовского курса информатики. Названия тем онлайн-курса совпадают с названиями тем учебного пособия по информатике. В данной работе дается описание содержания и структуры модулей онлайн-курса, приводятся примеры выполнения типовых интерактивных упражнений.

Ключевые слова: онлайн-курс, технология смешанного обучения, довузовская подготовка иностранных граждан, предметно-ориентированный подход к обучению

SUBJECT-ORIENTED ONLINE RUSSIAN LANGUAGE COURSE TO PREPARE FOREIGN CITIZENS FOR COMPUTER SCIENCE CLASSES AT THE PRE-UNIVERSITY STAGE

Anikina E.I.*Southwest State University, Kursk, e-mail: elenaanikina@inbox.ru*

The current trend in the development of pre-university training of foreign citizens is associated with the introduction of blended learning technologies into the educational process, combining the use of traditional and digital educational technologies. The study of informatics is included in the programs of pre-university training of foreign citizens for the development of professional educational programs of engineering, technical and technological orientation in Russian. Teaching computer science, as well as other general education disciplines, at the pre-university stage is associated with difficulties, which require the use of innovative teaching models to overcome. The purpose of this study is to develop an online course for the language training of foreign students for classes in the adaptation course of informatics at the preparatory faculty for foreign citizens of Southwestern State University as part of the implementation of the model of mixed subject-integrated teaching of Russian as a foreign language. The developed subject-oriented online course is designed for independent work of students in the study of the discipline "Scientific style of speech". The educational content of the developed online Russian language course consists of modules, the topics of which contextually correspond to the topics studied in the pre-university informatics course. The names of the topics of the online course are the same as the names of the topics of the computer science textbook. This paper describes the content and structure of the online course modules, provides examples of how to perform typical interactive exercises.

Keywords: online course, blended learning technology, pre-university training of foreign citizens, subject-oriented learning approach

Довузовская подготовка иностранных граждан к освоению профессиональных образовательных программ на русском языке обычно занимает один учебный год. В первом семестре проводится интенсивная подготовка по русскому языку как иностранному (РКИ). Во втором семестре к занятиям по РКИ добавляются занятия по ряду общеобразовательных дисциплин, перечень которых определяется направленностью образовательной программы, по которой слушатель планирует продолжить обучение в российском вузе.

Материалы и методы исследования

Занятия по общеобразовательным дисциплинам проводятся в группах, неоднородных по имеющемуся у студентов уровню знаний как по изучаемому предмету, так и по русскому языку. В подобных группах плохо работает традиционная для российских вузов технология проведения лекционных и практических занятий. Более эффективно организовать использование рабочего времени преподавателя и повысить мотивацию студентов к обучению позволяет смешанное обучение (blended

learning), поэтому современная тенденция развития довузовской подготовки иностранных граждан связана с внедрением в учебный процесс технологий смешанного обучения, сочетающего применение традиционных и цифровых образовательных технологий [1; 2].

Для изучения иностранными студентами любой из общеобразовательных дисциплин на русском языке им необходимо дать знания специфической для конкретной дисциплины лексики наряду с представлениями о лексических и грамматических конструкциях научного текста [3]. Традиционная для многих вузов практика организации довузовской подготовки такова, что занятия по научному стилю речи и занятия по общеобразовательным дисциплинам начинаются одновременно, во втором семестре. Это приводит к тому, что подавляющее большинство иностранных студентов плохо понимают объяснения преподавателей и учебные тексты. Применение языка-посредника (например, английского) могло бы облегчить знающему данный язык преподавателю задачу передачи обучаемым знаний по изучаемому предмету. Однако для этого необходимо владение всеми обучаемыми группы одинаковым для всех языком-посредником, а в полилингвальных группах из иностранных граждан различных государств так бывает очень редко.

Для подготовки иностранных граждан к обучению по общеобразовательным предметам необходимо решить проблему предметной интеграции преподавания научного стиля речи с преподаванием общеобразовательных дисциплин [3; 4].

Для решения проблемы предметной интеграции преподавания научного стиля речи с преподаванием общеобразовательных дисциплин на этапе довузовской подготовки в работе [5] предложена дидактическая модель смешанного предметно-интегрированного обучения РКИ.

При обучении по данной модели организуется преподавание курсов РКИ с постепенной интеграцией с общеобразовательными дисциплинами, при этом технология смешанного обучения является инструментом для включения предметной составляющей в процесс обучения научному стилю речи.

В условиях лимита времени на довузовскую подготовку особое значение приобретает самостоятельная работа студентов. Традиционно самостоятельная работа предполагает выполнение студентами домашних заданий, которые содержатся в печатных учебных и методических пособиях. На начальном этапе довузовского обучения многие иностранные студенты не в состоянии

справиться с необходимостью ежедневных интенсивных самостоятельных занятий. Реалии таковы, что у многих приезжающих к нам иностранных граждан в силу сложной и психологически тяжелой социальной и академической адаптации вдали от родины практически пропадает мотивация к занятиям. Хорошо известно, что современные молодые люди во всех странах мира активно пользуются Интернетом, а применение обучающих программ онлайн способствует повышению мотивации к интенсивным занятиям.

В работе [5] приводятся результаты проведенного авторами эксперимента, подтверждающего эффективность применения предметно-интегрированных онлайн-курсов для самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Научный стиль речи». Для практического применения описанной модели смешанного обучения необходима разработка специализированных онлайн-курсов, ориентированных на предметное содержание соответствующих дисциплин. Одной из общеобразовательных дисциплин, входящих в программы довузовской подготовки иностранных граждан к освоению профессиональных образовательных программ инженерно-технической и технологической направленности на русском языке, является информатика.

Цель данного исследования – разработка предметно-ориентированного онлайн-курса русского языка для подготовки иностранных граждан к изучению информатики на этапе довузовской подготовки.

Результаты исследования и их обсуждение

Автором разработан специализированный предметно-ориентированный онлайн-курс русского языка для самостоятельной работы иностранных граждан в процессе обучения по научному стилю речи для подготовки к изучению информатики.

Задачей онлайн-курса является языковая подготовка иностранных студентов к занятиям по адаптационному курсу информатики на подготовительном факультете для иностранных граждан Юго-Западного государственного университета. Занятия по адаптационному курсу информатики проводятся с применением учебного пособия [6], содержание которого соответствует требованиям к освоению дополнительных общеобразовательных программ, обеспечивающих подготовку иностранных граждан и лиц без гражданства к освоению профессиональных образовательных программ на русском языке, определенных Приказом Минобрнауки России от 03.10.2014 № 1304.

Учебный контент разработанного предметно-ориентированного онлайн-курса русского языка состоит из модулей, темы которых контекстно соотносятся с содержанием довузовского курса информатики. Названия тем онлайн-курса совпадают с названиями тем учебного пособия по информатике.

В каждом модуле студенту предлагается изучение порции специально подобранного лексического и грамматического материала, который используется в адаптированном учебном тексте по данной теме информатики. Изучение и закрепление очередной порции учебного материала происходит в процессе выполнения студентом интерактивных предтекстовых, притекстовых и послетекстовых упражнений и чтения текста.

Работа студента с очередным модулем онлайн-курса начинается с работы со списком слов и словосочетаний, имеющих отношение к изучаемой теме по информатике или вообще к научным текстам. Студенту предлагается перевести на свой родной язык незнакомые ему слова и словосочетания и запомнить их значения. Таким образом пополняется словарный запас обучаемого.

Далее студент выполняет предтекстовые упражнения, которые предназначены для поэтапного формирования индивидуального словарного запаса обучаемого и изучения грамматических правил и грамматических структур, а также для тренировки их употребления.

На рисунке 1 показано окно курса при выполнении предтекстового упражнения на группировку однокоренных слов.

Однокоренные слова окрашиваются одинаковым цветом. Выделение определенным цветом однокоренных слов способ-

ствует лучшему пониманию и запоминания этого материала.

После предтекстовых упражнений выполняются притекстовые упражнения, предназначенные для того, чтобы настроить обучаемого на извлечение определенной информации из находящегося на экране текста и проверку понимания и усвоения этой информации. На рисунке 2 показано окно курса при выполнении упражнения на поиск в тексте имен прилагательных, производных от данных имен существительных.

С помощью послетекстовых упражнений происходит закрепление лексического и грамматического материала, а также контролируется понимание прочитанного обучаемым и его успехи в смысловой обработке информации.

Одна из задач онлайн-курса – это помочь студенту при выполнении упражнений путем выявления затруднений и генерации рекомендаций по их преодолению.

Приведем пример алгоритма оказания подобной помощи студенту. На рисунке 3 показано окно курса с упражнением, предназначенным для закрепления лексического материала, а именно значений и форм употребляемых в тексте глаголов.

Окно разделено на 2 части: слева выводится учебный текст, а справа – диалоговое окно для выполнения упражнения обучаемым. По заданию от обучаемого требуется заполнить пропуск на месте сказуемого в предложении, для чего нужно выбрать из предлагаемого списка глаголов в инфинитиве подходящий по смыслу предложения и набрать на клавиатуре правильную форму глагола в поле для ввода.



Рис. 1. Пример выполнения упражнения на группировку однокоренных слов

Тема 1. Что изучает информатика?

Цель работы: сообщение сведений об информации, её видах и способах использования

Задание 1 Задание 2 Задание 3 **Задание 4** Задание 5 Задание 6 Задание 7 Задание 8 Задание 9

Проверка

Прочитайте текст и выполните задание.

Текст

Вся жизнь человека связана с информацией. Когда человек читает книгу, смотрит телевизор, разговаривает, он получает информацию.

Информация – это сведения о мире вокруг нас. Слово информация произошло от латинского слова *informatio* – осведомление, разъяснение, изложение.

Информация бывает различных видов:

Задание 4. Подберите из текста однокоренные прилагательные к существительным:

наука

техника

политика

экономика

Рис. 2. Окно онлайн-курса при выполнении упражнения на поиск в тексте имен прилагательных, производных от данных имен существительных

Тема 1. Что изучает информатика?

Цель работы: сообщение сведений об информации, её видах и способах использования

Задание 1 Задание 2 Задание 3 Задание 4 Задание 5 **Задание 6** Задание 7 Задание 8 Задание 9

Проверка

Прочитайте текст и выполните задание.

Текст

Вся жизнь человека связана с информацией. Когда человек читает книгу, смотрит телевизор, разговаривает, он получает информацию.

Информация – это сведения о мире вокруг нас. Слово информация произошло от латинского слова *informatio* – осведомление, разъяснение, изложение.

Информация бывает различных видов:

Задание 6. Вместо точек поставьте глаголы, данные под чертой, в нужной форме:

1. Когда человек читает газету, смотрит телевизионную передачу, слушает радио, он

информацию.

2. Когда студент решает задачу, он

информацию.

3. Результаты обработки информации человек

Рис. 3. Пример послетекстового упражнения

Личный опыт автора показывает, что при выполнении подобных упражнений в аудитории на бумаге иностранные студенты часто допускают ошибки. Преподаватель в такой ситуации объясняет, почему упраж-

нение выполнено неверно и на что надо обратить внимание. Для того чтобы помочь студенту при самостоятельной работе с онлайн-курсом, надо определить характер его затруднений и, как следствие, его ошибок.

Студент может допустить ошибки по меньшей мере трех разновидностей:

- 1) выбрать глагол, не соответствующий смыслу предложения;
- 2) записать подходящий по смыслу глагол в неверном времени;
- 3) записать подходящий по смыслу глагол в верном времени, но с нарушением соответствия формы глагола сказуемого роду или числу подлежащего данного предложения.

Разработанный онлайн-курс помогает студенту правильно решить задачу путем ее разбиения на 2 шага: 1) выбрать соответствующий смыслу предложения глагол и 2) употребить форму глагола в соответствующих времени, роде и числе. Если студент выбирает не соответствующий смыслу предложения глагол, он получает рекомендацию еще раз перевести на понятный ему язык и предложение, и выбранный им глагол. И только после правильного результата первого шага программа предлагает студенту записать выбранный глагол в соответствующих времени, роде и числе.

Если студент ошибается на втором шаге выполняемого упражнения, то программа выдает сообщение, почему форма глагола записана неверно и на что конкретно надо обратить внимание в предложении. Если глагол употреблен в неверном времени, обращается внимание обучаемого на обстоятельство времени, если в неверном роде или числе – на род или число подлежащего. Опыт работы автора показывает, что именно употребление русских глаголов является «камнем преткновения» для иностранных граждан, поэтому подобная программная поддержка представляется особенно важной.

Во многих альтернативных онлайн-курсах установлен единственный маршрут изучения тем (модулей): очередной модуль не доступен до тех пор, пока обучаемый не достигнет определенного процента выполненных заданий или тестов. В разработанном автором курсе все модули доступны в любое время, что оправдано разными уровнями подготовки обучаемых как по информатике, так и по русскому языку. Когда начинается новый сеанс работы с курсом,

студент видит, с какими темами он уже работал, какие упражнения он выполнял и какие результаты при этом получил. Упражнения можно выполнять неограниченное число раз.

Если во время работы с очередной темой курса обучаемый испытывает затруднения при выполнении заданий к упражнениям, программа генерирует сообщения с рекомендациями вернуться к изучению определенных предыдущих тем. Рекомендации генерируются на основе анализа хранящихся в системе данных о дидактических взаимосвязях модулей курса, а также данных об индивидуальных достижениях обучаемого.

Заключение

Планируется апробация разработанного онлайн-курса в учебном процессе подготовительного факультета для иностранных граждан Юго-Западного государственного университета, а также проведение экспериментального исследования для оценки эффективности применения разработанного онлайн-курса.

Список литературы

1. Skorikova T.P., Orlov E.A., Romanova N.N., Pinevich E.V. Increasing the effectiveness of teaching the Russian language for special purposes (to the problem of integration of language training with information technology courses). *J. of Res. in Appl. Linguistic*. 2019. № 10. P. 199-214.
2. Скибицкий Э.Г., Волохина В.П. Экспериментальная работа по проверке результативности применения комбинированной системы обучения в довузовской подготовке иностранных студентов // *Непрерывное образование: XXI век*. 2021. Вып. 3 (35). DOI: 10.15393/j5.art.2021.7048.
3. Семина А.И. Смешанное предметно-интегрированное обучение русскому языку как иностранному обучающихся физико-математического модуля на этапе довузовской подготовки // *Общество: социология, психология, педагогика*. 2019. №10(66). С. 145-149.
4. Халяпина Л.П., Попова Н.В., Кузнецова О.В. Междисциплинарное проектирование как средство реализации интегрированного предметно-языкового обучения в вузе // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гуманитарные и общественные науки*. 2017. Т. 8, № 3. с. 145–152.
5. Хамраева Е.А., Семина А.И. Подходы к обучению иностранному языку в профессиональной и академической среде // *Вестник Российского нового университета. Серия: Человек в современном мире*. 2019. № 2. С. 100–105.
6. Аникина Е.И., Павлова Е.В. Информатика: Адапционный курс. Курск: Юго-зап. гос. ун-т, 2016. 181 с.

УДК 372.851:512.644:004

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ПО ВЫСШЕЙ АЛГЕБРЕ С ПОМОЩЬЮ MATHJAX

Вильданов А.Н.*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Нефтекамский филиал,
Нефтекамск, e-mail: alvild@mail.ru*

В статье предлагается способ совершенствования заданий для дистанционного обучения на примере конструирования тренажера для решения задач по высшей алгебре на тему решения систем линейных уравнений, с помощью языка JavaScript и библиотеки MathJax. Обсуждается возможность добавления интерактивных элементов непосредственно в математические формулы. С помощью генератора случайных чисел разработаны инструменты для генерации многовариантных интерактивных учебных заданий с СЛАУ. Многовариантные задания решают проблему списывания и помогают лучше мотивировать студента на самостоятельное решение, ведь для решения такого задания точно нужно понимание. Важной особенностью тренажера по алгебре является то, что он воспроизводит все стандартные этапы, возникающие при решении СЛАУ: запись расширенной матрицы системы; эквивалентные преобразования, приводящие ее к ступенчатому виду; выписывание новой, упрощенной системы; нахождение ответов. Фактически воспроизводится весь процесс решения задачи с СЛАУ. При решении же учащимся системы методом Гаусса «вручную», когда нужно произвести несколько последовательных преобразований системы, на каждом шаге можно сделать случайные ошибки в вычислениях. Проконтролировать их – достаточно утомительная задача для преподавателя. Разработанный же тренажер делает это автоматически. Описанный в статье тренажер может оказаться полезным для преподавателей, ведущих занятия по дисциплине «Высшая алгебра» по теме «Системы линейных алгебраических уравнений», в том числе в форме дистанционного обучения. Студенты же смогут с помощью тренажера приобрести навыки решения систем линейных уравнений.

Ключевые слова: MathJax, JavaScript, методы генерации учебных заданий, многовариантная задача, метод Гаусса, метод Крамера, высшая алгебра

BUILDING INTERACTIVE TEST TASKS FOR HIGHER ALGEBRA USING MATHJAX

Vildanov A.N.*Ufa University of Science and Technology, Neftekamsk branch, Neftekamsk,
e-mail: alvild@mail.ru*

The article proposes a way to improve tasks for distance learning using the example of designing a simulator for solving problems in higher algebra, on the topic of solving systems of linear equations, using the JavaScript language and the MathJax library. The possibility of adding interactive elements directly to mathematical formulas is discussed. Using a random number generator, tools have been developed for generating multivariate interactive learning tasks with SLAE. Multivariate tasks solve the problem of cheating and help to better motivate the student to study, because understanding is definitely needed to solve such a task. An important feature of the algebra simulator is that it reproduces all the standard steps that arise when solving SLAE: writing the extended matrix of the system; equivalent transformations that bring it to a stepped form; writing out a new, simplified system; finding answers. In fact, the entire process of solving the problem with SLAE is reproduced. When a student solves a system using the Gaussian method «manually», when it is necessary to make several successive transformations of the system, random errors in calculations can be made at each step. To control them for the teacher is quite a tedious task. The developed simulator does this automatically. The simulator described in the article may be useful for teachers conducting classes in the discipline «Higher Algebra» on the topic «Systems of Linear Algebraic Equations», including in the form of distance learning. Students will be able to use the simulator to acquire skills in solving systems of linear equations.

Keywords: MathJax, JavaScript, methods of educational problems generation, multivariate problem, Gauss method, Cramer method, higher algebra

Сегодня дистанционное обучение становится все более популярным и востребованным. Важным элементом процесса любого обучения является проверка знаний, например, в виде тестирования. Для дистанционного обучения стандартные формы тестирования – когда дается список вопросов и перечень ответов, и нужно выбрать правильный(ые) – не очень подходят. Почему? При решении задачи рядом нет ментора, который бы руководил ходом решения. Поэтому было бы хорошо, если бы процесс тестирования содержал также и обучающий элемент. Этого можно добиться, если тест

не сводится просто к формулировке задания и отображения поля для введения ответа, а содержит все ключевые этапы решения «вручную», когда экзаменуемый решает задачу в тетради.

Другая проблема связана с тем, что в интернете появилось множество сайтов «решебников», где учащийся может ввести, например, коэффициенты системы и получить готовый ответ. К сожалению, в условиях дистанционного или заочного обучения многие студенты идут по этому легкому пути и, естественно, не приобретают понимания и навыков решения подобных задач.

Для решения этих проблем в данной работе разработан интерфейс тестовых заданий для решения систем линейных алгебраических уравнений с элементами интерактивности. Особенностью тренажера является то, что он воспроизводит все стандартные этапы, возникающие при решении СЛАУ:

- 1) запись расширенной матрицы системы уравнений;
- 2) эквивалентные преобразования, приводящие ее к ступенчатому виду;
- 3) выписывание новой, упрощенной системы уравнений;
- 4) нахождение ответов с помощью упрощенной системы.

Для проверки знаний учащихся во время контрольных работ и других мероприятий, тестирующих знания, важную роль играют многовариантные задания – задания, которые имеют несколько вариантов условий, отличаются исходными данными или деталями постановки вопроса [1]. Для составления заданий по такому разделу математики, как системы линейных уравнений, достаточно сгенерировать массивы чисел и подставить их в качестве коэффициентов системы уравнений [2].

Инструменты разработки

Применяемые сегодня технологии в образовании должны обеспечивать возможность размещения созданных электронных ресурсов в сети Интернет, для организации дистанционного обучения [3]. Поэтому сами задания мы будем делать в виде html-страниц, что обеспечит их легкое встраивание на любой сайт. И здесь мы сталкиваемся с проблемой отображения формул на сайте.

Как вывести формулы на html-страницу? Самым известным решением до сих пор остается изображение: для каждой формулы создается отдельный графический файл, который будет добавлен на веб-страницу с помощью тега .

Более современный способ – использование JavaScript-библиотеки MathJax. Сегодня многие научные журналы публикуют свои выпуски в интернете с ее помощью. MathJax – это свободно распространяемый набор скриптов для визуализации математических формул во всех современных браузерах, включая мобильные платформы, поддерживающий нотации MathML, TEX

и AsciiMath [4]. Авторам научных трудов, привыкшим к работе с TEX, достаточно записать в нужном месте в html-файле знакомые команды. Скрипты, запускаемые браузером клиента, качественно отобразят TEX-нотацию в математические формулы.

Скрипт MathJax можно загрузить по сети:

```
<script src='https://cdn.jsdelivr.net/npm/mathjax@3/es5/tex-mml-
chtml.js'></script>
```

Реализуем небольшой пример вывода задания, содержащего математические формулы, в браузере, используя нотацию TEX. По умолчанию, «выключные» формулы, т.е. те, которые начинаются с новой строки и центрируются, записываются с помощью конструкций $...$ или $...$, а включенные в текст строчные символы и выражения – через $(...)$. Разместим, например, на HTML-странице формулу с дробями.

Создадим в папке текстовый файл (для этого нужно щелкнуть правой кнопкой мыши и в появившемся контекстном меню выбрать *Создать, Текстовый документ*) и сохраним его с расширением .html, например *sys.html*.

Следует иметь в виду, что встроенный в Windows стандартный текстовый редактор Блокнот не очень удобен (запоминает только одну последнюю операцию, не выделяет стандартные для HTML теги и т.д.). Поэтому можно скачать бесплатный, более совершенный блокнот Notepad++ или воспользоваться другим редактором, которых сегодня много.

После создания файла *sys.html* откроем его одновременно в Блокноте и в браузере. После сохранения кода в Блокноте достаточно обновить страницу в браузере, чтобы увидеть изменения.

Итак, откроем Блокнот и в теле веб-страницы напишем:

```
<p>Представьте в виде дроби:</p>
<p class="formul" id="formula">
  \[\frac{2}{3} - \frac{5}{12} = \frac{?}{?}\] </p>
```

Результат выполнения кода представлен на рис. 1.

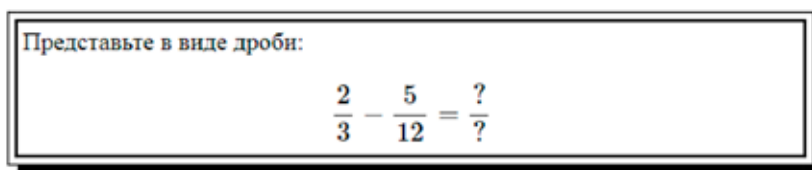


Рис. 1. Пример работы с MathJax

Через контекстное меню формулы можно настроить некоторые параметры и посмотреть ее исходный код в форматах TEX или MathML, копировать его и при необходимости использовать.

Алфавит используемых математических символов и команд в MathJax достаточно обширен и соответствует практически всем командам, обычно присутствующим в TEX. Это и стандартные математические операнды и обозначения, греческие строчные и заглавные буквы и т.д.

Кроме рассмотренных включенных и выключенных формул, в MathJax поддерживаются и знакомые всем, кто работал с TEX, окружения – текстовые блоки со сложными многострочными формулами, матрицами, системами и т.д. Например, для изображения системы или матрицы в MathJax можно использовать окружения `cases` и `array` соответственно:

```
\begin{cases} ... \end{cases}
\left( \begin{array} ... \end{array} \right)
```

Добавление интерактивных элементов в формулы

Сильная сторона MathJax – возможность добавления к формулам интерактивности. Интерактивность на веб-странице достигается обычно с помощью языка JavaScript. С помощью браузерного языка JavaScript преподаватель также имеет возможность создавать тесты с уникальными неповторяющимися вопросами, тем самым

повышая качество контроля знаний учащихся по этим дисциплинам.

Для создания же интерактивных приложений часто приходится манипулировать с элементами DOM веб-страницы. В MathJax, например, для этого можно использовать атрибуты `cssId` и `class`. Изменим код формулы из прошлого примера:

```
\frac{2}{3} - \frac{5}{12} = \frac{\frac{\cssId{num}{\class{dynamic}{?}}}{\cssId{den}{\class{dynamic}{?}}}}
```

Тогда числителю и знаменателю дроби будут присвоены идентификатор «num» и «den» соответственно, и к их значению можно программно обращаться, например, с помощью свойства `innerHTML` на языке JavaScript:

```
let den = document.getElementById("den").innerHTML;
```

Также этим элементам формулы присвоен `css-класс dynamic`, чтобы сделать их потом еще и редактируемыми. Достигается это следующим образом. На страницу добавляется текстовое поле ответа `trampInput` с помощью стандартного `html` тега `input`. Оно будет появляться в том месте веб-страницы, куда учащийся кликает мышью, чтобы ввести ответ (рис. 2). Добавляем этот функционал в цикл всем элементам класса `dynamic` с помощью конструкции `addEventListener`:

```
var trampInput = document.createElement("input");
var elems = document.getElementsByClassName("dynamic");
for (var i=0; i<elems.length; i++) {
  var el = elems[i];
  el.addEventListener("click", function() {
    trampInput.value = this.innerHTML;
    console.log( trampInput.style.width );
    this.innerHTML = "";
    this.appendChild(trampInput);
  }).bind(el), false);
};
```

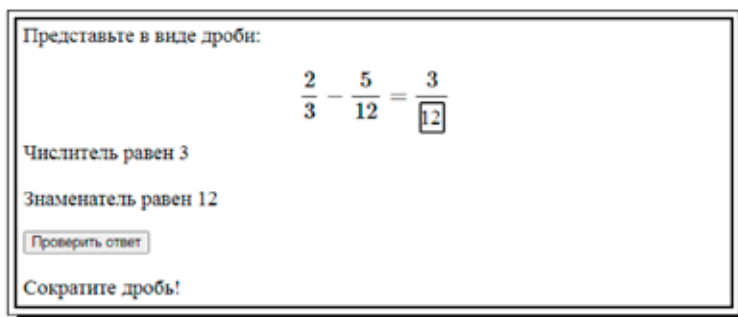


Рис. 2. Пример работы с MathJax

Интерактивная задача на метод Гаусса

Учащемуся предлагается решить систему уравнений с помощью метода Гаусса (рис. 3). Коэффициенты системы генерируются случайным образом. При этом приходится решать программно обратную задачу – сначала генерируем корни (в виде не очень больших чисел), а потом коэффициенты системы (также не очень большие числа).

Дана система уравнений:

$$\begin{cases} x + 2y - 3z = -1 \\ 2x + 5y - 7z = -2 \\ 5x + 8y - 14z = -9 \end{cases}$$

Рис. 3. Вывод системы уравнений с случайными коэффициентами

Первый этап решения системы методом Гаусса состоит в записи расширенной матрицы системы уравнений. Для прохождения этого этапа реализован соответствующий интерфейс. Учащийся должен заполнить в браузере расширенную матрицу системы. Неизвестные коэффициенты выделены знаками вопроса (рис. 4, а).

После клика мышью на знак вопроса в этом месте появляется текстовое поле для введения значения. Учащийся заполняет

всю матрицу и нажимает кнопку «проверить». Если все элементы матрицы набраны верно, появляется соответствующее сообщение (рис. 4, б).

Далее учащийся переходит ко второму этапу – выполнение эквивалентных преобразований, приводящих расширенную матрицу к ступенчатому виду.

На первом шаге тестируемый должен выполнить преобразования над второй и третьей строками расширенной матрицы системы (рис. 5, а).

Учащийся самостоятельно вычисляет все коэффициенты системы после преобразования и заполняет новую матрицу. В случае успешного выполнения этого шага он получает соответствующее сообщение (рис. 5, б).

На втором шаге учащийся окончательно приводит систему к ступенчатому виду. В случае успешного выполнения второго этапа задания он получает соответствующее сообщение (рис. 6, а).

На третьем этапе выписывается соответствующая упрощенная система (рис. 6, б).

Остается проделать последний этап – нахождение ответов упрощенной системы уравнений. Учащийся может выполнить его устно или произвести все необходимые вычисления в тетради. Затем ввести ответы и проверить их на тренажере. Задача на метод Гаусса решена.

Выпишите расширенную матрицу этой системы:

$$\left(\begin{array}{ccc|c} ? & ? & ? & ? \\ ? & ? & ? & ? \\ ? & ? & ? & ? \end{array} \right)$$

проверить

Рис. 4, а. Расширенная матрица системы для заполнения учащимся

Выпишите расширенную матрицу этой системы:

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & -3 & -1 \\ 2 & 5 & -7 & -2 \\ 5 & 8 & -14 & -9 \end{array} \right)$$

проверить

Верно!

Рис. 4, б. Проверка правильности заполнения расширенной матрицы

Умножьте первое уравнение на 2 и вычтите из второго.
Умножьте первое уравнение на 5 и вычтите из третьего.

$$\left(\begin{array}{ccc|c} ? & ? & ? & ? \\ ? & ? & ? & ? \\ ? & ? & ? & ? \end{array} \right)$$

проверить

Рис. 5, а. Первый шаг преобразования

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & -3 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & -2 & 1 & -4 \end{array} \right)$$

проверить

Верно!

Рис. 5, б. Проверка первого шага

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & -3 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & -4 \end{array} \right)$$

проверить Верно!

Рис. 6, а. Ступенчатый вид матрицы

$$\begin{cases} x+2y-3z = -1 \\ y-z = 0 \\ -z = -4 \end{cases}$$

проверить Верно!

Рис. 6, б. Система после преобразования

Аналогично можно сконструировать пошаговую задачу на метод Крамера (рис. 7). В ней учащийся должен самостоятельно вычислить четыре определителя и с их помощью найти решение системы.

На каждом шаге тренажер на метод Крамера также выполняет проверку правильности выполнения всех действий.

Метод Крамера

Дана система уравнений:

$$\begin{aligned} x - 2y - 3z &= 3 \\ 3x - 5y - 10z &= 5 \\ 4x - 10y - 11z &= 19 \end{aligned}$$

Выпишите определитель матрицы этой системы и найдите его:

$$\begin{vmatrix} ? & ? & ? \\ ? & ? & ? \\ ? & ? & ? \end{vmatrix} = ?$$

проверить

Рис. 7. Фрагмент задания для решения системы методом Крамера

Заключение

Добавление интерактивных элементов прямо в формулы позволяет с помощью языка JavaScript и библиотеки MathJax конструировать задачи по самым различным разделам математики (да и технических наук тоже). С помощью генератора случайных чисел JavaScript разработаны инструменты для генерации многовариантных учебных заданий по высшей алгебре. Многовариантные задания являются одним из наиболее эффективных способов защиты от списывания и помогают мотивировать студента на самостоятельное решение, ведь для решения такого задания точно нужно понимание [5]. Преподаватель может давать многовариантные задания обучающимся для тренировки и предварительной самопроверки, будучи уверенным в том, что на экзамене у студента будут пусть похожие, но другие задания.

Другой важной особенностью разработанных задач является то, что при их решении обучаемый проходит все этапы решения системы, т.е. им как бы воспроизводится весь процесс решения задачи. При этом отпадает необходимость в рутинной проверке каждого шага преподавателем, проверка происходит автоматически.

Ознакомиться с приведенными примерами можно на сайте GitHub по ссылкам <https://gevaraweb.github.io/iamathjax>, <https://gevaraweb.github.io/slau/gauss.html>, <https://gevaraweb.github.io/slau/kramer.html>. При некорректном отображении формул нужно отключить в браузере автоматический перевод страницы на русский язык.

Описанный в работе тренажер может оказаться полезным для преподавателей, ведущих занятия по дисциплине «Высшая алгебра» по теме «Системы линейных алгебраических уравнений», в том числе дистанционно. Студенты же смогут с помощью тренажера приобрести навыки решения систем линейных уравнений.

Список литературы

1. Посов И.А. Обзор генераторов и методов генерации учебных заданий // Образовательные технологии и общество. 2014. № 4 (17). С. 593–609.
2. Муханов С.А., Глазков Н.О., Беляева Д.В. Некоторые аспекты проектирования генератора заданий по высшей математике для систем дистанционного обучения // Обзор педагогических исследований. 2022. Т. 4. № 3. С. 174–178.
3. Девяткин Е.М., Хасанова С.Л. Интерактивные средства электронного и дистанционного обучения дисциплин естественнонаучного цикла // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28256> (дата обращения: 11.11.2022).
4. MathJax [Электронный ресурс]. URL: <http://mathjax.org>, свободный (дата обращения: 11.11.2022).
5. Вильданов А.Н. О генерации многовариантных задач по теории игр // Достижения и приложения современной информатики, математики и физики: материалы VI Всероссийской научно-практической заочной конференции (Нефтекамск, 01 ноября 2017 г.). Нефтекамск: Башкирский государственный университет, 2017. С. 87–94.

УДК 378.2

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИКО-КОНСТРУКТОРСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ

Дергунова О.Ю., Крутова И.А., Фисенко М.А., Исмухамбетова А.С.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени Н.В. Татищева», Астрахань,
e-mail: dergunova_olesya@mail.ru, irinkrutova@yandex.ru, mafisenko@yandex.ru, albina_ism@mail.ru

В статье обоснованы необходимость и потребность специального формирования у будущих учителей физики технико-конструкторской компетентности. В рамках учебной дисциплины «Основы творческо-конструкторской деятельности» предлагается обучать студентов решению технико-конструкторских задач на основе обобщенного метода. Описаны методические приемы, позволяющие обучающимся самостоятельно выделить этапы технико-конструкторской деятельности и обобщенные действия, выполняемые на каждом из них. Конечным результатом такой деятельности является созданный прототип технического устройства – технический объект, принцип работы которого основан на воспроизведении определенных физических явлений, состоящий из конкретных элементов и удовлетворяющий определенную потребность человека. Приведены формулировки технико-конструкторских задач, описана организация деятельности студентов на занятиях по обучению способам решения таких задач, а также представлен результат самостоятельной работы обучаемых в виде созданных моделей и прототипов технических устройств. Доказано, что целенаправленная подготовка педагогов-физиков к овладению технико-конструкторской деятельностью в вузе позволит им не только самим свободно владеть обобщенным методом решения технико-конструкторских задач, но и успешно организовывать деятельность школьников, связанную с созданием технических устройств в процессе реализации урочной и внеурочной работы по физике.

Ключевые слова: компетентность, технико-конструкторские задачи, этапы конструкторской деятельности, обобщенный метод, проект, техническое устройство

DEVELOPING THE TECHNICAL AND DESIGN COMPETENCE OF A FUTURE PHYSICS TEACHER

Dergunova O.Yu., Krutova I.A., Fisenko M.A., Ismukhambetova A.S.

Astrakhan State University named after N.V. Tatishchev, Astrakhan,
e-mail: dergunova_olesya@mail.ru, irinkrutova@yandex.ru, mafisenko@yandex.ru, albina_ism@mail.ru

The article substantiates the necessity and necessity of special formation of technical and design competence in future teachers of physics. In the framework of the discipline «Fundamentals of Creative and Constructive Activity» it is proposed to teach students to solve technical and constructive tasks on the basis of a generalized method. Methodical methods are described, which allow students to independently identify the stages of technical and design activity and generalized actions to be performed at each of them. The final result of such activity is a created prototype of a technical device, i.e. a technical object whose operating principle is based on the reproduction of certain physical phenomena, consisting of specific elements and satisfying a certain human need. The article provides a formulation of technical and design problems, describes the organization of students' activities in the classroom for learning how to solve such problems, as well as presents the result of students' independent work in the form of created models and prototypes of technical devices. It is proved that purposeful preparation of teachers-physicists for mastering technical and design activity in higher school will allow them not only to master easily the generalized method of technical and design problems, but also to organize successfully the activity of schoolchildren dealing with creation of technical devices in the process of realization of in-class and out-of-class work on physics.

Keywords: competence, technical and design tasks, stages of design activity, generalized method, design, technical device

Современная социально-экономическая ситуация ориентирована на развитие тех отраслей производства и технологий, которые обеспечат конкурентоспособность страны в мировой экономике по приоритетным направлениям [1]. Создание и развитие современной техники и технологий базируются на знаниях фундаментальных наук, важное место среди которых по праву занимает физика.

Приоритетной целью физического образования, закреплённой в нормативных документах (ФГОС ООО, ФГОС СОО, Концепция преподавания учебного предмета «Физика»), является формирование у школьников представлений о ее роли для развития техники и технологий. Для достижения

этой цели на разных уровнях общего образования при изучении физики необходимо научить школьников: решать творческие и практико-ориентированные задачи; понимать физические основы и принципы действия технических устройств и технологических процессов.

Ориентированность школьного курса физики на выбор инженерно-технических профессий должна являться мощным фактором мотивации к изучению этого предмета [2]. Однако в последние годы все меньше абитуриентов желают связать свою будущую профессию с инженерной деятельностью. Так, в 2022 г. многие вузы объявили дополнительный набор на инженерные и технические специальности. Это в основном связа-

но с тем, что школьники все реже в качестве вступительного экзамена в вузы выбирают физику, а 25% тех, кто сдает данный предмет, не могут набрать необходимый балл для поступления [3]. Исследователи в области методики обучения физике, анализируя данные результатов ЕГЭ по физике за последние 10 лет, констатируют, что «средний балл с течением времени практически не меняется, то есть существенных изменений образовательных результатов учащихся по физике не происходит, и в переводе на пятибалльную систему оценок средняя оценка остается равной тройке» [4].

Причина сложившейся ситуации, на наш взгляд, состоит в том, что учащиеся не понимают практического применения знаний, полученных на уроках физики, а низкие баллы ЕГЭ свидетельствуют о неумении применить эти знания при решении конкретных задач. Поэтому при изучении физики необходимо уделять особое внимание применению фундаментальных знаний в развитии новейшей техники. Такой подход не только будет вызывать познавательный интерес школьников к физике, но и позволит им в будущем связать свою профессиональную деятельность с современными технологиями в науке и производстве.

Необходимость подготовки выпускника, способного осваивать новые технологии и применять физические знания для создания и конструирования новых технических объектов, требует пересмотра подходов к формированию заданного уровня компетентности будущего учителя физики при обучении в высшей школе.

По мнению А.В. Хуторского, «компетенция – это социальное требование к образовательной подготовке обучающегося, необходимой для его качественной продуктивной деятельности в определенной сфере, а компетентность – владение личностью соответствующей компетенцией» [5]. Необходимость формирования у будущих учителей умений, связанных с техническим конструированием, констатируют многие отечественные и зарубежные ученые [6, 7, 8].

На наш взгляд, технико-конструкторская компетентность учителя физики должна включать три составляющие. Педагог-физик новой формации должен: 1) усвоить содержание обобщенного метода решения технико-конструкторских задач; 2) научиться применять данный метод в любых конкретных ситуациях; 3) освоить методику организации познавательной деятельности обучающихся по решению таких задач с опорой на физические знания с целью создания новых практически значимых объектов и технологий [9].

Цель данного исследования состоит в разработке и реализации модели формирования технико-конструкторской компетентности будущего учителя физики.

Материалы и методы исследования

Разработка модели формирования технико-конструкторской компетентности будущего учителя физики и ее внедрение осуществлялись в Астраханском государственном университете при подготовке бакалавров по направлениям 03.03.02 Физика и 44.03.05 Педагогическое образование (физика и информатика, математика и физика).

Теоретическую основу составили исследования в области применения деятельностного подхода в процессе формирования профессиональных компетенций специалиста, психологические закономерности которого выявлены выдающимися отечественными учеными П.Я. Гальпериным и Н.Ф. Талызиной [10, 11, 12].

Содержание этапов технико-конструкторской деятельности конкретизировано на основе обобщенного метода создания объекта с заданными свойствами, выявленного Г.П. Стефановой [13]. В ходе реализации образовательного процесса на всех этапах обучения студентов используются технологии активного обучения, такие как мозговой штурм, проектные коворкинги, изобретения, eduscum-технология [14].

Формирование технико-конструкторской компетенции педагога-физика осуществляется при изучении ряда учебных дисциплин: практикум по школьному физическому эксперименту; профориентационный проект; основы творческо-конструкторской деятельности; методика обучения физики; организация внеурочной деятельности по физике.

Опишем методику организации деятельности студентов по освоению содержания метода решения технико-конструкторских задач при изучении дисциплины «Основы творческо-конструкторской деятельности». Данная дисциплина изучается во 2-м семестре, ее объем составляет 4 зачетные единицы (144 часа, из которых 54 часа выделяются на контактную работу со студентами и 90 часов составляет самостоятельная работа студентов).

Результаты исследования и их обсуждение

Цель дисциплины состоит в обучении будущих учителей физики применению обобщенного метода создания технических устройств для решения технико-конструкторских задач. Для того чтобы данный метод был усвоен студентами, они должны неоднократно применить его в конкретных

ситуациях. На занятиях им предлагается решить восемь задач, формулировки некоторых из них приведены ниже.

1. Каждый из вас хотя бы один раз в жизни сталкивался с проблемой протечки воды в доме, приводящей к порче имущества. Разработайте устройство, сигнализирующее о протечке воды в месте присоединения водяного шланга от стиральной машины к линии центрального водоснабжения.

2. Владельцам частных домов важно, чтобы никто из посторонних не мог проникнуть на территорию их участка. Разработайте устройство, позволяющее открыть щелкуну с внутренней стороны двери человеку, знающему комбинацию из трех цифр на кодовом замке, расположенном снаружи.

3. На нерегулируемом железнодорожном переезде автомобилистам нужно знать о приближении поезда. Разработайте устройство, которое включало бы красный сигнал светофора на переезде при приближении поезда к нему за 3 км и выключало после его прохождения.

С целью побуждения студентов к самостоятельному выделению этапов технико-конструкторской деятельности и действий, которые необходимо выполнить на каждом из них, преподаватель ставит ряд вопросов.

С чего необходимо начать, чтобы разработать любое техническое устройство?

Цель деятельности установлена. Что необходимо сделать далее?

Какие действия необходимо выполнить на этапе разработки идеи создания технического устройства?

Какие действия необходимо выполнить на этапе проектирования технического устройства?

Какие действия необходимо выполнить на этапе конструирования?

Как установить, удалось ли создать техническое устройство, соответствующее его назначению?

Что необходимо сделать, если цель не достигнута?

В ходе получения ответов на поставленные вопросы выявляются действия обобщенного метода решения технико-конструкторских задач и способ их выполнения. Результаты этой работы по мере обсуждения визуализируются в виде последовательности действий на слайде презентации, вид которого приведен на рисунке 1.

После выделения этапов технико-конструкторской деятельности студенты реализуют их в процессе решения нескольких конкретных задач. Покажем, как организуется деятельность студентов, на примере решения одной из технико-конструкторских задач.



Рис. 1. Этапы технико-конструкторской деятельности

Студентам предлагается условие задачи: «Каждый из вас хотя бы раз в жизни сталкивался с проблемой протечки воды в доме, приводящей к порче имущества. Разработайте устройство, сигнализирующее о протечке воды в месте присоединения водяного шланга от стиральной машины к линии центрального водоснабжения».

Далее, анализируя условие этой задачи, они выделяют конечный продукт и указывают его свойства. В данном случае конечным продуктом является устройство, назначение которого заключается в подаче сигнала о протечке воды. Затем студенты устанавливают элементы, необходимые для создания технического устройства, и подбирают объекты, удовлетворяющие их свойствам: сигнализирующий элемент – электрический звонок; элемент, свойства которого изменяются при воздействии на него воды, и эти изменения приводят к замыканию электрической цепи, содержащей электрический звонок, – сенсорная пластина; элемент, который будет создавать электрический ток, – источник тока.

Следующее действие, которое необходимо выполнить, связано с установлением физических явлений, позволяющих выбранные объекты с заданными свойствами преобразовать в объекты с требуемыми свойствами, и условий их воспроизведения. В результате его выполнения студенты выясняют, что при попадании воды на сенсорную пластину контакты на ней замыкаются, в цепи, содержащей электрический звонок, появляется электрический ток, и раздается сигнал о протечке. Место возможной протечки должно находиться строго над сенсорной пластиной. Таким образом, они выявляют следующие физические явления: электрический ток и условие его существования в цепи.

Далее студентам необходимо разработать принципиальную схему устройства, сигнализирующего о протечке воды, и проверить, удовлетворяет ли это устройство потребности, указанной в цели деятельности. В ходе выполнения данного действия они приходят к следующему выводу: при попадании воды на сенсорную пластину в цепи появляется электрический ток и звучит сигнал. Следовательно, устройство, собранное в соответствии со схемой, состоящей из лампы, сенсорной пластины и источника тока, последовательно соединенных между собой, удовлетворяет указанные в условии задачи потребности.

Завершающими действиями этапа проектирования являются подбор приборов и монтаж технического устройства.

Конструирование и реализация технического устройства – очень ответственные этапы при решении технико-конструкторских задач. Необходимо обязательно добиваться того, чтобы конструирование технического устройства было доведено до конца.

При создании устройств необходимо заранее подготовить приборы и комплектующие для упрощения конечного технического этапа. В качестве комплектующих можно применять специальные наборы для конструирования, выпускаемые промышленностью, например конструктор «Знатор», а также самодельные детали.

Поэтому далее преподаватель предлагает студентам разбиться на группы по три человека, каждой группе воспользоваться элементами из конструктора «Знатор» и подобрать необходимые приборы для создания требуемого устройства.

Ввиду отсутствия в данном наборе электрического звонка студенты производят его альтернативную замену на сигнальную интегральную микросхему и динамик. В этом случае ранее разработанная принципиальная схема корректируется и представляется в виде схемы, изображенной на рисунке 2а. На рисунке 2б приведена фотография смонтированной схемы.

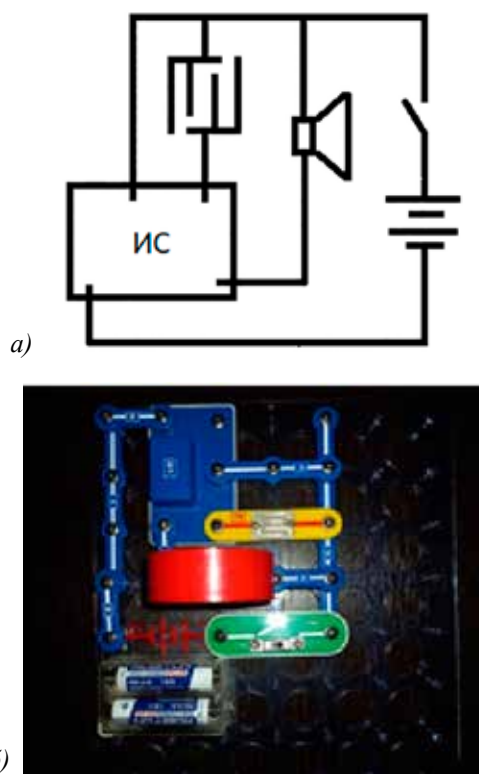


Рис. 2. Устройство, сигнализирующее о протечке воды:
а) принципиальная схема,
б) фотография схемы технического устройства



Рис. 3. Прототипы и модели технических устройств, созданные командами студентов

Далее студенты составляют программу монтажа и воспроизведения созданного технического устройства: 1) в соответствии с разработанной принципиальной схемой соединить элементы электрической цепи (сенсорную пластину, музыкальную интегральную микросхему и источник питания); 2) включить источники питания; 3) каплю воды нанести на сенсорную пластину.

На этапе конструирования каждая группа собирает из элементов конструктора электрическую схему разработанного устройства, представленную на рисунке 2б, после чего на этапе эксплуатации воспроизводит его работу.

Техническая реализация при решении таких задач предусматривает не только использование элементов конструктора, также она может потребовать дополнительных элементов, например модели конвейера, контейнера с зерном, двери со щеколдой. В этом случае студенты из подручных средств должны изготовить эти модели.

После совместного с преподавателем решения пяти технико-конструкторских задач следующие три задачи преподаватель предлагает студентам выполнить самостоятельно в группах и оформить в виде проекта.

Результаты решения технико-конструкторских задач, выполненных командами студентов, представлены на рисунке 3.

Заключение

Установлено, что будущих учителей физики при обучении в вузе необходимо целенаправленно готовить к решению технико-конструкторских задач с опорой на обобщенный метод, так как именно он может быть использован при решении

большого числа задач, в которых необходимо создавать технические устройства.

Овладев данным методом, будущие педагоги смогут успешно организовывать деятельность школьников, связанную с решением технико-конструкторских задач на уроках физики, а также научат их применять полученные знания и умения в проектной деятельности.

Список литературы

1. Тульчинский Г.Л. Цифровая трансформация образования: вызовы высшей школе // Философские науки. 2017. № 6. С. 121-136.
2. Федосова И.В. Методика реализации концепции ориентации школьников на инженерно-технические профессии в системе непрерывного физического образования // Физико-математическое и технологическое образование: проблемы и перспективы развития: материалы V Международной научно-методической конференции. М.: Московский педагогический государственный университет, 2020. С. 445-449.
3. Ведомости 03 мая 2022 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/society/articles/2022/05/03/920771-sdat-fiziku-maloe-chislo?ysclid=lamlgpnz5s919762241> (дата обращения: 22.11.2022).
4. Пурешева Н.С., Исаев Д.А. Актуальные проблемы школьного физического образования в Российской Федерации // Педагогическое образование в России. 2020. № 6. С. 8-15. DOI: 10.26170/ro20-06-01.
5. Хурской А.В. Компетентностный подход и методология дидактики. К 90-летию со дня рождения В.В. Краевского // Вестник института образования человека. 2016. № 1. С. 11-14.
6. Шермадина Н.А., Немых О.А. Методические особенности организации проектной конструкторской деятельности при обучении физике в школе // Kant. 2021. № 4(41). С. 323-330. DOI 10.24923/2222-243X.2021-41.59.
7. Крутова И.А., Дергунова О.Ю. Формирование у будущего учителя физики обобщенного метода решения прикладных задач с применением электронного учебника // Фундаментальные исследования. 2013. № 4-4. С. 969-974.
8. Ingvarson L., Quality G. Assurance in Teacher Education and Outcomes: A Study of 17 Countries. Educational Researcher. 2017. Vol. 46 (4). P. 177-193.

9. Krutova I., Stefanova G., Dergunova O., Ismukhambetova A. Training University Students for the Development of Innovative Products and Technologies. AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2647. P. 020021. DOI: /10.1063/5.0104625.
10. Подольский А.И. Психологическая концепция П.Я. Гальперина: некоторые направления и перспективы дальнейшей разработки // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. 2012. № 4. С. 11-22.
11. Талызина Н.Ф. Деятельностная теория обучения как основа подготовки специалистов // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование. 2009. № 3. С. 17-30. DOI: 10.51314/2073-2635-2009-3-17-30.
12. Крутова И.А., Кириллова Т.В., Стефанова Г.П., Про-
яненкова Л.А. Концепция П.Я. Гальперина в эпоху цифровой трансформации образования // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32191> (дата обращения: 29.11.2022). DOI 10.17513/spno.32191.
13. Стефанова Г.П. Теоретические основы реализации принципа практической направленности подготовки при обучении физике. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет». 2018. 164 с.
14. Крутова И.А., Кириллова Т.В. Применение электронных образовательных ресурсов в процессе методической подготовки будущего учителя физики // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=22243> (дата обращения: 30.11.2022). DOI 10.17513/spno.22243.

УДК 372.853

**ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСКУРСИЙ ПО ФИЗИКЕ В ТЕХНОПАРК
УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ****Евдокимова В.Е., Устинова Н.Н.***ФГБОУ ВО Шадринский государственный педагогический университет, Шадринск,
e-mail: podzep@mail.ru*

Учителям физики часто приходится сталкиваться с необходимостью организации тематических уроков-экскурсий на предприятия, научно-технические центры, в лаборатории. В данной статье проанализировано понятие «экскурсия», акцентировано внимание на том, что экскурсия по физике кроме информационной и обучающей цели должна носить и развивающий характер. Авторами выделены способы ведения экскурсий по физике, которые нацелены на развитие у школьников учебно-познавательных умений, приемов умственной деятельности. Отдельно обоснована роль технопарка универсальных педагогических компетенций, как центра научно-технических инноваций, в организации экскурсий по физике. В статье приведен перечень оборудования технопарка, которое может быть использовано при организации экскурсий по физике. На конкретных примерах авторами произведен анализ способов развития у школьников приемов умственной деятельности (анализ, синтез, сравнение) на тематических экскурсиях по физике с использованием оборудования технопарка. В статье предлагается в процессе проведения экскурсии использовать приемы показа экскурсионных объектов по физике, такие как прием предварительного осмотра, зрительного сравнения, экскурсионной справки, описания, характеристики. Авторы сделали попытку выявления и конкретизации учебно-познавательных умений, которые развиваются у школьников в процессе применения того или иного приема показа экскурсионных объектов.

Ключевые слова: экскурсии по физике, технопарк универсальных педагогических компетенций, приемы мыслительной деятельности школьников, учебно-познавательные умения, экскурсионные объекты, приемы показа экскурсионных объектов

**ORGANIZATION OF EXCURSIONS IN PHYSICS TO THE TECHNOPARK
OF UNIVERSAL PEDAGOGICAL COMPETENCIES****Evdokimova V.E., Ustinova N.N.***Shadrinsk State Pedagogical University, Shadrinsk, e-mail: podzep@mail.ru*

Physics teachers often have to face the need to organize thematic lessons-excursions to enterprises, scientific and technical centers, laboratories. In this article, the concept of "excursion" is analyzed, attention is focused on the fact that a physics excursion, in addition to informational and educational purposes, should also be of a developmental nature. The authors have identified ways of conducting excursions in physics, which are aimed at developing students' educational and cognitive skills, techniques of mental activity. The role of the technopark of universal pedagogical competencies as a center of scientific and technical innovations in the organization of excursions in physics is separately substantiated. The article provides a list of technopark equipment that can be used in organizing excursions in physics. Using concrete examples, the authors analyzed the ways of developing mental activity techniques in schoolchildren (analysis, synthesis, comparison) on thematic excursions in physics using the following. The article suggests using methods of showing excursion objects in physics, such as the reception of preliminary examination, visual comparison, excursion reference, description, characteristics, in the process of conducting an excursion. The authors made an attempt to identify and concretize the educational and cognitive skills that students develop in the process of applying a particular method of showing sightseeing objects.

Keywords: excursions in physics, technopark of universal pedagogical competencies, methods of mental activity of schoolchildren, educational and cognitive skills, excursion objects, methods of showing excursion objects

Реализация федерального государственного образовательного стандарта основного и среднего общего образования направлена на всестороннее раскрытие личности обучающихся, их способностей к самообразованию и саморазвитию, совершенствование ценностных установок и ответственности к выполнению того или иного вида деятельности, создание квазипрофессиональной деловой среды, способствующей профессиональному самоопределению школьников. Грамотно организованная образовательная среда позволит ученикам достичь необходимого уровня знаний, умений и опыта деятельности, позволяющих в дальнейшем осуществить выбор профессии и применить

полученный витагенный опыт, в том числе, в ситуации неопределенности.

Современные педагоги сталкиваются с проблемой поиска таких форм и способов организации деятельности, которые помогли бы учащимся не только решать учебные проблемы, но и понять, какие знания, умения, опыт им пригодятся в их будущей профессии. Учитель должен постоянно самосовершенствоваться, находить новые способы подачи информации, пробовать инновационные технологии, следить за новинками в своей профессиональной сфере. Время и текущее состояние развития общества в целом и образования в частности накладывает свой отпечаток на организа-

цию обучения: современные уроки – это не четко выверенные по времени и контенту монологи учителя, позволяющие просто доносить информацию в готовом виде, это творческий процесс, в котором участвуют равноправные субъекты: обучающийся и обучающий. Современные условия диктуют новые требования к формам, методам, технологиям обучения, поэтому учителя физики находятся в постоянном поиске новых идей, одной из которых является взаимосвязь традиционного и инновационного, так, например, из обычных лабораторных работ появился новый вид – виртуальные лабораторные работы, а экскурсии на предприятия или природу дополнились походом в центры инноваций. В городе Шадринске Курганской области подобным центром можно считать технопарк универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета (ШГПУ) и детский технопарк «Кванториум».

Приведенная выше актуальность позволила определить проблему настоящего исследования: как осуществить интеграцию традиционных форм, методов, приемов и средств обучения физике с инновационными, современными средами обучения, такими как технопарк универсальных педагогических компетенций, где присутствует не только новейшее оборудование, но даже само пространство, которое создано на базе педагогических вузов, позволяет осуществлять учебную деятельность по-новому. Проблема представляется очень широкой, поэтому в рамках данной статьи в качестве предмета исследования были выбраны интерактивные экскурсии, а в качестве места их проведения – технопарк универсальных педагогических компетенций ШГПУ. Из проблемы вытекает цель исследования, которая состоит в анализе понятийного научного аппарата, а так же инструментария технопарка и разработке методических материалов для проведения тематических экскурсий по физике для школьников.

Материал и методы исследования

Учебные экскурсии, в числе форм организации обучения, позволяют проводить наблюдения, изучать различные предметы, объекты и явления в естественных условиях, в природной среде и на производстве. Именно экскурсии по физике и являются объектом нашего изучения, поэтому проанализируем сущность данного понятия.

В методической литературе по физике понятие «экскурсия» трактуется по-разному, исследователи интерпретируют этот термин с точки зрения деятельностно-

го, компетентностного, личностно-ориентированного, здоровьесберегающего подходов, рассматривая различные аспекты, выдвигая на первое место тот, который, по их мнению, является значимым в точки зрения исследуемой концептуальной идеи.

Так, например, основоположник методики преподавания естествознания А.Я. Герд рассматривал экскурсию как форму организации учебного процесса, проводимую вне школы. Вслед за ним многие педагоги высказывали мнение о том, что уроки-экскурсии являются одной из форм организации учебно-воспитательной работы с учащимися, а методисты по физике добавляли, что основой экскурсии является свободное наблюдение и исследование физических объектов, процессов и явлений в естественных условиях.

В своих исследованиях А.И. Бугаев представляет экскурсию одним из звеньев в общей системе учебной работы по физике. Автор рассматривает вопрос включения в тематическое планирование экскурсий по физике, как одну из обязательных организационных форм, наряду с уроком и лабораторной работой [1].

В книге для учителя физики И.Я. Ланина описывала уроки-экскурсии как один из способов формирования приемов умственной деятельности, а так же активизации рефлексии учащихся к усвоенным знаниям и умениям по физике. Кроме формирования и дальнейшего совершенствования приемов умственной деятельности в процессе организации и проведения экскурсий на природу и на предприятия А.В. Усова рассматривала особенности развития на физической экскурсии, в том числе и с профориентационной целью, учебно-познавательных умений [2].

Следует акцентировать внимание, что в методической литературе часто встречается мнение о том, что экскурсии, как коллективные, чаще выездные, организационные формы обучения физике, должны осуществляться исключительно с образовательной, научной, исследовательской, экспериментальной целью, однако в след за И.Я. Ланиной и А.В. Усовой отмечаем, что не стоит сбрасывать со счетов и тот факт, что именно на экскурсии педагог обучает школьников приемам самостоятельного познания окружающего мира, физических объектов, процессов и явлений, поэтому мы будем рассматривать экскурсию как самостоятельную форму организации обучения физике, которая позволяет кроме обучающей цели (наблюдения, изучения физических объектов, процессов, явлений в естественных или искусственно создан-

ных условиях) познакомить обучающихся со специфическими приемами умственной деятельности, которые позволяют получить подобные знания, умения и опыт (анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д.), а так же приемами, направленными на отработку учебно-познавательных умений.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим некоторые примеры реализации заявленной выше идеи, с оговоркой на то, что экскурсии по физике предлагается организовать и провести на базе технопарка универсальных педагогических компетенций Шадринского государственного педагогического университета.

Место проведения экскурсий было выбрано не случайно, технопарк ШГПУ оснащен высокотехнологичным оборудованием, там есть современные интерактивные доски и панели, маневренные роботы, уникальные физические лаборатории, электронные микроскопы, 3D-атлас для изучения анатомии человека, панорамные камеры, оборудование для погружения в виртуальную и дополненную реальность и многое другое. Оборудование технопарка позволяет учащимся поработать с современными лабораторными установками по физике, освоить современные методы исследования, применяемые в науке. Основной задачей обучения в технопарке является ранняя подготовка будущих инженерных и педагогических кадров в соответствующих профильных классах школ.

Научиться осуществлять разные способы умственной деятельности сразу не получится, данный процесс проходит поэтапно. Разделим условно процесс организации экскурсий по физике на стадии, и оговоримся, что деятельность по формированию и дальнейшему совершенствованию у школьников проемов умственной деятельности, связанных с исследованием экскурсионных объектов, является целенаправленной, систематической и начинается с 7 класса, с момента начала изучения школьного курса физики. Приведем некоторые примеры, подтверждающие важность развития у школьников умений и опыта использования заявленных приемов умственной деятельности, а так же указывающие на стадии и последовательность обучения тому или иному приему.

В начале целенаправленной работы по организации экскурсионной деятельности по физике предпочтение необходимо отдавать предметно-действенному анализу, на основе которого в дальнейшем будет

построен синтез. Полезно предусматривать в ходе организации первых экскурсий по физике практическое расчленение физических объектов. Содержание программы по физике [3, 4, 5], а так же инструментарий технопарка универсальных педагогических компетенций располагает такими возможностями: при изучении первоначальных сведений о строении вещества можно воспользоваться оборудованием лаборатории виртуальной реальности, где VR-шлемы и специально созданная с помощью компьютерного моделирования виртуальная среда, помогут учащимся не только увидеть молекулы, как, например, это можно сделать с помощью AR-мобильных приложений, наведя на изображение камеру смартфона, но и принять непосредственное участие в сборке молекул из атомов и процессе взаимодействия молекул.

Зачастую на уроке учителя физики просто демонстрируют реализацию предметно-действенного анализа, позволяя учащимся только наблюдать за выполняемыми действиями, а затем в качестве закрепления им предлагается практическая работа репродуктивного характера, например, подписать названия частей объекта на рисунке, дополнить текст нужными словами (соотнести термины и определения, расставить необходимые буквенные обозначения величин, символы, индексы в формулу и т.п.), на экскурсиях, особенно интерактивных, дело обстоит иначе, учащимся приходится анализировать предлагаемые объекты самостоятельно и/или с помощью экскурсовода (педагога, студента, будущего учителя физики), что способствует более легкому переходу от предметно-действенного анализа к мысленному. Например, в процессе формирования понятий «движение», «скорость», «единицы измерения скорости», «расчет пути и времени движения» можно использовать оборудование технопарка, такое как робототехнические наборы VEX и Робомастер или комплект «Альтернативная энергетика», где в качестве объекта используется модель электромобиля. Ученики, заставляя с помощью пульта, специального приложения или программы, заранее написанной на языке программирования Си, двигаться роботов или электромобиль с любым видом двигателя, анализируют понятие «движение», «скорость движения». В ходе выполнения практических действий с объектами учащиеся самостоятельно заполняют таблицы с результатами измерений и делают выводы.

Особое место на уроках физики, в целом, и на экскурсионных занятиях, в част-

ности, отводится такому приему умственной деятельности учащихся, как сравнение. Объектами для сравнения в курсе физики могут быть тела, явления и процессы, понятия, системы единиц измерения физических величин и др. Прием сравнения способствует определению внутренних связей и существенных свойств объектов, установлению сходств и различий (тел, физических процессов, явлений), выяснению характерных особенностей и др. Сравнивая объекты, выделяя их существенные и несущественные признаки, школьники, с помощью учителя, учатся рассуждать с опорой на логические принципы и предметные абстракции.

На интерактивных экскурсиях по физике, где у учащихся есть возможность не просто созерцания, а взаимодействия с объектами, широко применяется приём сравнения. Так, например, в технопарке универсальных педагогических компетенций можно провести интерактивную экскурсию по физике на тему: «Диффузия в газах, жидкостях и твёрдых телах» для учащихся 7 класса. В качестве оборудования может быть использован набор «Осмос», с помощью которого можно предложить обучающимся провести опыты, где в качестве основы для сравнения будут предложены растворы солей разных концентраций и температур. Школьники наблюдают, фиксируют данные в таблице, делают вывод.

В качестве второго примера экскурсии, которая может быть проведена в технопарке универсальных педагогических компетенций с использованием установки «Фигуры Хладни», можно привести интерактивную экскурсию в 9 классе на тему «Звук». В данном случае школьниками предлагается сравнить фигуры, которые получаются на круглой или квадратной пластине, предложить поразмышлять, почему в этих двух случаях фигуры формируются на разных амплитудах и частотах. Учащиеся экспериментируют, заносят результаты в таблицу, делают вывод.

Кроме рассмотренных выше способов формирования и дальнейшего совершенствования приемов умственной деятельности, в процессе организации экскурсий по физике, в том числе и в технопарк универсальных педагогических компетенций, следует отметить приемы показа экскурсионных объектов, которые направлены на развитие учебно-познавательных умений, таких как умение внимательно слушать, задавать вопросы, фиксировать важную информацию и т.п. В технопарке универсальных педагогических компетенций в качестве экскурсионных объектов, подлежащих показу, рассматривается обо-

рудование естественно-научного кластера (рентгеновская установка, наборы «Осмос», «Фигуры Хладни», набор Кольца Ньютона, набор – интерферометр Майкельсона, комплект серия Бальмера, определение постоянной Ридберга, комплект атомные спектры двухэлектронных систем He, Hg, набор «Альтернативная энергетика»).

Для обобщения вышеизложенного приведем таблицу, в которой представлены темы экскурсии по физике, класс, предполагаемое оборудование технопарка универсальных педагогических компетенций и примерные вопросы для рассмотрения (таблица).

При проведении экскурсии используются следующие приемы показа экскурсионных объектов по физике: предварительного осмотра, зрительного сравнения, экскурсионной справки, описания, характеристики. Рассмотрим каждый подробнее.

Прием предварительного осмотра используется в тот момент, когда учащиеся подошли к объекту. Школьниками демонстрируется объект, указываются некоторые внешние характеристики. Предварительный осмотр представляет собой первую ступень наблюдения объекта, целью является первичное знакомство с объектом. Здесь проявляются умения школьников внимательно слушать речь экскурсовода, формулировать и задавать вопросы, акцентировать внимание на раскрываемых в ходе первоначального осмотра аспектах.

Прием зрительного сравнения дает возможность школьникам представить действительную величину объекта, например, в технопарке есть рентгеновская установка, благодаря которой можно проводить исследование небольших тел, прием зрительного сравнения поможет школьникам представить, каковы реальные размеры аналогичной установки, если речь идет об исследовании более крупных объектов. Данный прием позволяет сократить время, затрачиваемое на объяснение, т.к. школьники, сравнивая демонстрируемый объект (природный камень из коллекции, которая шла в комплекте с рентгеновской установкой) и представляемый ими объект, который подлежит изучению с помощью аналогичного агрегата, используемого в медицине, археологии, геологии и т.п. (тело человека, ископаемые останки животных, крупные объекты, например, куски астероида и др.). Данный прием способствует развитию воображения, умений не просто созерцать, а мысленно конструировать предлагаемую ситуацию, выстраивать образы, сравнивать их с реально демонстрируемыми объектами, делать выводы.

Примеры тематического планирования экскурсий в технопарк

№	Тема экскурсии	Класс	Оборудование технопарка	Цель	Вопросы для рассмотрения
1.	Тематическая экскурсия «Движение»	7	Робомастер, VEX	Обобщить понятия движение, скорость при равномерном и неравномерном движении	Механическое движение, равномерное и неравномерное движение, скорость, единицы, расчет пути и времени движения
2.	Тематическая экскурсия «Давление»	7	Установка «Осмос»	Обобщить знания и умения по теме, повторить понятие давление в жидкости и газе, провести эксперименты по расчету давления жидкости на дно и стенки сосуда	Давление в жидкости и газе. Расчет давления жидкости на дно и стенки сосуда. Сообщающиеся сосуды
3.	Тематическая экскурсия «Энергия»	7, 8	Набор «Альтернативная энергетика»	Дать представление об источниках энергии и их использования в повседневной жизни	Превращение одного вида механической энергии в другой. Энергия рек и ветра
4.	Тематическая экскурсия «Кинематика и динамика»	9	Робомастер, VEX	Рассмотрение основных механизмов в конструкциях роботов	Система отсчета, скорость и ускорение
5.	Тематическая экскурсия «Звук»	9	Установка Хладни	Знакомство с экспонатами, демонстрирующими законы акустики	Источники звука. Звуковые колебания. Высота, тембр и громкость звука. Распространение звука. Звуковые волны. Звуковой резонанс

Прием экскурсионной справки используется в сочетании с другими приемами, например, зрительного сравнения, описания. В данном случае школьникам вместе с пояснениями, характеристиками объекта сообщаются краткие данные о наблюдаемом объекте, в том числе исторические, лингвистические (почему так называется) и т.п. Прием помогает развитию умений обобщать, делать выводы.

Прием описания предполагает изложение экскурсоводом характерных черт, особенностей внешнего вида объекта в определенной последовательности. Здесь важно рассказать, из чего состоит экскурсионный объект (физическая установка) до демонстрации его в действии. Важным аспектом является и то, что школьникам может быть предложено задача предвосхищения действия установки, высказывания идей, отстаивания своего мнения. Прием позволяет совершенствовать умения слушать, высказывать свою точку зрения, генерировать идеи и т.п.

Следует уточнить, что экскурсионный объект – это не только тот информационный предмет, явление или процесс, который несет в себе образовательный смысл, это не только установка, физическое тело, прибор и т.д., экскурсионный объект зачастую не может быть разделен с конкретным по-

мещением, где происходит определенное действие, где работают специалисты в интересующей области знаний. В случае, если разбирать экскурсионные объекты технопарка универсальных педагогических технологий, то следует отметить, что оборудование находится в педагогическом вузе, месте, где идет подготовка будущих учителей, специальным образом сформированные зоны (кластеры) технопарка способствуют развитию у студентов универсальных педагогических компетенций. Важно, что зачастую именно студенты, будущие учителя физики проводят экскурсии с физическим оборудованием, поэтому у школьников появляется уникальная возможность пообщаться с молодыми педагогами, а у студентов – получить опыт работы с учениками школ.

Занятия в технопарке универсальных педагогических компетенций, в том числе экскурсии по физике для школьников, полезны не только учащимся школ, студенты педагогических вузов могут получить опыт проведения подобных форм организации учебного процесса по физике. В процессе изучения теории и методики обучения физике студенты разрабатывают сценарии экскурсий, интерактивов, лабораторных работ с новым оборудованием и в качестве профориентационной и просветительской работы проводят занятия со школьниками на базе

технопарк универсальных педагогических технологий [6].

Заключение

Технопарк универсальных педагогических компетенций – это инновационное структурное подразделение каждого педагогического вуза Российской Федерации, которое призвано транслировать самые современные знания и технологии в молодежную среду. Экскурсии в технопарк универсальных педагогических компетенций позволяют не только мотивировать школьников на изучение естественных и технических наук, популяризировать физику, как науку и учебный предмет, но и способствуют развитию у школьников познавательных универсальных учебных действий, а у студентов – универсальных педагогических компетенций.

Исследование выполнено при финансовой поддержке научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям

деятельности вузов партнеров ЮУрГГПУ и ШГПУ в 2022 году по теме «Научно-методическое обеспечение деятельности технопарка универсальных педагогических компетенций в контексте реализации документа «Ядро высшего педагогического образования» (№ 16-451 от 23.06.2022).

Список литературы

1. Бражников М.А., Пурешева Н.С. Становление методики обучения физике в России как педагогической науки и практики: монография. М.: Прометей, 2015. 505 с.
2. Сауров Ю.А., Уварова М.П. Теория и методика обучения физике: учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2021. 263 с.
3. Перышкин А.В. Физика. 7 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений. 2-е изд., перераб. М.: Дрофа, 2013. 221 с.
4. Перышкин А.В. Физика. 8 класс: учебник. М.: Дрофа, 2013. 311 с.
5. Касьянов В.А. Физика. 10 кл. Профильный уровень: учебник. 14-е изд., стер. М.: Дрофа, 2014. 428 с.
6. Злобина С.П. Учебные занятия в технопарке Шадринского государственного педагогического университета // Перспективы науки. 2022. № 6(153). С. 97-99.

УДК 373.2

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ КОЧЕВОГО ДЕТСКОГО САДА ДЛЯ ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В АРКТИКЕ

Жожикова Л.В.

*ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
Педагогический институт, Якутск, e-mail: pimdo@mail.ru*

В статье раскрываются особенности организации кочевого детского сада в Арктике. Цель статьи – обосновать модель кочевого детского сада в условиях Арктики для семей, ведущих кочевой образ жизни. В работе обоснована актуальность разработки и реализации модели кочевого детского сада в тундре, предусматривающей подготовку детей к обучению в школе, воспитание нравственных качеств детей в контексте взаимодействия с родителями и усвоения уклада жизни, культуры и традиций родного народа. Модель состоит из пяти компонентов: целевого, концептуального, содержательного, нормативно-правового, организационно-управленческого. Дается подробное описание каждого компонента модели, реализация которых представляет целостную систему обучения и воспитания ребенка-тундровика. Материалами исследования послужили результаты полевой экспедиции магистрантов по ознакомлению с деятельностью кочевого детского сада в тундре. Целевой компонент модели раскрывает цель и задачи организации кочевого детского сада. Концептуальный компонент основан на принципах Концепции этнокультурного образования РФ, РС (Якутии), диалога культур, формирования гражданской, этнокультурной и общечеловеческой идентичности. Содержательный компонент модели нацеливает на работу в следующих направлениях: «Я – представитель эвенкийского народа», «Я – представитель родной республики РС (Якутия)», «Я – россиянин». Эти доминанты являются в настоящее время особенно актуальными. Модель содержит программу реализации в условиях тундры, методический инструментарий для воспитателей: методические рекомендации по организации предметно-развивающей среды, проведения занятий, игр по всем образовательным областям, модель выпускника, программу курсов повышения квалификации для педагогов.

Ключевые слова: дошкольное образование, дошкольники, кочевой детский сад, Арктика, подготовка детей к школе, диалог культур, этнокультурное образование

FEATURES OF ORGANIZING A NOMAD KINDERGARTEN FOR CHILDREN LIVING IN THE ARCTIC

Zhozhikova L.V.

*M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Pedagogical Institute, Yakutsk,
e-mail: pimdo@mail.ru*

The article reveals innovative approaches to the education of children in the Arctic. The purpose of the article: to reveal the model of nomadic preschool children's lard in the Arctic for families leading a nomadic lifestyle. The paper substantiates the relevance of the development and implementation of a model of a nomadic kindergarten in the tundra, which provides for the preparation of children for schooling, the education of children's moral qualities in the context of interaction with parents and the assimilation of the way of life, culture and traditions of the native people. The model consists of five components: target, conceptual, substantive, normative-legal, organizational and managerial. A detailed description of each component of the model is given, the implementation of which represents an integral system of education and upbringing of a tundra child. The research materials were the results of a field expedition of undergraduates to familiarize themselves with the activities of a nomadic kindergarten in the tundra. The target component of the model reveals the purpose and objectives of organizing a nomadic kindergarten. The conceptual component is based on the principles of the Concept of ethno-cultural education of the Russian Federation, RS (Yakutia), the dialogue of cultures, the formation of civil, ethno-cultural and universal identity. The content component of the model aims to work in the following areas: "I am a representative of the Evenk people", "I am a representative of my native republic of the Republic of Sakha (Yakutia)", "I am a Russian". These dominants are currently particularly relevant. Content ComponentThe model contains an implementation program in the tundra, methodological tools for educators: methodological recommendations for organizing a subject-developing environment, conducting classes, games in all educational areas, a graduate model, a program of advanced training courses for teachers.

Keywords: preschool education, preschoolers, nomadic kindergarten, Arctic, preparation of children for school, dialogue of cultures, ethnocultural education

2022 год объявлен в России Годом культурного наследия народов России. Особенно актуальными являются вопросы сохранения культуры коренных малочисленных народов, язык и культура которых подвержены опасности исчезновения. В этих условиях политика образования направлена на проблемы обучения и образования детей Арктики. Особую озабоченность вызывают дети дошкольного возраста, их подготовка к школе в условиях кочевого образа жизни родителей.

На кафедре дошкольного образования Педагогического института Северо-Восточного федерального университета работает научная школа «Научно-методическое сопровождение развития системы дошкольного образования в условиях Севера», в рамках деятельности которой особое место занимают исследования по дошкольному образованию детей Арктики [1]. В данной статье дается описание модели кочевой дошкольной образовательной организации

в условиях Арктики для семей, ведущих кочевой образ жизни

Цель статьи – раскрыть модель кочевого дошкольного детского сада в условиях Арктики для семей, ведущих кочевой образ жизни.

Материалы и методы исследования

Использованы материалы исследования деятельности кочевого детского сада в тундре в условиях полевой экспедиции. В исследовании принимали участие магистранты 2 курса, члены научного кружка «Студенческий научный форум», руководителем которого является автор. База полевой экспедиции: кочевой детский сад «Кэрэчээн» в родовой общине № 3 Оленекского эвенкийского национального района РС (Якутия).

Цель экспедиции – ознакомление с деятельностью кочевого детского сада в условиях тундры. Исследование деятельности кочевого детского сада проводилось по следующим направлениям:

1. Обеспеченность кадрами.
2. Уровень квалификации воспитателя и педагогический стаж.
3. Система повышения квалификации.
4. Охват детей кочевым дошкольным образованием.
5. Соответствие развивающей предметно-пространственной среды кочевой ДОО требованиям ФГОС ДО.
6. Соответствие плана работы ДОО с ФГОС дошкольного образования.
7. Удовлетворенность родителей организацией кочевой ДОО в их общине.

В результате сбора полевых материалов экспедиции были выявлены следующие данные.

В состав Оленекского улуса РС (Якутия) входят 4 национальных наслега: Жилиндинский, Кирбейский, Оленекский, Шологонский. Административный центр – село Оленек.

На территории района проживает 670 детей в возрасте от 0 до 7 лет. Всего дошкольным образовательным образованием охвачены 498 детей. Очередность в дошкольные образовательные организации по улусу на 01.12.2021 г. составляет 45 детей.

Из опроса родителей выяснилось, что кочевая дошкольная образовательная организация начала работу с 1 февраля 2019 г. В родовой общине № 3 воспитатель имеет среднее специальное педагогическое образование, педагогический стаж – 2 года, мама пятерых детей, из них детей дошкольного возраста двое. Посещают группу 8 детей (от 4 до 6 лет). В родовой общине № 1 работает младший воспитатель. Молодая

мама, пока без образования, в будущем будет получать педагогическое образование. Группу посещают 5 разновозрастных детей от 10 месяцев до 5 лет.

По опросу-исследованию кочевых родителей выявлено, что они дают согласие на организацию кочевого детского сада с положительной оценкой. Кочевой детский сад в Оленекском районе с. Харыялах был оформлен официально, чтобы проследить все административные процедуры, которые проходит кочевой воспитатель. В летнее время численность детей достигает до 25 детей по разным стадам. В оленеводческих бригадах имеются спутниковая телефонная связь, бензиновые генераторы бесперебойного питания, рация, переносные телевизоры, солнечные батареи.

Результаты исследования и их обсуждение

Проблема организации кочевого детского сада непосредственно в кочевье является наиболее актуальной в условиях Арктики. Оленеводческое стадо МУП «Оленекское» Оленекского эвенкийского национального района РС (Якутия) характеризуется большой площадью. Стада расположены на больших расстояниях друг от друга, дорог как таковых нет. Летом доступным транспортом является только вертолет. Доля представителей коренных малочисленных народов в Оленекском районе составляет 2168 чел. (75,65%), из них 80 чел. (3,7%) – кочующих, 2088 чел. (71,95%) – не кочующих.

Дети дошкольного возраста живут вместе с родителями в кругу семьи и родственников, и им необходимо создать условия для подготовки к школе, развития навыков социально-нравственного поведения, адаптации в обществе, формирования основ универсальных умений учиться и способности к организации своей деятельности, укрепление физического и духовного здоровья. Положительным является то, что дети приобщаются с ранних лет к укладу жизни, обычаям и традициям родного народа. И самое главное, они имеют возможность общаться на родном эвенкийском языке и изучать якутский и русский языки.

Изучив особенности деятельности детского сада, мы разработали модель кочевой дошкольной образовательной организации в условиях Арктики, включающей пять основных компонентов: целевой; концептуальный; нормативно-правовой; содержательный; организационно-управленческий. Данная модель предполагает, что для эффективной организации кочевого дошкольного образования необходима реализация всех ее компонентов (таблица).

Модель кочевой дошкольной образовательной организации в условиях Арктики

Ребенок – субъект воспитательно-образовательного процесса		
Целевой компонент		
Цель	Задачи	Ожидаемый результат
Концептуальный компонент		
Теоретически обосновать и разработать модель кочевой дошкольной образовательной организации в условиях Арктики для семей, ведущих кочевой образ жизни	– Изучение состояния и перспектив получения дошкольного образования детьми, ведущими с родителями кочевой образ жизни; – создание благоприятных условий для полноценного комплексного развития ребенка-тундровика на уровне, соответствующем его возрастным особенностям и возможностям; – разработка методического инструментария воспитателя кочевого детского сада; – разработка модели выпускника кочевой ДОО; – разработка программы курсов по дошкольному образованию для специалистов со знанием эвенкийского языка и воспитателей кочевого ДОО	– выравнивание шансов детей для получения государственных гарантий доступности, возможностей получения дошкольного образования; – подготовка к обучению в школе и к жизни в современном социуме; – сохранение традиционного уклада жизни кочевого населения, воспитание гражданина нового поколения на основе этнокультурных традиций народов Севера
Концептуальный компонент		
Концепция этнокультурного образования РФ	Диалог культур	Формирование гражданской, этнокультурной и общечеловеческой идентичности
Содержательный компонент		
Я – представитель эвенкийского народа	Я – представитель РС (Якутия)	Я – представитель России
Нормативно-правовой компонент		
Нормативно-правовые документы РФ	Нормативно-правовые документы РС (Якутия)	Нормативные документы ДОО
Организационно-управленческий компонент		
Кадровое обеспечение	Модель выпускника кочевой ДОО	Программа реализации модели кочевого ДОО

Деятельность на основе вышеуказанных компонентов позволяет выстроить целостную систему, которая в наибольшей мере учитывает требования действующего законодательства и не ущемляет права ребенка.

В центре данной модели кочевой дошкольной образовательной организации находится ребенок. Кочевой детский сад приспособляется к детям из числа коренных малочисленных народов Севера, ведущих кочевой образ жизни, а не наоборот.

Целевой компонент

Цель проекта – теоретически обосновать и разработать модель кочевого дошкольного образования в условиях Арктики для семей, ведущих кочевой образ жизни.

Задачи проекта:

1. Изучение состояния и перспектив получения дошкольного образования детьми, ведущими с родителями кочевой образ жизни.

2. Создание благоприятных условий для полноценного комплексного развития ребенка-тундровика на уровне, соответствующем его возрастным особенностям и возможностям.

3. Разработка методического инструментария воспитателя кочевого детского сада.

4. Разработка модели выпускника кочевой ДОО.

Концептуальный компонент основан на принципах Концепции этнокультурного образования РФ (Т.Я. Шпикалова, Т.И. Бакланова, Л.В. Ершова), РС (Якутия) (У.А. Винокурова, С.С. Семенова, А.В. Николаева), диалога культур (А.Б. Панькин), формирования гражданской, этнокультурной и общечеловеческой идентичности (С.А. Боргояков).

С процессами урбанизации и глобализации появляется опасность исчезновения многих языков малочисленных народов. Мы считаем важным обучение родному

языку с раннего и дошкольного возраста, так как первым языком ребенка от рождения является «материнский» язык – родной язык матери. Ребенок с детства должен впитывать звуки родного языка, культуру родного народа и войти в мир достойным представителем своего народа, знающим родной язык и культуру, государственный язык своей республики, страны, уважающим культуры других стран. В этом состоит гармоничное воспитание и образование личности [2]. Эти доминанты являются в настоящее время особенно актуальными.

В Концепции этнокультурного образования РФ отмечается, что «этнокультурное образование – это целенаправленный непрерывный педагогический процесс приобщения учащихся к этнической культуре (или культурам) в учреждениях дошкольного, общего, дополнительного и профессионального образования, на основе взаимодействия с семьей, учреждениями культуры и средствами массовой информации» [3, с. 6].

Особенностью нашей модели является образование, направленное на организацию образовательного процесса на основе этнокультурных традиций, родного языка, якутского и русского языков, как государственных в РС (Якутия) (У.А. Винокурова, С.С. Семенова, А.В. Николаева). Для воспитания и приобщения детей к культуре родной многонациональной республики важно имеет обучение в контексте диалога культур [4].

По мнению С.А. Боргоякова, гражданская идентичность направлена на формирование гражданина своей страны, воспитание гражданского патриотизма и любви к Родине; на любовь к «малой родине» – селу, тундре, республике, направленных на приобщение к национальной культуре, на знание истории родного края и т.п.: национальный язык как родной язык, краеведение, национальная история, национальная литература и т.д. [5].

Содержательный компонент модели нацеливает на работу в следующих направлениях:

«Я – представитель эвенкийского народа». В данном направлении дети изучают родной эвенкийский язык, обычаи, традиции, игры, песни, загадки, сказки родного народа.

«Я – представитель родной республики РС (Якутия)». В данном направлении дети изучают якутский язык как государственный язык своей республики. Этнопедагогика, этнодидактика, педагогика Олонхо являются концептуальными основами духовно-нравственного воспитания детей на этнических традициях эвенкийского и якутского народов.

«Я – россиянин». Русский язык является государственным языком народов России

и Якутии. В этом направлении проводится работа по ознакомлению детей с русским языком и русской культурой, формирование российской идентичности посредством приобщения к базовым национальным ценностям патриотического воспитания юных граждан России.

Нормативно-правовой компонент опирается на нормативные документы РФ, РС (Я) и ДОО, такие как Закон «Об образовании в Российской Федерации», Федеральный государственный образовательный стандарт дошкольного образования, Федеральный закон «О гарантиях прав коренных малочисленных народов Российской Федерации», Закон РС (Якутия) «О языках в Республике Саха (Якутия)», «О кочевых школах Республики Саха (Якутия)», Закон Республики Саха (Якутия) «О статусе языков коренных малочисленных народов Севера Республики Саха (Якутия)», Указ Президента РС (Якутия) «О Концепции государственной национальной политики Республики Саха (Якутия)», Закон РС (Якутия) «О кочевых школах Республики Саха (Якутия)», Закон Республики Саха (Якутия) «О родовой, родоплеменной кочевой общине коренных малочисленных народов Севера» и др.

Организационно-управленческий компонент включает кадровое обеспечение, модель выпускника, программу реализации модели кочевой ДОО.

Большое значение имеет кадровый вопрос. Для работы в кочевой дошкольной образовательной организации необходимо подобрать специалиста со знанием эвенкийского языка. Воспитателями кочевого детского сада могут быть мамы, члены кочевых семейных групп, имеющие педагогическое образование и детей до 7 лет. В данной ДОО, где проводилось исследование, воспитателем работала мама, имеющая среднее профессиональное педагогическое образование. Воспитателями могут быть также педагоги, не являющиеся членами семьи кочевой группы, но имеющие опыт проживания в чуме, поскольку занятия с детьми проводятся в общем чуме.

Профессиональные компетенции воспитателя кочевой ДОО дополняются специальными социальными компетенциями, необходимыми в условиях кочевой жизни и деятельности в условиях тундры. К ним относятся:

– умение входить в ритм кочевой жизни (перекочевка, перегон стада в новые места пастбищ) и умение выстраивать график занятий и расписания в зависимости от календаря (кочевки) и стоянок, помощь по хозяйству в чуме;

– отсутствие мобильной связи, холод, отсутствие электричества;

– знание традиций, обычаев эвенкийской культуры, элементарное знание эвенкийского языка;

– умение ездить на нартах и умение ходить общий язык с родителями.

Таким образом, воспитатель кочевого детского сада должен быть компетентным по трем основным направлениям: воспитательно-образовательная деятельность, учебно-методическая деятельность, социально-бытовая компетентность.

В помощь воспитателям кочевых школ разработана специальная «Программа реализации модели кочевого ДОО», включающая в себя методические рекомендации по созданию предметно-развивающей среды по требованиям ФГОС, тематический план работы с детьми, методические рекомендации по проведению занятий, игр по всем образовательным областям на эвенкийском, якутском и русском языках, привлечение бабушек и дедушек к занятиям по культуре и традициям предков, описание критериальных основ для педагогической диагностики и др. Программа реализации модели включает также курсы повышения квалификации по программе «Воспитатель кочевой дошкольной организации». Занятия с детьми проводятся в чуме, где организована предметно-развивающая среда по всем образовательным областям ДО: физическое, социально-коммуникативное, познавательное, речевое, художественно-эстетическое развитие. Летом занятия проводятся на природе.

Ожидаемый результат оформляется в модели выпускника кочевой ДОО. Под «моделью выпускника ДОО» понимается предполагаемый результат совместной деятельности детского сада и кочевой семьи, характеризующий представления о наиболее важных качествах личности ребенка, которыми должен обладать выпускник кочевой дошкольной образовательной организации перед поступлением в школу. Модель выпускника основана на принципах и критериях федерального государственного образовательного стандарта дошкольного образования с учетом региональных условий и особенностями жизни в тундре и включает в себя такие интегративные качества: имеющий первичные представления о себе, семье, обществе, государстве, мире и природе; осознающий себя представителем родного эвенкийского народа, родной республики, России; физически развитый; любознательный, активный, эмоционально отзывчивый; владеющий средствами общения и способами взаимодействия с взрослыми и сверстниками; способный решать

интеллектуальные и личностные задачи (в соответствии с возрастом); владеющий универсальными предпосылками учебной деятельности, необходимыми умениями и навыками.

Заключение

Таким образом, в статье раскрыта модель кочевого детского сада для детей, проживающих в Арктике. Теоретически обоснованы все компоненты модели: целевой; концептуальный; нормативно-правовой; содержательный; организационно-управленческий. Практическая значимость исследования заключается в разработке модели кочевой ДОО в условиях Арктики; выявлены и обоснованы особенности организации образовательного процесса в условиях кочевья на основе полевой экспедиции в кочевой детский сад в тундровой общине Оленекского улуса; определены профессиональные и социальные компетенции воспитателя кочевой ДОО, необходимые в условиях кочевья; предложена модель выпускника кочевого детского сада как критериальная основа предполагаемого результата проекта. Для реализации модели разработаны методические рекомендации по проведению занятий, игр, организации предметно-развивающей среды, программа повышения квалификации для педагогов кочевой ДОО, составляющие методический инструментарий к модели.

Модель рекомендована для работы в кочевых ДОО Оленекского улуса РС (Якутия). Может использоваться в любой ДОО, где имеются кочевые семьи с детьми дошкольного возраста. Модель открыта для дальнейшего развития и пополнения фонда материалами других культур коренных малочисленных народов РС (Якутия).

Список литературы

1. Николаева Л.В., Николаева А.В. Современные тенденции в системе дошкольного образования в условиях внедрения ФГОС (на примере РС (Якутия)) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 349.
2. Винокурова У.А., Семенова С.С. Этнокультурное образование в Дальневосточном федеральном округе Российской Федерации: коллективная монография. Якутск: Медиахолдинг «Якутия», 2015. 416 с.
3. Шпикалова Т.Я., Бакланова Т.И., Ершова Л.В. Концепция этнокультурного образования в РФ. Шуя: Издательство «Весть ГОУ ВПО «ШПГУ», 2016. 23 с.
4. Панькин А.Б. Формирование этнокультурной личности. Воронеж: Издательство НПО «Модэк», 2006. 280 с.
5. Боргояков С.А. Стратегия и методология развития этнокультурного образования в условиях социокультурной модернизации общества // Общее и особенное в становлении российской идентичности учащихся в поликультурном пространстве России: Материалы Международной научно-практической конференции (Москва, 29 сентября 2016 г.). М., 2016. С. 9–14.

УДК 378.1

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЕМОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
У СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ
РЕШЕНИЯ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАЧ****Капкаева Л.С.***ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет им М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: lskapkaeva@mail.ru*

В статье обоснованы возможность и целесообразность формирования приемов математического моделирования у студентов педагогического направления в процессе решения практико-ориентированных задач. Рассмотрены трактовки понятий «математическая модель», «математическое моделирование», «практико-ориентированная задача», раскрыто содержание этапов математического моделирования в процессе решения практико-ориентированных задач. Математическое моделирование рассматривается как необходимая компетенция в математическом образовании будущих педагогов, как фактор преемственности обучения математике в вузе и школе. В ходе исследования выявлены приемы формирования математического моделирования в процессе изучения математического анализа и действия, составляющие каждый прием; определены основные типы практико-ориентированных задач для формирования выделенных действий. Разработана модель формирования приемов математического моделирования в процессе решения практико-ориентированных задач, включающая следующие компоненты: целевой, содержательный, процессуальный и результативно-оценочный. Обосновано, что формирование приемов математического моделирования практико-ориентированных задач проходит наиболее эффективно, если этот процесс осуществлять по этапам, выделены 5 этапов: подготовительный, мотивационный, ориентировочный, этап формирования отдельных действий, формирование приема в целом. Приведены примеры решения практико-ориентированных задач производственного характера из разных областей, иллюстрирующие приемы математического моделирования.

Ключевые слова: педагогическое образование, математический анализ, математическое моделирование, практико-ориентированные задачи, формирование приемов математического моделирования

**FORMATION OF MATHEMATICAL MODELING METHODS
OF PEDAGOGICAL STUDENTS IN THE PROCESS
OF SOLVING PRACTICE-ORIENTED PROBLEMS****Капкаева Л.С.***Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evseviev, Saransk,
e-mail: lskapkaeva@mail.ru*

The article substantiates the possibility and expediency of forming methods of mathematical modeling for students of the pedagogical direction in the process of solving practice-oriented problems. Interpretations of the concepts «mathematical model», «mathematical modeling», «practice-oriented task» are considered, the content of the stages of mathematical modeling in the process of solving practice-oriented problems is disclosed. Mathematical modeling is considered as a necessary competence in the mathematical education of future teachers, as a factor in the continuity of teaching mathematics at a university and school. In the course of the study, methods for the formation of mathematical modeling in the process of studying mathematical analysis and the actions that make up each method were identified; the main types of practice-oriented tasks for the formation of selected actions are determined. A model has been developed for the formation of mathematical modeling techniques in the process of solving practice-oriented problems, including the following components: target, content, procedural and result-evaluative. It is substantiated that the formation of methods of mathematical modeling of practice-oriented tasks is most effective if this process is carried out in stages, 5 stages are distinguished: preparatory, motivational, indicative, the stage of formation of individual actions, the formation of the technique as a whole. Examples of solving practice-oriented problems of a production nature, illustrating the methods of mathematical modeling, from different areas are given.

Keywords: pedagogical education, mathematical analysis, mathematical modeling, practice-oriented tasks, formation of mathematical modeling techniques

На современном этапе в связи с модернизацией образования появляются новые подходы к развитию всей системы обучения. Взаимосвязанными звеньями в этом процессе выступают общее образование и высшее педагогическое образование. В среднем математическом образовании сегодня одним из приоритетных направлений является подготовка обучающихся к использованию математики в решении проблем, возникающих в реальной действительности вне рамок образовательного про-

цесса [1, с. 5], то есть формирование у них прикладных умений, в частности умений решать практико-ориентированные задачи и использовать математический подход в разных ситуациях: в рассуждении, обосновании, аргументации, планировании, оценках и т.д.

«Сегодня нужны функционально грамотные выпускники, способные вступать в отношения с внешней средой, быстро адаптироваться и функционировать в ней» [2, с. 2].

Это обусловлено возрастанием в последние десятилетия роли математики в общей системе знаний. Математические методы используются сегодня в разных сферах деятельности. Математика составляет основу современных информационных технологий [1].

В ФГОС среднего общего образования специально выделено требование к предметным результатам освоения курса математики: «сформированность умений моделировать реальные ситуации, исследовать построенные модели, интерпретировать полученный результат» [3]. Отсюда следует, что формирование умений строить математические модели простейших реальных явлений, исследовать явления по готовым моделям, применять эти умения на практике является основной целью обучения математики в современной школе. Для достижения этой цели учителю математики необходимо познакомить школьников с главным методом математики – математическим моделированием. При этом он сам должен хорошо владеть данным методом, использовать его при решении практико-ориентированных задач.

Цель исследования – разработать модель эффективного формирования у студентов педагогического направления приемов математического моделирования средствами математического анализа в процессе решения практико-ориентированных задач.

Материал и методы исследования

Использовались материалы ФГОС среднего общего образования и ФГОС ВО по направлению Педагогическое образование. Проводился анализ содержания математических дисциплин и выявлялись их возможности для формирования у студентов приемов математического моделирования: наличие практико-ориентированных задач; приемы овладения действиями, необходимыми для математического моделирования, и т.д. Для получения результатов, кроме теоретических методов, применялись экспериментальные методы: наблюдение за процессом решения математических задач студентами; беседы с учителями школ, анкетирование учащихся, анализ и обобщение собственного опыта преподавания математических и методических дисциплин в педвузе.

Результаты исследования и их обсуждение

В научной литературе есть разные трактовки понятий «математическая модель», «математическое моделирование», хотя сущность их одна и та же. В «Мате-

матической энциклопедии» (т. 3) дано такое определение:

«Математическая модель – это приближенное описание какого-либо класса явлений внешнего мира, выраженное с помощью математической символики» [4, с. 574].

Существуют разные виды моделей: модель-заместитель, модель-представление, модель-интерпретация, исследовательская модель. Деятельность по построению (или выбору) одной из указанных моделей называется моделированием. Математическое моделирование применяется для познания внешнего мира, оно позволяет проникнуть в сущность изучаемых явлений и процессов, прогнозировать многие явления, управлять ими.

Общий подход к построению математической модели изучаемого объекта описал в своей работе А.Д. Мышкис [5]. Рассматривая применение метода математического моделирования, он выделяет три этапа [5, с. 9]. Первый этап посвящен уточнению проблемы и построению содержательной модели объекта, переводу ее на формальный математический язык. На втором этапе происходит изучение построенной математической модели путем решения полученной математической задачи. Третий этап посвящен переводу результата решения задачи на язык той науки, на котором была сформулирована исходная проблема.

Некоторые ученые разделяют процесс математического моделирования на четыре основных этапа. Так, А.Н. Тихонов выделяет следующие этапы: «первый – установление законов, связывающих объекты модели; второй – решение математических задач внутри построенной модели; третий – согласование результатов наблюдений или измерений параметров реальных объектов с теоретическим исследованием построенной модели; четвертый – уточнение и модернизация модели на основании результатов, полученных на третьем этапе» [1, с. 222]. Оба подхода не противоречат друг другу.

В методической литературе по методике обучения математике выделяют обычно три этапа математического моделирования текстовых (сюжетных) задач: 1) формализация (построение математической модели задачи); 2) решение задачи внутри модели, то есть математическими средствами; 3) интерпретация полученного математического решения. Указанные этапы проиллюстрированы нами в работе [6] при построении геометрических моделей и применении геометрического метода в решении алгебраических задач школьного курса математики.

Учитывая значимость умений математического моделирования для современного образованного человека, в научно-методической литературе широко обсуждаются вопросы формирования компетенции математического моделирования у учащихся средней школы и студентов вузов (О.С. Бабанская, М.В. Егупова, Ю.Б. Мельников, А.Д. Нахман, А.Г. Мордкович, М.А. Осинцева, Н.И. Светлова, Е.И. Скафа и др.).

Выделяют следующие компоненты компетенции математического моделирования: 1) *мотивационно-ценностный компонент*, предполагающий понимание универсальности математического языка, необходимости формализации законов физики, химии, биологии, экономики; 2) *кругозор и постоянное его расширение*, которое обязательно сопровождается такими формами мыслительной деятельности, которые необходимы в процессе математического моделирования (анализ явлений и процессов, сравнительные характеристики, логические умозаключения и т. п.); 3) *знания и умения*: этот компонент направлен на актуализацию предметных знаний и умений применительно к выбранной модели, а также коммуникативных умений и умений применять в процессе моделирования современные информационные технологии; 4) *опыт деятельности в области моделирования*, который способствует переносу математических знаний и умений на незнакомые ситуации, в том числе возникающие в практической деятельности; 5) *рефлексия* – важнейший компонент компетенции математического моделирования, способствующий развитию таких качеств личности, как самоконтроль, ответственность, рациональность, самостоятельность [7].

В обучении математике метод математического моделирования целесообразно формировать у учащихся в процессе решения практико-ориентированных задач. *Практико-ориентированная задача* – это вид текстовых задач, для решения которых необходима реализация всех этапов математического моделирования. Это задачи из окружающей действительности, которые тесно связаны с формированием практических навыков, необходимых в том или ином виде профессиональной деятельности и в повседневной жизни.

В школьном курсе математики и в вузовских математических курсах представлены в основном уже готовые математические задачи, в решении которых отсутствует первый этап математического моделирования, поэтому обучающиеся часто испытывают значительные трудности при решении практико-ориентированных задач, особенно

на этапе формализации. Об этом свидетельствуют и ежегодные результаты ЕГЭ по математике профильного уровня.

В ликвидации имеющихся пробелов в обучении математическому моделированию школьников большая роль принадлежит учителю: необходимо, чтобы он сам владел приемами математического моделирования, в том числе при решении практико-ориентированных задач. В научно-методической литературе последних лет много внимания уделяется обучению математическому моделированию студентов инженерно-технических и экономических профилей [8, 9, 10]. Проблема формирования умений математического моделирования у будущих педагогов исследована, на наш взгляд, недостаточно. В частности, не выделены приемы математического моделирования, которые используются в процессе решения практико-ориентированных задач, и составляющие их действия. Не определены типы задач, которые необходимо решать для формирования выделенных действий, и т. д.

Как показывает практика, студенты с интересом решают и воспринимают практико-ориентированные задачи, особенно те, содержание которых раскрывает приложения математики в окружающей нас действительности, в смежных дисциплинах, знакомит с использованием ее в разных сферах современного производства. Например, в процессе изучения математического анализа в педвузе можно использовать разные типы практико-ориентированных задач, направленных на формирование приемов математического моделирования. Наиболее часто встречаются текстовые задачи производственного характера из области: а) сельского хозяйства; б) деревообработки; в) строительства; г) мелиорации; д) транспорта; е) гидротехники и др.

В ходе исследования нами были выделены приемы математического моделирования средствами математического анализа, которые возможно формировать у студентов при решении указанных типов практико-ориентированных задач. К ним относятся приемы:

- составление функции и исследование ее элементарными средствами;
- составление числовой последовательности и нахождение ее предела;
- составление функции и использование формулы Лагранжа;
- составление функции и исследование ее с помощью производной;
- составление функции и нахождение ее наибольшего или наименьшего значения;
- использование определенного интеграла;
- использование формулы и ряда Тейлора;
- использование двойного интеграла и др.

**Приемы математического моделирования в процессе решения
практико-ориентированных задач и составляющие их действия**

№ п/п	Название приема	Действия, составляющие прием
1.	Составление функции и исследование ее элементарными средствами	1. Определение функциональной зависимости величин по условию задачи. 2. Составление функции, выражающей зависимость между величинами. 3. Исследование функции и построение ее графика (если это необходимо)
2.	Составление числовой последовательности и нахождение ее предела	1. Определение формы заданного объекта (если это необходимо). 2. Определение функциональной зависимости величин и составление последовательности (функции). 3. Исследование последовательности (на возрастание или убывание, ограниченность и т.д.). 4. Нахождение предела последовательности (если это необходимо)
3.	Составление функции и использование формулы Лагранжа	1. Определение зависимости и составление функции по условию задачи. 2. Нахождение приращения функции $\Delta f(x)$ при условии приращения аргумента x на Δx . 3. Использование формулы конечных приращений Лагранжа: $f(x + \Delta x) - f(x) \approx f'(x) \Delta x$. 4. Выполнение необходимых преобразований и вычислений
4.	Составление функции и исследование ее с помощью производной	1. Определение зависимости и составление функции по условию задачи. 2. Нахождение производной полученной функции. 3. Исследование функции с помощью производной
5.	Составление функции и нахождение ее наибольшего или наименьшего значения	1. Выявление величины, о наибольшем или наименьшем значении которой говорится в задаче. 2. Выбор аргумента, т.е. независимой переменной, и указание промежутка его допустимых значений. 3. Выражение искомой величины как функции введенного аргумента. 4. Нахождение наибольшего или наименьшего значения функции на заданном промежутке; если промежутком является интервал, то следует исследовать функцию на экстремум: в точке максимума функция принимает наибольшее значение, а в точке минимума – наименьшее. 5. Интерпретация полученного результата и ответ на вопрос задачи
6.	Использование определенного интеграла	1. Выявление искомой величины. 2. Определение формулы для нахождения этой величины с помощью интеграла. 3. Выполнение необходимых преобразований и вычислений
7.	Использование формулы и ряда Тейлора	1. Определение функции по условию задачи. 2. Составление формулы Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа. 3. Оценивание допускаемой погрешности вычислений
8.	Использование двойного интеграла	1. Оптимальный выбор прямоугольной системы координат. 2. Определение формулы для вычисления искомой величины с помощью двойного интеграла. 3. Выполнение необходимых преобразований и вычислений

Действия, входящие в состав каждого приема, приведены в таблице.

В таблице приведены лишь приемы математического моделирования практико-ориентированных задач средствами математического анализа, аналогично можно выделить приемы и составляющие их действия в процессе изучения других дисциплин.

При формировании приемов математического моделирования в процессе решения практико-ориентированных задач необходимо соблюдать следующие этапы: *подготовительный, мотивационный, ориентировочный, этап формирования отдельных*

действий, составляющих прием, формирование приема в целом.

Раскроем содержание названных этапов.

1. *Подготовительный этап.* На этом этапе происходит предварительное усвоение определенных знаний и умений, составляющих теоретический базис приема. Подготовительный этап в процессе обучения явно не выделяется, так как здесь происходит усвоение знаний и умений, предусмотренных программой по дисциплине.

2. *Мотивационный этап.* На этом этапе следует убедить студентов – будущих педагогов в необходимости овладения данным приемом.

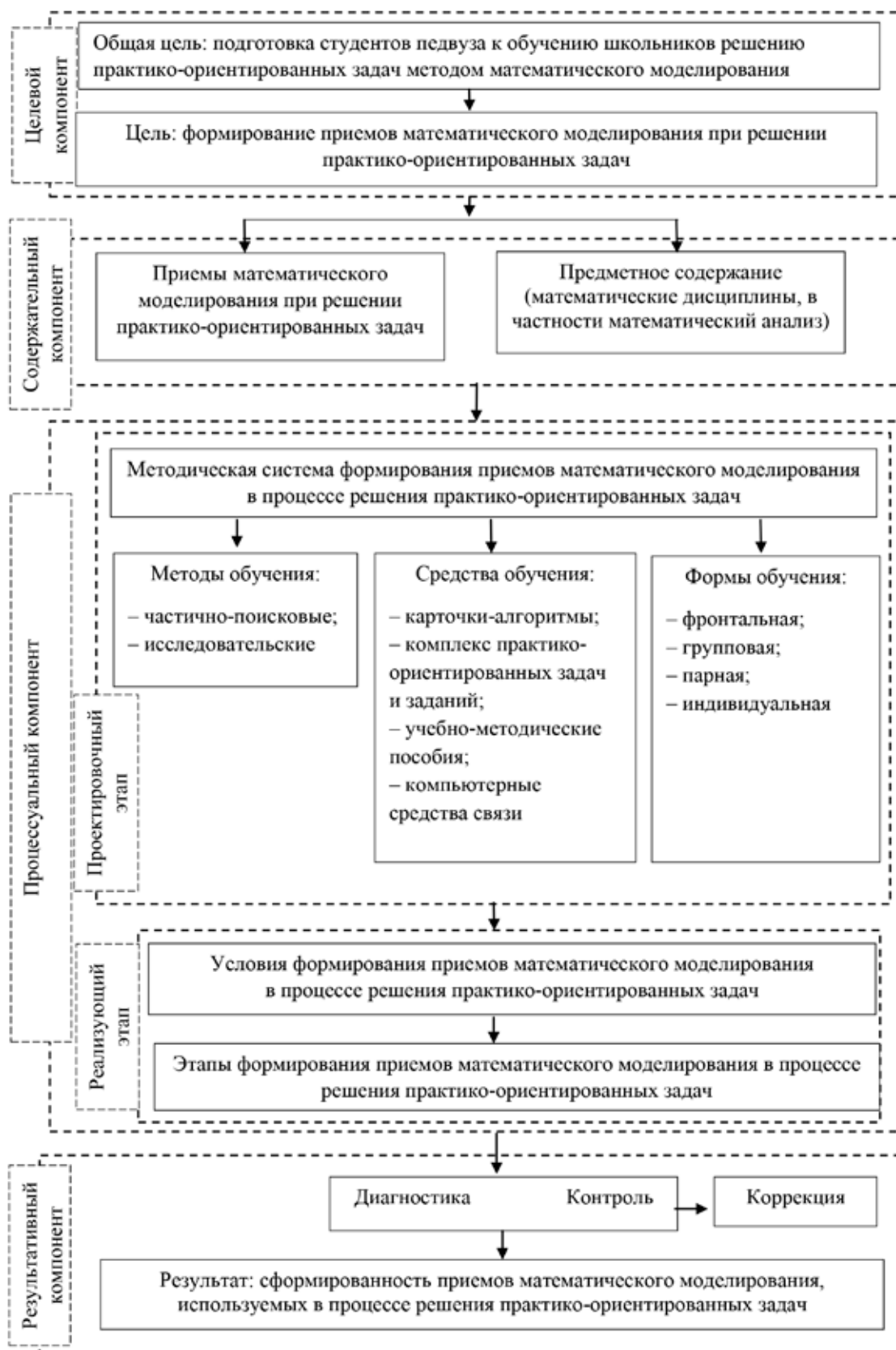


Рис. 1. Модель формирования приемов математического моделирования у студентов в процессе решения практико-ориентированных задач

Для этого можно использовать как задачи из школьного курса математики или материалов ОГЭ и ЕГЭ, так и задачи из других научных областей, из практики (разных отраслей производства), которые убеждают в необходимости овладения действиями, составляющими данный прием.

3. *Оrientировочный этап.* На этом этапе студенты должны выделить действия, составляющие прием математического моделирования. Это можно сделать путем ретроспективного анализа решения практико-ориентированных задач данного типа.

4. *Этап формирования отдельных действий, составляющих прием.* На данном этапе, используя несложные текстовые задачи в одно, два действия, следует организовать формирование отдельных действий изучаемого приема.

5. *Этап формирования приема в целом.* Целью этого этапа является синтезирование отдельных действий (умений) в целостный прием. Здесь следует использовать практико-ориентированные задачи из разных областей, решение которых требует применения значительного количества действий, составляющих прием.

Будущие педагоги должны усвоить схему поэтапного формирования приемов математического моделирования, которую они смогут применять в обучении школьников данному виду деятельности. В частности, они должны понимать, что этапы формирования приемов в обучении не следует резко отделять друг от друга, так как они тесно связаны между собой. Не стоит также строго разделять задачи, используемые на каждом из этих этапов, главное – понимать ведущую цель каждого этапа и способы ее достижения.

В целом, формирование приемов математического моделирования в процессе решения практико-ориентированных задач можно представить в виде модели (рис. 1).

Приведем примеры, иллюстрирующие приемы математического моделирования, которые можно использовать в процессе изучения математического анализа в педвузе. Например, при изучении последовательности и ее предела можно предложить студентам решить следующую текстовую задачу.

Задача 1 (из области лесозаготовок). Бревна и дрова на складах лесоматериалов укладывают в штабеля (поленницы) различной формы. Докажите, что значения коэффициента полнодревесности поленницы треугольного профиля, составленной из одинаковых цилиндрических чурок (рис. 2), не выходят из интервала $(0,60; 0,91)$ [11].

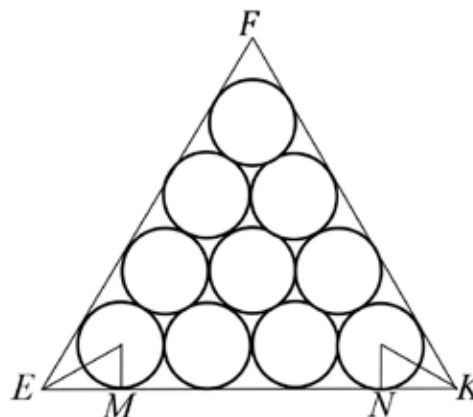


Рис. 2. Штабель с дровами

У к а з а н и е. Учет уложенных в штабеля лесоматериалов ведется с помощью коэффициента полнодревесности штабеля, под которым понимается отношение объема древесины в штабеле к геометрическому объему штабеля.

Доказательство

Для решения задачи необходимо выполнить действия:

1) *Определить форму заданного объекта.* Данная поленница представляет собой «лежащую на боку» правильную треугольную призму.

2) *Определить зависимость величин и составить функцию.* Если в первом ряду поленницы уложено k чурок, то во втором ряду их $k-1$, в третьем $k-2$, в последнем 1. Общее количество чурок в поленнице:

$$m = k + (k-1) + \dots + 1 = \frac{k(k+1)}{2}.$$

Тогда коэффициент полнодревесности поленницы будет равен:

$$n = \frac{m\pi r^2}{Sl} = \frac{k(k+1)\pi r^2}{2S},$$

где l – длина поленницы, r – радиус чурки, S – площадь поперечного сечения поленницы, т.е. площадь треугольника EFK .

Так как:

$$EK = EM + MN + NK,$$

$$EM = NK = r \operatorname{ctg} 30^\circ = r\sqrt{3},$$

$$MN = 2(k-1)r,$$

то

$$EK = 2r(k-1+\sqrt{3}).$$

Следовательно:

$$S = \frac{\sqrt{3}}{4} EK^2 = r^2 \sqrt{3} (k + \sqrt{3} - 1)^2$$

$$n_k = \frac{k(k+1)\pi}{2(k + \sqrt{3} - 1)^2 \sqrt{3}}.$$

Получили последовательность n_k . Из формулы ясно, что коэффициент полндревесности поленницы зависит только от количества k чурок в первом ряду и не зависит от их радиуса.

2) *Исследовать последовательность на монотонность*: исследуем последовательность n_k на возрастание путем определения знака разности $n_{k+1} - n_k$ и нахождения ее нижней грани. Она равна 0,60.

Чтобы получить оценку сверху, найдем предел последовательности n_k .

$$\lim_{k \rightarrow \infty} n_k = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{k(k+1)}{(k + \sqrt{3} - 1)^2} = \frac{\pi\sqrt{3}}{6} < 0,91.$$

В данном случае при решении задачи использовался прием математического моделирования – составление числовой последовательности и нахождение ее предела. Кроме того, студенты расширили свои познания в профессиональной области лесозаготовок.

Большие возможности для формирования приемов математического моделирования предоставляют практико-ориентированные задачи на оптимизацию. В школьном курсе математики это текстовые задачи на нахождение наибольшего или наименьшего значения. Большинство из них решаются с помощью производной по приведенному алгоритму (см. п. 5 таблицы 1). Приведем примеры.

Задача 2 (из области сельского хозяйства). Из трех досок одинаковой ширины сколачивается водопойный желоб для коров. При каком угле α наклона боковых стенок к основанию водопойный желоб будет иметь наибольшую вместимость?

Решение. Данная задача на нахождение наибольшего значения. Для построения ее математической модели необходимо выполнить действия.

1) *Выявить величину, о наибольшем значении которой говорится в задаче.* В задаче говорится о наибольшей вместимости желоба, который в сечении имеет форму равнобедренной трапеции, причем одно основание желоба равно боковой стороне (рис. 3).

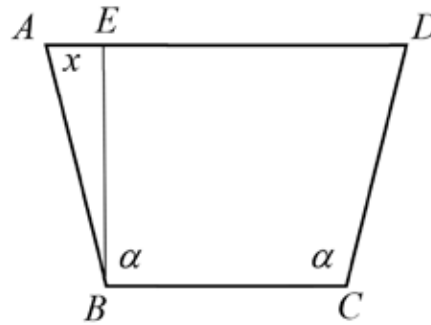


Рис. 3. Модель желоба

2) *Выбрать независимую переменную (аргумент) и указать интервал ее изменения.* Обозначим острый угол трапеции через x , где $0 \leq x \leq \frac{\pi}{2}$.

3) *Выразить величину, о наибольшем значении которой говорится в задаче, как функцию введенного аргумента.* Если ширина досок, из которых сколачивается желоб, равна a ($AB = BC = CD = a$), а острый угол трапеции равен x , то площадь трапеции равна:

$$S(x) = a^2 (1 + \cos x) \sin x \left(0 \leq x \leq \frac{\pi}{2} \right).$$

Таким образом, функция по условию задачи составлена, найдем наибольшее значение этой функции на указанном промежутке.

4) *Найти наибольшее значение функции на заданном промежутке.* Исследуем функцию на экстремум с помощью производной:

$$S'(x) = a^2 (1 + \cos x)(2 \cos x - 1).$$

Так как на отрезке $[0; \pi/2]$ одна стационарная точка $x = \pi/3$, а $S(0) = 0$,

$$S\left(\frac{\pi}{2}\right) = a^2, \quad S\left(\frac{\pi}{3}\right) = \frac{3\sqrt{3}}{4} a^2,$$

то наибольшее значение S принимает при $x = \pi/3$ или $x = 60^\circ$, тогда $\alpha = 120^\circ$.

Аналогично по такому же алгоритму решается следующая задача.

Задача 3 (из области деревообработки). На лесопильных рамах, которые предназначены для продольного пиления, бревна часто распиливают на квадратный брус и четыре доски (рис. 4) с максимальной возможной площадью поперечного сечения. Какой толщины получатся доски при такой распиловке из бревна диаметром d [11]?

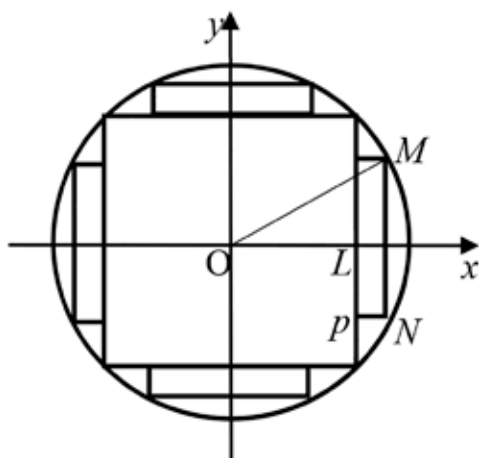


Рис. 4. Модель бруса и досок

«Результат, полученный в ходе решения этой задачи, имеет большое значение для практики. Он позволяет до распиловки бревна определить, будут ли полученные доски отвечать установленным стандартам, т.е. приемлем ли для данного бревна такой раскрой. Знание толщины досок необходимо еще и для правильной установки пил» [11, с. 22].

Задачи на оптимизацию часто возникают в области транспорта. Например, «при проектировании дорог появляется необходимость соединить подъездным путем тот или иной объект с автомагистралью. Различные экономические расчеты в таких случаях показывают, что подъездной путь должен пойти не перпендикулярно к магистрали, а под некоторым острым углом, который называется углом примыкания подъездного пути к магистрали» [11, с. 27].

Задача 4 (из области транспорта).

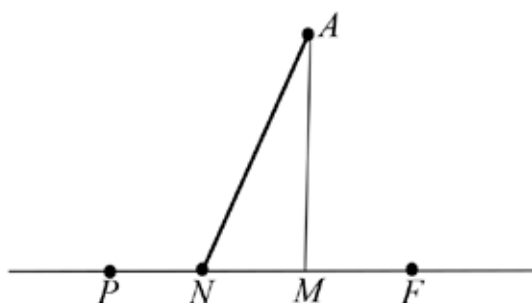


Рис. 5. Геометрическая модель к задаче 4

Центральная усадьба агрокомплекса А (рис. 5) расположена в 50 км от райцентра Р и в 30 км от магистрали, проходящей через райцентр. Под каким углом к магистрали следует провести подъездной путь из А, чтобы стоимость перевозок груза из А

в Р и из Р в А была наименьшей, если известно, что перевозка по магистрали будет обходиться агрокомплексу в 2 раза дешевле, чем по подъездному пути?

Решение. Данная задача на нахождение наименьшего значения величины. Для построения ее математической модели необходимо выполнить следующие действия.

1) *Выявить величину, о наименьшем значении которой говорится в задаче.* В задаче говорится о наименьшей стоимости перевозок груза.

2) *Выбрать независимую переменную и указать интервал ее изменения.* Пусть $MN = x$ ($0 \leq x \leq 40$).

3) *Выразить величину, о наименьшем значении которой говорится в задаче, как функцию введенного аргумента.*

$$AN = \sqrt{900 + x^2}, \quad PN = PM - x = 40 - x.$$

Если обозначить стоимость перевозки 1 т груза на 1 км по магистрали q , тогда стоимость перевозки 1 т груза от Р до А (или в обратном направлении) будет равна:

$$f(x) = q(40 - x) + 2q\sqrt{900 + x^2} \quad (0 \leq x \leq 40).$$

Итак, функция составлена, надо найти ее наименьшее значение на отрезке $[0; 40]$.

4) *Найти наименьшее значение функции на заданном промежутке.* Исследуем составленную функцию с помощью производной:

$$f'(x) = -q + \frac{2qx}{\sqrt{900 + x^2}}.$$

На данном промежутке у функции $f(x)$ одна стационарная точка $x_0 = 10\sqrt{3}$, причем

$$f(x_0) = (40 + 30\sqrt{3})q,$$

$$\text{а } f(0) = f(40) = 100q.$$

Поэтому в точке x_0 функция принимает наименьшее значение. Тогда угол примыкания:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{30}{10\sqrt{3}} = \sqrt{3}, \quad \varphi = 60^\circ.$$

Практико-ориентированные задачи из области мелиорации, гидротехники также могут быть использованы для формирования приемов математического моделирования. В качестве математической модели здесь выступает интеграл от составленной функции. Приведем пример задачи, в которой используется определенный интеграл.

Задача 5 (из области мелиорации). Найдите площадь сечения канала параболического сечения.

ского профиля, наибольшая глубина которого h , а ширина b .

Иногда для решения практико-ориентированной задачи используется математическая модель в виде двойного интеграла. Приведем пример.

Задача 6 (из области грузового транспорта). Найдите среднюю дальность езды при транспортировке зерна (от комбайна) с квадратного поля (сторона квадрата a) к дороге, совпадающей с одной из сторон квадрата.

Решение. Пусть оси координат – стороны квадрата, а дорога совпадает с осью абсцисс. Тогда из точки $M(x;y)$ поля зерно перевозится на расстояние y . Поэтому совершаемая при этом работа равна:

$$A = k \iint_D y dx dy = \frac{ka^3}{2}, \rho = \frac{a}{2}.$$

Мы привели примеры формирования у будущих педагогов приемов математического моделирования текстовых задач лишь средствами математического анализа. Перечень таких задач можно было бы продолжить, если включить в него сюжетные задачи из школьного курса математики или других математических дисциплин.

Заключение

В условиях педагогического образования на современном этапе метод математического моделирования выступает как фактор преемственности обучения математике не только между средней школой и вузом, но он имеет и обратное направление, реализующее преемственность между вузом и школой. Актуальность формирования данного метода у будущих педагогов значительно возросла в связи с широким применением практико-ориентированного обучения математике в школе. Как показало наше исследование, формирование приемов математического моделирования необходимо осуществлять по действиям, составляющим каждый прием, в соответствии с выделенными этапами. В качестве средств следует использовать практико-ориентированные задачи из разных профессиональных областей, что будет способствовать не только закреплению и углублению теоретических знаний студентов педвуза, овладению математическими умениями и навыками, но и знакомству их с особенностями будущих профессий школьников. Кроме этого, в процессе решения практико-ориентированных задач у них формируются некоторые методические умения и навыки (например, они запоминают этапы решения задачи, общую схему формирования приемов ма-

тематического моделирования). Учебный процесс в таком случае приближается к реальным жизненным условиям, что способствует овладению студентами общеучебными умениями и навыками, развитию их инициативы и самостоятельности.

Исследование выполнено в рамках гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию (Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева и Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева) по теме «Формирование приемов математического моделирования у студентов педагогического направления в процессе решения практико-ориентированных задач».

Список литературы

1. Егулова М.В. Практико-ориентированное обучение математике в школе как предмет методической подготовки учителя: монография. М.: МПГУ, 2014. 284 с.
2. Бабанская О.С. Метод математического моделирования в обучении учащихся решению прикладных задач в средней школе // *Universum: психология и образование*. 2019. № 12 (66). URL: <https://7universum.com/ru/psy/archive/item/8410> (дата обращения: 04.11.2022).
3. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (10-11 кл.). [Электронный ресурс]. URL: https://sch2057.mskobr.ru/files/FGOS_10_11.pdf (дата обращения: 04.11.2022).
4. Математическая энциклопедия. Т. 3 / гл. ред. И.М. Виноградов. М.: Советская энциклопедия, 1982. 1184 с.
5. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. Изд. 3-е, испр. М.: КомКнига, 2007. 192 с.
6. Капкаева Л.С. Геометрический метод как средство организации поисковой деятельности школьников в процессе решения алгебраических задач // *Современные проблемы науки и образования*. 2018. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28336> (дата обращения: 04.11.2022).
7. Нахман А.Д. Формирование компетенции математического моделирования в условиях реализации концепции развития математического образования // *Международный журнал экспериментального образования*. 2016. № 2-2. С. 282-286.
8. Мечик С.В., Осинцева М.А. Практико-ориентированные задачи как способ формирования навыков математического моделирования у будущих инженеров // *Гуманитарий*. 2017. № 4 (5). С. 27-29. DOI: 10.21661/r-465011.
9. Скафа Е.И., Королев М.Е. Математическое моделирование как фактор преемственности в системе общего среднего и высшего технического образования // *Непрерывная система образования «Школа – университет»*. Инновации и перспективы: сборник статей IV Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию БНТУ, Минск, 29-30 октября 2020 г. / Белорусский национальный технический университет; редкол.: О.К. Гусев, Н.А. Афанасьева, Е.К. Костюкевич. Минск: БНТУ, 2020. С. 345-348.
10. Светлова Н.И. Обучение бакалавров экономического направления математическому моделированию в вузе. автореф. дис. ... канд. пед. наук. Чебоксары, 2013. 24 с.
11. Петров В.А. Математический анализ в производственных задачах: учеб. пособие для студентов физ.-мат. пед. институтов. М.: Просвещение, 1990. 64 с.

УДК 373.2

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**Кондрашова Е.В.***ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, e-mail: elizavetakondr@gmail.com*

Понятие качества дошкольного образования менялось со временем и до сих пор претерпевает изменения, продолжая оставаться дискуссионным вопросом. Современные работы, связанные с разработкой и оценкой качества дошкольного учреждения, сводятся к тому, что современное дошкольное образование представляет собой сложное комплексное понятие. В большей части публикаций указано, что качество дошкольного образования сложно поддается оценке и для него не существует единой системы оценивания. Во многих публикациях отражен нестандартный характер федерального государственного образовательного стандарта ФГОС ДО, в котором задаются лишь целевые ориентиры, при этом и результаты, и ребенок не могут быть объектом оценки. В данной работе рассматриваются основные подходы к понятию качества дошкольного образования, предлагаемые за последние несколько лет после принятия ФГОС ДО, выявлены основные критерии оценки качества, целесообразность и возможность их применения, содержательно раскрыты основные компоненты таких инструментов оценивания, как шкалы ECERS, Внутренняя оценка качества, Рамочная концепция оценки качества и др. В работе отмечены последние наиболее актуальные исследования, целью которых является выявление основных критериев оценки качества и единой методологии для развивающего мониторинга качества дошкольного образования в РФ.

Ключевые слова: качество дошкольного образования, индикаторы качества дошкольного образования, ФГОС ДО

QUALITY CRITERIA FOR PRESCHOOL EDUCATION**Kondrashova E.V.***Moscow State National Research University of Civil Engineering,
Moscow, e-mail: elizavetakondr@gmail.com*

The concept of the quality of early childhood education has changed over time and is still undergoing changes, continuing to be a debatable issue. Modern works related to the development and assessment of the quality of a preschool institution boil down to the fact that modern preschool education is a complex complex concept. Most publications indicate that the quality of preschool education is difficult to assess and there is no single assessment system for it. Many publications reflect the non-standard nature of the federal state educational standard of the Federal State Educational Standard of the Federal State Educational Standard, which sets only targeted guidelines, while both the results and the child cannot be assessed. Keywords: quality of preschool education, indicators of quality of preschool education, FSE DO. The paper discusses the main approaches to the concept of the quality of preschool education, proposed over the past few years after the adoption of the GEF DO, identified the main criteria for assessing quality, feasibility and possibility of their application, the main components of such assessment tools as ECERS scales, Internal quality assessment, Framework concept of quality assessment, etc. The work noted the latest most relevant studies, the purpose of which is to identify the main criteria for assessing quality and a unified methodology for developing monitoring the quality of preschool education in the Russian Federation.

Keywords: quality of preschool education, indicators of quality of preschool education, fse do

Исторически сложилось так, что в России в основном государственный сектор оказывает услуги дошкольного образования. В 2013 г. был создан ФГОС ДО [1] и произошел переход дошкольного образования к работе по новым образовательным стандартам. Дошкольное образование начинает рассматриваться как первая ступень образовательного процесса. Прослеживается связь между принятым ФГОС ДО и конвенцией ООН о правах ребенка, где период детства признается самоценным.

В Законе «Об образовании в Российской Федерации» [2] под «качеством образования» понимается «комплексная характеристика образовательной деятельности и подготовки обучающегося, выражающая степень их соответствия федеральным государственным образовательным стандартам, образовательным стандартам, федеральным государственным требованиям и (или) по-

требностям физического или юридического лица, в интересах которого осуществляется образовательная деятельность, в том числе степень достижения планируемых результатов образовательной программы».

С одной стороны, данное определение представляет конкретные составляющие понятия «качество образования» как соответствие ФГОС, ФГТ и др., соответствие ожиданиям физического или юридического лица, которое можно рассматривать как заказчика образовательных услуг. То есть качество дошкольного образования – с одной стороны, соответствие стандартам, с другой стороны, удовлетворенность потребителя образовательными услугами. Если же обратиться к части определения, в которой говорится о степени достижения планируемых результатов образовательной программы, то этот параметр является сложным для определения в дошкольном образовании.

В отличие от школьного образования, где возможно проведение промежуточной и итоговой аттестации, данные процедуры запрещены в дошкольных образовательных учреждениях (ФЗ «Об образовании в РФ» № 273 п. 64), и дети не могут являться объектом оценивания. Таким образом, оценить качество образовательной деятельности дошкольного образовательного учреждения на основе достижения детьми планируемых результатов освоения основной образовательной программы нельзя.

Оценку качества можно рассматривать как сравнение функционирующей системы с заданной – той, которой она должна быть. Оценку можно осуществлять по многим компонентам, влияющим прямо или косвенно на сферу дошкольного образования: финансовое обеспечение, материально-техническое обеспечение, организация питания и т.д. Однако качество образования не всегда определяется лишь созданными для него условиями. Ремонт здания и покупка нового современного оборудования не гарантируют качества образования в дошкольном учреждении. Значит, мы опять сталкиваемся с многокомплексностью понятия качества [3].

В настоящее время не существует единых подходов, предлагаемых для оценки качества или же единых подходов для проведения мониторингов качества дошкольного образования, и можно говорить об ограниченности процесса стандартизации образования дошкольной ступени в России. Мнений о том, что представляет собой качество и как его оценить, очень много.

Рассмотрим основные подходы к понятию качества дошкольного образования, предлагаемые за последние несколько лет после принятия ФГОС ДО.

Целью исследования является выявление основных критериев оценки качества, факторов, которые считаются наиболее значимыми при оценке, целесообразности применения некоторых индикаторов оценки качества дошкольного образования в России.

Материалы и методы исследования

К основным подходам, база разработки которых отражена в открытых источниках и научных работах, можно отнести: внутреннюю систему оценки качества дошкольного образования [4], Рамочную концепцию оценки качества дошкольного образования [5], использование шкал ECERS [6, 7].

В негосударственных дошкольных образовательных учреждениях есть опыт разработки собственных программ детского сада с учетом мнения и предложений

родителей [8]. Было бы правильным, если бы родители могли сформулировать свои интересы с последующим включением их в образовательную программу дошкольного учреждения, так как его работа нацелена в том числе на удовлетворенность родителей, являющихся потребителями услуг. Правильная стратегия развития дошкольного образования – стратегия партнерства дошкольного учреждения с родителями. В ст. 44.1 ФЗ «Об образовании» отмечено, что «родители (законные представители) несовершеннолетних обучающихся имеют преимущественное право на обучение и воспитание детей перед всеми другими лицами».

Стратегия партнерства дошкольного учреждения с родителями хорошо отражена в концепции внутренней оценки качества дошкольного образования [4]. Внутренняя система оценки была осуществлена в рамках проекта «Проектирование, верификация и апробация концепции внутренней системы оценки качества дошкольного образования на основе принципов государственно-общественного управления», реализуемого Южно-Уральским государственным гуманитарно-педагогическим университетом по заданию Министерства образования и науки Российской Федерации. Цель данной разработки – установить соответствие качества дошкольного образования требованиям ФГОС ДО. Так как ФГОС ДО не предоставляет инструментов, определяющих достижение результатов, была разработана система индикаторов, отображающих качество, его динамику развития, взаимодействие между субъектами образования, совершенствование технологий, принятие оптимальных управленческих решений и т.д.

Авторы концепции считают, что она может являться единым ориентиром как для родителей, так и для педагогов. Концепция позволяет интерпретировать полученные индикаторы, по которым возможно принятие мер по приведению характеристик дошкольного образования в соответствие с ФГОС.

При разработке внутренней системы оценки применяется нормативный подход, что обусловлено нормативными документами как федерального, регионального, так и муниципального и институционального уровней. Однако, если учитывать, что в базу применения соответствующих документов могут быть также включены устав дошкольного образовательного учреждения, другие локальные нормативные акты, сложно говорить о единых общих для всех организаций измерителях качества.

Авторы концепции уточняют, что методология внутренней оценки основывается на аксиологическом, деятельностном, социокультурном, системном, компетентностном, квалиметрическом подходах, которые рассматриваются в неразрывной связи. Согласно концепции родители могут быть привлечены к оцениванию в качестве внешних экспертов. Используемыми источниками данных для оценки могут быть социологические опросы, данные мониторингов и образовательной статистики, отчеты работников дошкольных образовательных учреждений и различная документация.

Процесс внутренней системы оценки качества дошкольного образования представляет несколько этапов:

1. Установочный. Во время этого этапа проводится определение инструментария и индикаторов, по которым будет задаваться качество, будут назначаться лица, занимающиеся организацией измерения и т.д.

2. Информационно-диагностический этап. Во время этого этапа проводится сбор информации по методикам, выбранным на первом этапе.

3. Аналитика. Этап анализа результатов, сверка их с показателями, выявление причин их низких значений и т.д.

4. Предъявление полученных результатов педагогическому коллективу и внесение предложений по коррекции работы.

5. По итогам внутренней оценки готовятся отчеты, которые предоставляются работникам учреждения, родителям воспитанников, руководителям.

Результаты данной проверки могут являться основой для принятий управленческих административных решений на уровне дошкольного образовательного учреждения. Периодичность проведения внутренней оценки, показатели и форма оценивания утверждаются педагогическим советом.

Как уже было отмечено ранее, учитывая, что за основу берется в том числе нормативный подход, который подразумевает использование в том числе локальных актов организации, очевидна субъективность оценивания и отсутствие единого подхода для всех образовательных учреждений с использованием утвержденного для всех инструментария. Стоит отметить, что одной из черт данного подхода является открытость информации и привлечение родителей, что согласуется с концепцией ФГОС ДО. Родительские запросы начинают в этом случае играть большую роль при применении управленческих решений конкретного дошкольного образовательного учреждения, таким образом, очевидным становится разворот в сторону потребителя. При этом

авторы концепции отмечают, что, учитывая многогранность образовательного процесса дошкольной организации, можно предлагать много критериев для оценки ее качества. При этом стандарт качества рассматривается как некая модель, в которой сопоставляется идеальное и реальное. Также отмечается, что все критерии должны обладать прозрачностью и быть понятными всем субъектам образовательного процесса.

В качестве основных источников данных для оценки качества образования авторы концепции предлагают рассматривать: образовательную статистику, социологические опросы, отчеты педагогов и воспитателей дошкольного учреждения, практическую деятельность педагогических работников, включая посещение организованной учебной деятельности и др.

Большое внимание авторы концепции внутренней оценки уделяют самообследованию дошкольной организации. Самообследование в соответствии с действующим законодательством относится к компетенции образовательной организации (п. 3 ст. 28 ФЗ-273), осуществляется в рамках функционирования внутренней системы оценки качества образования и является обязательной процедурой, которая позволяет установить соответствие качества образовательной деятельности требованиям ФГОС ДО, провести ее анализ для принятия управленческих решений. В результате проведения процедуры предполагается наличие заполненного отчета о самообследовании, структура которого утверждена приказом Минобрнауки России от 14 июня 2013 г. № 462 [9]. Данный отчет предоставляется учредителю дошкольной образовательной организации и общественности (размещение в открытых источниках информации).

Порядок самообследования и обязанности его проведения установлены нормативной базой, однако критерии для проведения данной процедуры отсутствуют [4]. Один из вариантов проведения самообследования дошкольной организации был предложен составителями Внутренней оценки качества дошкольного образования как комплекс моделей «Самообследование дошкольной образовательной организации». Авторы предлагают решить следующие задачи: определить объекты самообследования дошкольной образовательной организации; установить системы критериев и показателей, характеризующих состояние и динамику развития качества образования в организации; обеспечить сбор точной и полной информации для осуществления аналитической деятельности в организации; своевременно выявить изменения

образовательной деятельности и вызвавших их факторов; принимать обоснованные управленческие решения по достижению качественного образования. Решение последних двух задач является наиболее актуальным для руководителей дошкольных организаций, в том числе для директоров школ территориальных образовательных комплексов.

Для проведения оценки при самообследовании организации авторам предложено восемь моделей, в каждой из которых указаны: объект самообследования, критерии, показатели, единицы измерения, количественная/качественная оценка по исследуемым показателям. Например, в Модели 1 в качестве объекта самообследования рассматривается образовательная деятельность.

Для первого критерия в модели, которым является «Удовлетворенность родителей образовательными услугами», оценивание проводится по показателям: доля родителей, удовлетворенных качеством основной образовательной программы, удовлетворенных качеством предоставляемых образовательных услуг и т.д.

По второму критерию «Разработанность основной образовательной программы ДОО» оценивание проводится по показателям: соответствие структуры и содержания каждого раздела основной образовательной программы требованиям ФГОС, наличие организационно-методического сопровождения процесса ее реализации и т.д.

Всего в Модели 1 предложено 10 критериев, количество показателей составляет 21. Качественная оценка по первому критерию проводится с использованием анкетирования родителей. В Модели 3, объектом самообследования которой является качество подготовки воспитанников дошкольной организации, содержится всего четыре критерия: удовлетворенность родителей выпускников качеством образовательных результатов (%), достижения воспитанников (%), состояние здоровья детей (%), готовность к школьному обучению (%). В зависимости от выбранной модели объектами исследования могут быть: материально-техническая база дошкольной организации, система управления ДО, организация образовательного процесса, кадровое обеспечение, функционирование внутренней системы оценки качества образования в ДОО, учебно-методическое, библиотечно-информационное обеспечение.

В качестве примера оценки качества рассмотрим применение Рамочной концепции оценки качества [5]. В данной концепции качество рассматривается как комплексная характеристика, «выражающая степень

соответствия дошкольного образования федеральному государственному образовательному стандарту...». Одной из основных задач Рамочной концепции является определение понятия качества дошкольного образования, выявление факторов, непосредственно влияющих на него, а также описание системы оценки качества и возможных механизмов управления. Согласно данной концепции на качество образования влияют как внутренние факторы (как соответствие условий, обеспеченность кадрами, пространственно-развивающая среда и т.д.), регулирование которых входит в компетенцию самих дошкольных учреждений, так и внешние (индивидуальные особенности детей, влияние семьи, социально-экономическая ситуация и т.д.), то есть те факторы, которые сложно контролировать. Поэтому при применении Рамочной концепции считается, что внешние факторы включать в систему оценки качества не нужно, однако следует учитывать их возможное влияние.

Авторы концепции отмечают, что прекрасно разработанная образовательная программа, как и отличные условия осуществления самого образовательного процесса не являются гарантией качества дошкольного образования. При этом в Рамочной концепции основными параметрами качества оценки являются те, которые связаны с основной образовательной программой дошкольной организации и представляют собой единую систему для комплексной оценки, состоящую из трех групп.

Первая группа представляет соответствие разработанной и реализуемой образовательным учреждением образовательной программы требованиям действующих нормативных правовых документов, условий реализации образовательной программы.

Ко второй группе относятся индикаторы, показывающие, соответствуют ли условия реализации программы. В третьей группе по параметрам определяется согласованность результатов. В концепции предлагается создать математическую модель, позволяющую получить измеримые результаты: а именно перейти от оценки с использованием «соответствует», «не соответствует», «частично соответствует» к балльной шкале, к матричному виду, используя соотношение суждения с оценкой: «соответствует» – 2 балла, «частично соответствует» – 1 балл, «не соответствует» – 0 баллов. При этом необходимо указывать пороговые значения, учитывающие соответствие совокупных результатов как в итоговой сумме, так и с разбивкой на оцениваемые подразделы.

В Рамочной концепции выделено несколько параметров, индикаторов качества

дошкольного образования. Например, раздел «Соответствие разработанной и реализуемой образовательным учреждением ООПДО требованиям действующих нормативных правовых документов» содержит 35 параметров для оценивания, таких как направленность на формирование общей культуры, развитие физических, интеллектуальных и личностных качеств и др. Во втором разделе содержится 92 параметра для оценки, в том числе, например, организация системы мониторинга достижения детьми планируемых результатов освоения образовательной программы. Третий раздел содержит 18 пунктов для оценивания, которые могли бы быть дополнены в случае изменения законодательства. Таким образом, оценка качества с использованием Рамочной концепции должна проводиться по более чем 140 индикаторам.

Принимая во внимание законодательство в сфере образования в РФ, предложенная Рамочная концепция не может быть реализована с учетом всех параметров и подходов к оценке качества дошкольного образования, поэтому предлагается внести изменения в законодательные акты РФ для осуществления контроля качества [5].

Несмотря на попытку построения четкого инструмента оценки качества дошкольного образования, можно говорить о том, что она строится более на нормативном подходе, скорее с учетом требований федеральных государственных требований, а не ФГОС ДО. Соответственно, при опоре на нормативный подход данная концепция вступает в противоречие с ФГОС ДО, что отмечают некоторые авторы [10].

Оценка качества в условиях вариативности возникла в связи с принятием самой идеи вариативности как ценности дошкольного детства, которая содержится в ФГОС ДО. Одним из основных вопросов становится: можно ли в условиях вариативности сохранить единое образовательное пространство и как контролировать качество дошкольного образования? Решать проблему осуществления контроля предлагается, проводя измерение образовательного процесса самими педагогами с учетом их рефлексии. Проводить оценку и интерпретировать результаты оценки должны те, кто осуществляет педагогическую деятельность, то есть сами сотрудники. При этом результаты не должны нести строгих административных мер, так как чрезмерный контроль может приостановить развитие, которое предполагается во ФГОС.

Принятие ФГОС ДО привело к тому, что сами образовательные учреждения должны корректировать свою деятельность.

Должны, но испытывают ли они необходимость в этом? Точнее осознают ли эту необходимость руководители образовательных учреждений? Такая корректировка носит рефлексивный характер, который предполагает ориентацию на результаты мониторингов и самообследований образовательной организации. Однако при проведении такого внутреннего контроля и соответствующей оценки качества появляется опасность субъективного оценивания изнутри, возможность того, что данное оценивание не позволит получить реальных данных. И данные могут быть сформированы, например, в пользу намеренного повышения выходных оценок, или же могут быть недооценены или переоценены отдельные характеристики, что может быть объяснено личными предпочтениями или внутренней мотивацией сотрудников. Когда систему оценивают субъекты, находящиеся внутри нее, возможно возникновение вышеуказанных сложностей и необъективности оценки.

В качестве решения может быть предложен такой вариант оценки качества, как система ECERS, которая была апробирована в России сравнительно недавно [11].

Если коротко сформулировать основные принципы системы ECERS, то она представляет собой внешнюю оценку дошкольного образования со стороны профессиональных экспертов. Можно сказать, что она, по сути, противоположна внутренней системе оценивания дошкольного образования. В структуру оценивания входят 43 пункта, относящиеся к одной из категорий («Предметно-пространственная среда», «Присмотр и уход за детьми», «Речь и мышление», «Виды активности», «Взаимодействие», «Структурирование программы», «Родители и персонал»). Каждая из категорий содержит отдельные показатели (индикаторы) оценивания. Количество индикаторов изменяется от 4 (как в категории «Речь и мышление») до 10 (как в категории «Виды активности»). Считается, что эти показатели-индикаторы охватывают всю образовательную среду. Эксперты выставляют оценку по семибалльной шкале по каждому из показателей. Шкалы ECERS (Early Childhood Environment Rating Scales) представляют собой распространенный инструмент оценки качества дошкольного образования в зарубежных странах [12].

Начиная с 2000-х гг. было проведено более 80 исследований с использованием этих шкал. Этот инструмент оценивания применяется и в США, и в Южной Корее, и в ряде европейских стран, что свидетельствует о том, что он удовлетворяет современным представлениям о качестве

дошкольного образования среди большого количества стран, чьи образовательная политика и результаты считаются успешными. В ECERS-R входят 7 подшкал: предметно-пространственная среда, присмотр и уход за детьми, речь и мышление, виды активности, взаимодействие, структурирование программ, родители и персонал. Шкалы ECERS были апробированы сотрудниками лаборатории развития ребенка Института системных проектов Московского городского педагогического университета под руководством И.Б. Шияна и О.А. Шиян [6, 11] для того, чтобы определить возможность применения данной системы для возможного оценивания качества дошкольного образования в России.

При проведении апробации повышенное внимание уделялось подготовке экспертов, которые и проводят внешнее оценивание, находясь в течение нескольких часов в детском саду и являясь непосредственными наблюдателями образовательного процесса и оценивания образовательной среды. В результате авторы исследования считают, что ECERS возможно использовать в качестве стандартизированного инструмента оценивания качества дошкольного образования в России.

Следует заметить, что в представлениях о качестве образования как в США, так и в европейских странах оно представлено двумя категориями: как структурное качество (Structural quality) и качество процесса (Process quality) [13]. Структурное качество характеризуется количественными характеристиками (например, количество детей в группе, квалификация педагогов и т.д.). Качество процесса относится к взаимодействию ребенка с пространством и средой. При исследовании этого параметра качества рассматриваются взаимодействия детей друг с другом, между педагогами и детьми и др. [14]. Считается, что структурное качество оказывает косвенное влияние на развитие и обучение детей дошкольного возраста, при этом качество процесса оказывает непосредственное влияние на развитие и образование детей. Очевидно, что структурное качество отвечает за предметно-пространственную среду. А она, в свою очередь, должна позволять ребенку быть активным и развиваться. Однако лишь в тесной взаимосвязи двух этих категорий может быть получен оптимальный результат.

Создатели ECERS понимают под образовательной средой организацию пространства (согласно ФГОС ДО можно рассматривать как «Предметно-пространственную среду»), взаимодействие и характер общения между педагогами, детьми и т.д. Мож-

но говорить о том, что шкалы оценки охватывают многие характеристики условий пребывания ребенка в детском саду и находят соответствие в ФГОС ДО. В исследовании «Москва-36» [11], проводимом в средних группах детских садов одного из округов Москвы, был применен инструмент ECERS для оценивания. Выбор таких групп обусловлен мнением авторов, которые полагают, что характеристики среды, находящие свое отражение в ECERS, являются наиболее важными для детей возраста 4–5 лет. Результатом исследования явилось, что в среднем качество образования можно считать «выше минимального», а именно чуть выше 3 баллов (где 7 баллов выставались в категории «отлично», 5 баллов выставались за хорошее качество, 3 балла – за минимальное, 1 балл – если качество было неудовлетворительным).

При интерпретации показателей было выявлено, что предметно-пространственная среда недостаточно насыщена, чтобы целиком ориентироваться на детские потребности и спонтанную деятельность (например, недостаточное оснащение игровых зон, позволяющих трансформировать пространство, уголки по интересам). Также авторы отметили, что хотя помещения отмечены как приспособленные для детей, тем не менее они не ориентированы на развитие индивидуальности и детской инициативы (как, например, трансформация пространства для игр или отсутствие индивидуального подхода к детям, которые не спят днем или просыпаются раньше остальных). Однако эти требования являются важными и отмечены в ФГОС ДО: как, например, индивидуализация образовательного процесса, создание мобильной и доступной среды. Авторы исследования продемонстрировали, что ECERS может выявить основные дефициты дошкольного образования в конкретном учреждении.

По мнению О.А. Шиян, которая занималась апробацией ECERS в России, шкалы ECERS-R – это инструмент оценки, а не контроля качества.

Как отмечает Е.Г. Юдина, заведующая кафедрой управления дошкольным образованием МВШСЭН, в системе оценки качества обязательно должна быть задействована экспертиза психолого-педагогических условий реализации программы. Под психолого-педагогической экспертизой понимают одну из форм психолого-педагогического сопровождения, способствующую реализации психолого-педагогических условий ФГОС общего образования. Три важных этапа проведения экспертизы такого плана: наблюдение в группе по показателям

и индикаторам с оцениванием, анализ документов, проведение опросов родителей, педагогов, административного персонала дошкольного учреждения. При предложенной Е.Г. Юдиной [15] оценке качества дошкольной образовательной организации проводится как внешняя оценка экспертной комиссией (которая выставляется при работе внешних экспертов, подсчет производится от 0 до 3 баллов), так и внутренняя, которая представляет собой самоанализ, инструмент для рефлексии педагогов. Е.Г. Юдина отмечает, что данный инструмент (внутренняя оценка) может быть и единственным этапом проведения оценки качества. Однако, как было отмечено выше, при проведении только внутренней оценки, основанной в основном на внутреннем контроле, появляется опасность субъективного оценивания изнутри, возможность того, что оно не позволит получить реальных данных. Когда систему оценивают субъекты, находящиеся внутри этой системы, возможно возникновение вышеуказанных сложностей и необъективности, данные могут быть сформированы, например, в пользу намеренного повышения выходных оценок или же могут быть недооценены или переоценены отдельные характеристики, что может быть объяснено личными предпочтениями.

В последнее время методика CLASS (Classroom Assessment Scoring System) [16] приобретает все большую популярность. Данная методика построена на наблюдении по жестко заданным правилам за взаимодействием взрослого с ребенком или взрослых с группой детей, причем это взаимодействие отслеживается в течение дня в группе детского сада (также может использоваться в качестве инструмента до третьего класса начальной школы, как отмечают авторы методики). Данная методика является инструментом для экспертного наблюдения. В методике содержится 3 подшкалы, которые формулируются в терминах действий педагогов, что дает возможность реально оценить взаимодействие в группе [15]. Подшкалы из методики CLASS: эмоциональная поддержка; организация группы детей (способы установления дисциплины); поддержка с помощью инструкций, качество инструкций (например, формулировки вопросов). Данная методика позволяет проанализировать, как педагоги используют ту образовательную среду, которая у них есть. Оценивается как внеучебное, так и обучающее взаимодействие. При этом в данном инструменте не используется оценивание детских результатов напрямую, а оценива-

ется взаимодействие педагогов с детьми, что соответствует требованиям ФГОС ДО. Было обнаружено, что на развитие ребенка влияют как особенности физической среды, так и взаимодействия педагога с детьми [11] (О.А. Шиян, 2012). Под высоким уровнем взаимодействия педагогов понимают умение воспитателей-педагогов стимулировать детское учение, оказывать поддержку, предоставляют обратную связь в ответе на вопрос и т.д.

Результаты исследования и их обсуждение

Заметим, что последнее время проводится все больше исследований, связанных с качеством дошкольного образования, целью которых является выявление основных его критериев и единой методологии для развивающего мониторинга качества дошкольного образования в РФ.

Среди Национальных исследований качества образования, проводимых Федеральным институтом оценки качества образования, в том числе было проведено трехлетнее исследование (2016–2018 гг.) с использованием международного инструмента «Шкалы комплексной оценки качества образования в дошкольных образовательных организациях ECERS-R» [17].

В исследовании принимали участие 289 дошкольных образовательных организаций из 39 субъектов Российской Федерации. Результаты показали, что между отдельными параметрами образовательной среды детского сада и отдельными аспектами развития дошкольников существует значимая связь, при которой более высокий уровень качества образовательной среды дошкольной образовательной организации позволяет достичь более существенных успехов в развитии ее воспитанников. В сводном отчете о результатах исследования качества было отмечено, что сильные стороны садов в Российской Федерации – хорошее пространство, мебель, соответствующая возрастным нормам, безопасность.

Говоря о недостатках, авторы отмечают, что в образовательной деятельности детских садов замечена низкая степень поддержки детской инициативы при освоении различных образовательных областей (в основном детская инициатива поддерживается во время свободной игры и прогулки). По результатам исследования было сформировано деление на три уровня качества образовательной среды дошкольной образовательной организации, в зависимости от баллов по различным индикаторам: высокий, средний и низкий уровни.

Среди дошкольных образовательных организаций, участвовавших в исследовании, было выявлено 49 организаций, средний балл по шкале ECERS-R которых лежал в диапазоне от 4,6 до 6,5 баллов, что составляет 22,5% от общего числа организаций, принимавших участие в исследовании. Среди дошкольных образовательных организаций, участвовавших в исследовании, было выявлено 114, средний балл по шкале ECERS-R которых лежал в диапазоне от 3,1 до 4,5 баллов, что составляет 52,3% от выборочной совокупности. Результаты с низким уровнем качества образовательной среды среди дошкольных образовательных организаций, участвовавших в оценке, было выявлено 55 организаций, средний балл по шкале ECERS-R которых был три или менее баллов, что составляет 25,2% от выборочной совокупности. В 2019 г. Национальным институтом качества образования было проведено «Национальное исследование качества дошкольного образования – 2019» (Исследование качества дошкольного образования с целью создания базы для формирования единого образовательного пространства Российской Федерации, единой методологии для развивающего мониторинга качества дошкольного образования РФ).

В целях подготовки к мониторингу качества дошкольного образования (МКДО) было проведено лонгитюдное исследование (2016–2018 гг.). Исследование качества образовательной среды дошкольных образовательных организаций проводилось с использованием международной системы шкал ECERS-R и комплексного исследования когнитивного развития дошкольников во взаимосвязи с различными параметрами образовательной среды дошкольной образовательной организации.

Для систематизации разносторонней информации о качестве дошкольного образования в ходе МКДО было рассмотрено 12 областей качества (образовательная программа, квалификация педагогов и др.), включающие в себя 90 показателей, таких как, например, «развитие речевого слуха», «развитие письменной речи» и др. Каждый из 90 показателей содержал более 10 индикаторов качества к каждому показателю. По результатам внутренней оценки по Шкалам МКДО от 40% до 65% ДОО достигают и превышают базовый уровень в зависимости от рассматриваемой области качества (как, например, область качества «Образовательные условия», область качества «Организация образовательного процесса» и др.).

В настоящий момент изучение полученных данных в ходе исследования продолжается. В нескольких регионах РФ проводится апробация МКДО. Изучая многочисленные источники, можно сделать вывод, что мы сталкиваемся с многокомплексностью понятия качества.

В 2021 г. Рособрудзор перевел мониторинговые мероприятия в сфере дошкольного образования на единую методологическую базу концепции МКДО во всех регионах Российской Федерации в режиме опытной эксплуатации.

В каждом из рассмотренных выше подходов конструкт качества определяется исходя из определенных критериев, количество индикаторов измерения достигает порой более 140 показателей.

В случае единой монопрограммы можно было бы избежать сложностей при создании механизмов оценивания, выделяя единые характеристики, которым должны соответствовать все дети, относящиеся по возрасту к системе дошкольного образования. Однако этот подход является опасным, так как дошкольное детство обладает определенными специфическими характеристиками, как, например, гетерохронное развитие ребенка, что обуславливает неравномерное достижение личностных результатов [18, 19].

Также единство требований и критериев оценки качества дошкольного образования не может быть установлено в связи с тем, что, с одной стороны, может возникнуть субъективное восприятие оцениваемых параметров, с другой стороны, на территории Российской Федерации субъекты имеют свои особенности, например национально-культурные, что также может влиять на систему оценивания. Таким образом, сложно говорить о наличии единого инструментария оценки качества дошкольного образования.

Заключение

На основе изученных источников мы приходим к выводу, что конструкт качества дошкольного образования продолжает развиваться, до сих пор нет единого инструментария по оценке качества, отсутствует системное представление. Так, при исследовании конструкта качества мы рассматривали его как как недоступную непосредственному наблюдению сущность, но выстраиваемую логическим путем на основе наблюдаемых признаков. Понятие качества дошкольного образования менялось со временем и до сих пор претерпевает изменения, продолжая оставаться дискуссионным вопросом.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.10.2013 № 1155 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта дошкольного образования». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70412244/?ysclid=lb7v1qwjad204139053> (дата обращения: 03.12.2022).
2. Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.12 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/77308190/?ysclid=lb7v43kzp2914708863> (дата обращения: 03.12.2022).
3. Кондрашова Е.В. Конструкт качества дошкольного образования в России // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 9. С. 219–223.
4. Едакова И.Б., Колосова И.В., Артеменко Б.А., Селиверстова И.А., Семенова М.Л., Мишанова О.Г. Концепция внутренней системы оценки качества дошкольного образования. Челябинск: Издательство «ЮУрГГПУ», 2017. 53 с.
5. Федина Н.В. Единая Рамочная Концепция. «Институт стратегических исследований в образовании». [Электронный ресурс]. URL: https://flajok.okis.ru/files/1/3/2/1328/fgos/Edin_concept_DO.pdf (дата обращения: 27.07.2021).
6. Шиян И.Б., Зададаев С.А., Леван Т.Н., Шиян О.А. Апробация шкал оценки качества дошкольного образования ECERS-R в детских садах города Москвы // Вестник МГПУ. 2016. С. 77–92.
7. Vermeer H.J., van IJendoorn M.H., Carcamo R.A., Harrison L.J. Quality of Child Care Using the Environment Rating Scales: A Meta-Analysis of International Studies. *International Journal of Early Childhood*. April 2016. Vol. 48. Issue 1. P. 33–60.
8. Абанкина И.В. Векторы развития дошкольного образования // Образовательная политика. 2015. № 1 (67). С. 26–38.
9. Приказ Министерства образования и науки РФ от 14 июня 2013 г. № 462 «Об утверждении Порядка проведения самообследования образовательной организацией» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70405358/?ysclid=lb7vie9n7e195050007> (дата обращения: 03.12.2022).
10. Слепцова И. Оценка качества дошкольного образования в условиях вариативности // Управление ДОО. 2018. № 10. С. 13–20.
11. Реморенко И.М., Шиян О.А., Шиян И.Б., Шмис Т.Г., Леван Т.Н., Козьмина Я.Я., Сивак Е.В. Ключевые проблемы реализации ФГОС дошкольного образования по итогам исследования с использованием «Шкал для комплексной оценки качества образования в дошкольных образовательных организациях (ECERS-R)»: «Москва-36»* // Теория и практика образования. 2017. С. 16–31.
12. Хармс Т., Клиффорд Р.М., Крайер Д. Шкалы для комплексной оценки качества образования в дошкольных образовательных организациях. ECERS-R: перераб. изд. М.: Национальное образование, 2017. 136 с.
13. Slot P. Structural characteristics and process quality in early childhood education and care: A literature review. 2018. OECD Education Working Papers. No. 176. OECD Publishing, Paris. DOI: 10.1787/edaf3793-en.
14. Cryer D., Harms T., Riley C. All about the ECERS-R: A detailed guide in words in pictures. Lewisville, NC: PACT House, 2003. P. 1–440.
15. Юдина Е.Г. Оценка качества дошкольного образования: сравнительный анализ российской и международной практики, 2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://socionet.ru/~cyrcitec/mrp-pdf/ppaper/mak18.pdf> (дата обращения: 03.12.2022).
16. Pianta R.C., La Paro K.M., Hamre B.K. Classroom Assessment Scoring System (CLASS™) Manual, Pre-K., 2008. DOI:10.4135/9781483340333.n68. [Электронный ресурс]. URL: https://fioco.ru/Media/Default/Documents/NIKO/Issledovaniye_kachestva_doshko_inogo_obrazovaniya_2016_2017_2018_.pdf (дата обращения: 20.08.2021).
17. Безруких М.М., Фарбер Д.А. Актуальные проблемы физиологии развития ребенка // Новые исследования. 2009. № 3. С. 4–19.
18. Безруких М.М., Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А. Психофизиология ребенка. М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2005. 496 с.

УДК 378.147

К ВОПРОСУ О ПЛАНИРОВАНИИ И РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ СТУДЕНТОВ

Красноперова С.А., Барданова О.Н., Дё А.Д., Дорофеев Н. П., Седов Н.В.

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», Ижевск,

e-mail: krasnoperova_sve@mail.ru, bardanova_on@udsu.ru,

sashade2020@mail.ru, dorofeevnp@mail.ru, nvsedov@mail.ru

В статье затрагивается проблема планирования и реализации научно-исследовательских работ студентов (НИРС) региональных вузов. Для решения данной проблемы кафедра геологии нефти и газа проводит совместную работу с профильными организациями. В работе приводятся основные принципы планирования, реализации и написания научно-исследовательских работ студентов специальности Прикладная геология, осуществляемые при помощи учебно-лабораторных комплексов Института нефти и газа им. М.С. Гусериева, а также учебных и производственных практик, проходящих на базе ведущих нефтяных компаний Удмуртской Республики. Системный подход знакомства со структурой предприятий, их картографическими материалами и нормативными документами, отчетами о выполненных на объекте работах, техническим заданием, проектом разработки позволяет студентам осуществить комплексный сбор материалов для проведения научно-исследовательских работ, благодаря которым они приобретают умения и навыки при формулировании проблемных вопросов в области их профессиональной деятельности; аргументируют свою точку зрения при решении профессиональных задач; имеют возможность самореализации своих планов и наработок. Также они приобретают умение анализировать и систематизировать сведения в области геологического строения залежей в процессе подготовки литературного обзора по теме исследования; понимать и объяснять явления, изучаемые в ходе эмпирического исследования, а также могут освоить соответствующие профессиональные компетенции. Совместная работа с профильными организациями и ведущими специалистами нефтяных компаний позволила студентам участвовать в различных конкурсах, научно-практических конференциях и мероприятиях всероссийского и международного уровня, а также быть конкурентоспособными на рынке труда.

Ключевые слова: нефть, месторождение, извлекаемые запасы, продуктивные отложения, пласт, варианты разработки

TO THE QUESTION OF PLANNING AND IMPLEMENTATION OF STUDENTS' RESEARCH WORKS

Krasnoperova S.A., Bardanova O.N., De A.D., Dorofeev N.P., Sedov N.V.

Udmurt State University, Izhevsk, e-mail: krasnoperova_sve@mail.ru, bardanova_on@udsu.ru,

sashade2020@mail.ru, dorofeevnp@mail.ru, nvsedov@mail.ru

The article touches upon the problem of planning and implementation of research works of students (R&D) of regional universities. To solve this problem, the Department of Oil and Gas Geology conducts joint work with specialized organizations. The basic principles of planning, implementation and writing of research papers of students of the specialty Applied Geology, carried out with the help of educational and laboratory complexes of the Institute of Oil and Gas named after M.S. Gutseriev, as well as educational and production practices held on the basis of the leading oil companies of the Udmurt Republic, are given. The systematic approach of familiarization with the structure of enterprises, their cartographic materials and regulatory documents, reports on work performed at the facility, technical assignment, development project allows students to carry out a comprehensive collection of materials for research, thanks to which they acquire skills and abilities in formulating problematic issues in the field of their professional activities; they argue their point of view when solving professional tasks; they have the opportunity to self-actualize their plans and developments. They also acquire the ability to analyze and systematize information in the field of the geological structure of deposits in the process of preparing a literary review on the topic of research; to understand and explain the phenomena studied in the course of empirical research, as well as to master the relevant professional competencies. Joint work with specialized organizations and leading specialists of oil companies allowed students to participate in various competitions, scientific and practical conferences of the All-Russian and international levels of events, as well as to be competitive in the labor market.

Keywords: oil, field, recoverable reserves, productive deposits, reservoir, development options

В настоящее время прослеживаются проблемы при организации, планировании и реализации научно-исследовательских работ студентов (НИРС). Приобщение студентов к исследовательской работе и повышение международной конкурентоспособности выпускников – это задачи высших учебных заведений (вузов) [1, 2]. Для достижения требований федеральных государственных стандартов в области НИРС кафедра геологии нефти и газа проводит

совместную работу с профильными организациями и занимается разработкой тематик работ студентов специальности Прикладная геология в области геолого-геохимических, геолого-экологических и геофизических исследований, проводимых в рамках производственных и учебных практик. Знания, умения, навыки, полученные на соответствующих практиках, позволяют студентам регулярно принимать участие в различных конкурсах, научно-практических конфе-

ренциях всероссийского и международного уровня [3, 4]. Таким образом, авторами данного исследования в качестве цели были определены: разработка, планирование, реализация научно-исследовательских работ студентов для освоения общепрофессиональных и профессиональных компетенций. К задачам относятся:

- разработка, планирование и реализация НИРС совместно профильными организациями на базе их лабораторий;
- вовлечение студентов в научно-исследовательскую деятельность, приобщение к решению задач, имеющих практическое значение для развития предприятий отрасли;
- создание совместных научно-исследовательских конференций с ведущими специалистами нефтяных компаний [2].

Материал и методы исследования

В исследовании использовался анализ научно-исследовательских работ производственных и учебных практик студентов специальности Прикладная геология в рамках образовательной программы специалитета. В качестве средств оценивания сформированности общепрофессиональных и профессиональных компетенций применялись лабораторные, геолого-геофизические и гидродинамические исследования студентов, выполненные на базе указанных практик, а также знания, умения, навыки, приобретенные в ходе организации научно-исследовательской деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

Студенты занимаются исследованием керна, выполняют его макроскопическое описание после продольного гаммасканирования и продольной распиловки; изучают особенности геологического строения залежей (характеристики их внешних границ; определение положения ВНК (ГНК, ГВК) по данным изучения керна, ГИС, результатам опробования); исследуют фильтрационно-емкостные свойства коллекторов по результатам лабораторных, геофизических и гидродинамических исследований скважин; параметры неоднородности продуктивного пласта (коэффициенты расчлененности, эффективной толщины (песчаности), литологической связанности, литологической выдержанности); физико-химические характеристики флюидов; занимаются описанием открытых или ожидаемых нефтегазовых горизонтов, сводных литолого-стратиграфических разрезов и т.д.

Разработка, планирование и написание НИРС осуществляются при помощи учеб-

но-лабораторных комплексов Института нефти и газа им. М.С. Гучериева, а также учебных и производственных практик, проходящих на базе ведущих нефтяных компаний Удмуртской Республики.

В зависимости от специфики производства студентов знакомят с некоторыми деталями геолого-геофизических и геолого-геохимических исследований. Так, к примеру, на предприятиях поисково-разведочного бурения они принимают участие в построении литолого-стратиграфических, геологических или геолого-сейсмических разрезов отдельных скважин; занимаются изучением и описанием керна по отдельным скважинам или горизонтам (на буровых в процессе отбора керна или в кернохранилищах); получают необходимые знания об основных методах и возможностях каротажа, а также навыки при построении схем корреляции по 2–3 скважинам в интервалах продуктивных горизонтов.

Студенты совместно с геологами предприятия имеют возможность ознакомиться с геолого-технологическими операциями и исследованиями, ведущимися в процессе бурения (отбор керна и шлама, проведение ГИС – геофизических исследований в скважинах, контроль за техническим состоянием скважин).

В результате ознакомления с указанными операциями они приобретают умения и навыки в области геологоразведочных работ, а именно:

- при изучении методик обоснования заложения поисковых или разведочных скважин на площади на базе исходных сейсмических карт и результатах бурения глубоких скважин;
- при выяснении физических основ геофизических методов разведки (гравиметрии, магниторазведки, электроразведки и сейсморазведки);
- при освоении возможности каждого метода для картирования глубинных геологических структур (антиклиналей, разломов, соляных куполов, рифовых массивов, поверхностей несогласий и др.);
- при проведении сейсморазведки МОГТ и определении ее роли в выявлении и подготовке поднятий к глубокому поисковому бурению;
- при изучении методик полевых сейсмических работ и назначении используемой аппаратуры (сейсмостанции, косы, сейсмодатчики, установки для возбуждения упругих колебаний);
- при освоении принципов интерпретации сейсмических данных, понятия о временах и скоростях прохождения упругих волн.



Рис. 1 (а, б, в). Схема планирования исследования научно-исследовательской работы студента [6]

Системный подход к знакомству с картографическими материалами и нормативными документами, отчетами о выполненных на объекте работах, техническим заданием, проектом разработки позволяет студентам осуществить комплексный сбор материалов для проведения научно-исследовательских работ, благодаря которым они приобретают умения и навыки при формулировании проблемных вопросов в области их профессиональной деятельности; аргументируют свою точку зрения при решении профессиональных задач; имеют возможность самореализации своих планов и наработок. Также они приобретают умение анализировать и систематизировать сведения в области геологического строения залежей в процессе подготовки литературного обзора по теме исследования; понимать и объяснять явления, изучаемые в ходе эмпирического исследования.

Планирование исследования НИРС

Научно-исследовательская работа осуществляется в соответствии с разработанным планом под руководством научного руководителя или руководителя производственной практики от кафедры. На рисунке 1 (а, б, в) представлен алгоритм планирования исследования научно-исследовательской работы студента. В общем виде он состоит из трех компонентов:

- 1) разработка концепции исследования;
- 2) сбор эмпирических данных;
- 3) описание, обработка и интерпретация результатов исследования.

Обработка данных осуществляется преимущественно в пакетах программ STATISTICA и MS EXCEL [5].

По такому принципу могут подразделяться научно-исследовательские работы кафедры геологии нефти и газа, связанные с геолого-геохимическими, геофизическими и эколого-геологическими исследованиями.

В зависимости от цели и задач пункты алгоритма могут меняться, но основное содержание остается на таком уровне.

При планировании НИРС особое значение придается обоснованию выбора тематики и методов исследования. Последние подразделяются на несколько видов (рис. 2). При геологических исследованиях студент должен перечислить методики, используемые в эмпирическом исследовании, с указанием соответствующего автора. При проведении НИРС студент применяет умения и навыки интерпретации данных. *Интерпретация* – это объяснение того или иного результата эмпирического исследования с точки зрения теоретико-методологических оснований исследования [6]. Таким образом, студент должен объяснить, почему им были получены именно эти результаты и что они означают. Также нужно выявить основные закономерности проведения того или иного исследования. Описание и интерпретация эмпирических данных и результатов исследования должны быть корректными, содержательными, отражать суть проводимых исследований.



Рис. 2. Виды методов исследований при планировании НИРС



Рис. 3. Требования к изложению научного материала НИРС

Эмпирическая и статистическая обработка результатов исследований способствует формированию у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций в области своей специализации. Навыки работы с данными различными методами анализа, полученными в ходе НИРС, позволяют освоить методологическую часть какого-либо исследования, углубить свои знания и умения в области профессиональной деятельности, научиться систематизировать научные сведения о проблеме исследовательской работы.

При написании НИРС студентам необходимо соблюдать требования по оформлению исследовательской работы, а также выдерживанию научного стиля при изложении проанализированного материала, который складывается из следующих пунктов (рис. 3).

Объективность, логичность, доказательность, насыщенность фактической информации и точность изложения исследовательской работы – это одни из самых важных пунктов планирования НИРС. Студент при изложении материала должен из-

бегать неоднозначных суждений, стараться придерживаться логики изложения материала, разбивая его на отдельные последовательные этапы исследований, имеющие определенную взаимосвязь между собой.

Заключение

Таким образом, научно-исследовательская работа студентов – неотъемлемая часть учебного процесса, позволяющая на базовом и повышенном уровне освоить соответствующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции образовательной программы, реализация которой в большей степени осуществляется благодаря научной базе производственных и учебных практик. Совместная работа и планирование НИРС с профильными организациями позволяют решить многие проблемы региональных вузов, связанные с оснащением необходимым оборудованием для проведения исследовательских работ. Кроме того, студенты все больше становятся востребованными на рынке труда, а некоторые из них участвуют в развитии научной деятельности соответствующей отрасли.

Список литературы

1. Доценко О.А. Использование проектно-ориентированного подхода при выполнении студентами научно-исследовательской работы // Современные тенденции развития непрерывного образования: вызовы цифровой экономики: материалы международной научно-методической конференции. 2020. (Томск, 30–31 января 2020 г.). Томск: Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2020. С. 159–160.
2. Боков Л.А., Катаев М.Ю., Поздеева А.Ф. Технология группового проектного обучения в вузе как составляющая методики подготовки инновационно-активных специалистов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11762> (дата обращения: 19.12.2022).
3. Коренева С.М., Красноперова С.А. Геолого-геофизические особенности турнейско-заволжского объекта южного купола Шарканского месторождения // Управление техносферой. 2022. Т. 5. Вып. 1. С. 43–52. DOI: 10.34828/UdSU.2022.73.76.005.
4. Сборник тезисов X Международной научно-практической конференции (14 апреля 2020 г). Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2020. 404 с.
5. Сизова Т.М. Статистика: учебное пособие. СПб.: СПб Национальный исследовательский университет ИТМО, 2013. 176 с.
6. Панькова А.М. Руководство по выполнению исследовательских работ студентов: учебно-методическое пособие. 2-е изд., испр. и доп. Екатеринбург, 2020. 90 с.

УДК 378.1

ПОЛИСУБЪЕКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАК ОСНОВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ В ВУЗЕ

Кролевецкая Е.Н.*ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: krolevetskaya@mail.ru*

Статья посвящена изучению проблемного поля педагогического взаимодействия преподавателей и студентов в вузе, а также обоснованию места и роли полисубъектного взаимодействия в процессе профессиональной подготовки будущих педагогов. Методологическую основу исследования составили положения полисубъектного подхода. Эмпирическое изучение проблемных аспектов и типологии педагогического взаимодействия в вузе осуществлялось на базе педагогического института Белгородского государственного национального исследовательского университета. Среди наиболее острых проблемных аспектов, как причин неудовлетворенности традиционной системой взаимодействия с преподавателями в образовательной среде вуза, студенты отметили ролевую дистанцированность, отсутствие неформального общения с преподавателями; сокращение контактного времени взаимодействия преподавателя и студентов в связи с дистанционным обучением. Обе стороны указали на проблему различий в ценностных ориентациях, «поколенческого разрыва» между преподавателями и студентами. В результате сделан вывод, что традиционная система подготовки будущего педагога в вузе требует изменений по части усиления полисубъектного характера реального педагогического взаимодействия преподавателей и студентов. Полисубъектный характер взаимодействия имеют диалог, полилог, сотрудничество, партнерство. Они предполагают наиболее высокий уровень активности как преподавателя, так и студента, разнообразие их отношений, порождаемых процессом достижения общности целей, широким спектром мотивов.

Ключевые слова: профессиональная подготовка, полисубъектное взаимодействие, полисубъект, будущий педагог, полисубъектность

POLYSUBJECT INTERACTION AS THE BASIS OF FUTURE TEACHERS PROFESSIONAL TRAINING AT THE UNIVERSITY

Krolevetskaya E.N.*Belgorod State National Research University, Belgorod, e-mail: krolevetskaya@mail.ru*

The article is devoted to the study of the problem field of pedagogical interaction between teachers and students at the university, as well as the justification of the place and role of polysubject interaction in the process of professional training of future teachers. The methodological basis of the study was the provisions of the polysubject approach. The empirical study of problematic aspects and typology of pedagogical interaction at the university was carried out on the basis of the Pedagogical Institute of the Belgorod State National Research University. Among the most acute problematic aspects, as the reasons for dissatisfaction with the traditional system of interaction with teachers in the educational environment of the university, students noted role distancing, lack of informal communication with teachers; reduction of contact time of interaction between teachers and students in connection with distance learning. Both sides pointed to the problem of differences in value orientations, the "generational gap" between teachers and students. As a result, it is concluded that the traditional system of training a future teacher at a university requires changes in terms of strengthening the polysubjective nature of real pedagogical interaction between teachers and students. Dialogue, polylogue, cooperation, partnership have a polysubjective nature of interaction. They assume the highest level of activity of both the teacher and the student, the diversity of their relationships generated by the process of achieving common goals, a wide range of motives.

Keywords: professional training, polysubject interaction, polysubject, future teacher, polysubjectivity

Важной задачей профессиональной подготовки будущего педагога в современных условиях становится развитие его многомерной субъектности, проявленной в личностном, профессиональном, социокультурном аспектах. Доминантой становления профессионализма будущего педагога многие исследователи (И.Н. Алексеенко, Г.И. Аксенова, А.Г. Гогоберидзе, С.П. Иванова, Д.Ф. Ильясов, Л.М. Митина, Л.С. Подымова, С.И. Поздеева, В.А. Сластенин и др.) закономерно определяют его профессиональную субъектность, проявленную в ценностном отношении к профессионально-педагогической деятельности. Вместе с тем, на наш взгляд, весомую профессионально значимую

роль в становлении будущего педагога играет также развитие его личностной и социокультурной субъектности. Активная субъектная позиция в отношении своей жизненной стратегии, здоровья, семьи, увлечений, духовного роста и т.п., выражающая ценностное отношение будущего педагога к себе, а также общественная активность, осознанная гражданская позиция, социальная ответственность, отражающие ценностное отношение к Другому, к социальной группе, к обществу в целом, являются обязательными основаниями становления педагога-профессионала. Поэтому педагогический профессионализм в современных условиях предполагает интеграцию указанных видов субъектности

и ориентирует профессиональную подготовку будущего педагога в вузе на развитие его полисубъектности как некой интегративной характеристики личности, характеризующейся многомерностью и одновременно целостностью [1].

Считаем, что профессиональная подготовка будущего педагога в вузе есть целенаправленное создание условий для становления его полисубъектности как сочетания личностной, профессиональной, социокультурной субъектности. И наиважнейшее значение имеют не сами по себе условия многогранного субъектного развития будущего педагога, а его фактическое место в этих условиях, отношение к ним и характер деятельности в них. То есть в основе профессиональной подготовки будущего педагога лежит система отношений (к себе, к Другому, к деятельности), которая складывается в процессе взаимодействия индивидуальных и коллективных субъектов образования. С позиций полисубъектного подхода профессиональная подготовка будущего педагога рассматривается как полисубъектное пространство, пространство диалога и полилога, ценностно-смыслового взаимодействия. Поэтому считаем возможным говорить о профессиональной подготовке будущего педагога в вузе как полисубъектном взаимодействии.

Целью настоящего исследования явилось изучение проблемного поля педагогического взаимодействия преподавателей и студентов в вузе, а также обоснование места и роли полисубъектного взаимодействия в процессе профессиональной подготовки будущих педагогов.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составили положения полисубъектного [2–5] подхода. Объектом полисубъектной методологии является взаимодействие субъектов образовательной среды, система многообразных субъект-субъектных (полисубъектных) отношений личности; предметом – личность как система характерных для нее отношений, носитель взаимоотношений и взаимодействий с самим собой и социальной группой, характеризующийся качеством субъектности и полисубъектности. Теоретические задачи исследования решались методами теоретического анализа, синтеза, обобщения, систематизации. Эмпирическое изучение проблемных аспектов педагогического взаимодействия преподавателей и студентов в вузе осуществлялось с помощью метода анкетирования и беседы. Исследовательскую выборку составили 316 студентов 1–5 курсов педагогического

института Белгородского государственного национального исследовательского университета (НИУ БелГУ), обучающихся по направлению подготовки «Педагогическое образование». Сбор данных осуществлялся в 2021–2022 учебном году.

Результаты исследования и их обсуждение

В педагогическом плане «взаимодействие» определяет само существование образовательных и воспитательных процессов, с ним связаны цели и содержание, методы и формы педагогической деятельности, мотивы поведения и движущие силы педагогического процесса (В.А. Кан-Калик, А.К. Маркова). Педагогическое взаимодействие в высшей школе представляет собой «процесс совместной деятельности преподавателей и студентов, обусловленный и опосредованный учебно-воспитательной деятельностью в вузе, установленными ценностными ориентациями, способствующий становлению личности студента и совершенствованию личности педагога» [6].

В психолого-педагогических исследованиях взаимодействие представлено различными моделями, такими как личностно-ориентированная, субъект-субъектная, диалогическая и др., на основе которых выделяются различные типы взаимодействия. В частности, К.А. Абульханова-Славская выделяет ряд социально-психологических типов взаимодействия, которые условно обозначает следующим образом: сотрудничество, противоборство, уклонение от взаимодействия, однонаправленное содействие, однонаправленное противодействие, контрастное взаимодействие, компромиссное взаимодействие [7]. В контексте «идеи постепенного перенесения ответственности за собственную жизнь и самостоятельное решение индивидуальных проблем на самого растущего человека» [8]. В.А. Сластенин, И.А. Колесникова говорят о таких типах взаимодействия в образовании, как защита, помощь, поддержка, сопровождение. И.А. Шаршов, говоря о взаимодействии как факторе интенсификации профессионально-творческого саморазвития субъектов образовательного процесса в вузе, выделяет семь ключевых типов взаимодействия: самоутверждение, руководство, использование, самостоятельность, индифферентность или соглашение, диалог, сотрудничество [6]. Многими исследователями (Д.А. Белухин, Е.А. Крюкова, В.Я. Ляудис, Е.В. Новожекина, Г.К. Селевко и др.) как приоритетный и наиболее адекватный тип взаимодействия между преподавателем и обучающимся рассматривается партнерство.



Рис. 1. Проблемное поле педагогического взаимодействия преподавателей и студентов-педагогов в вузе (оценка студентов)

Эмпирическое изучение типологии и проблемного поля педагогического взаимодействия преподавателей и студентов в вузе показало, что студенты педагогических специальностей отмечают достаточно обширный ряд проблемных аспектов как причин неудовлетворенности традиционной системой взаимодействия с преподавателями в образовательной среде вуза (рис. 1).

Отмеченные студентами лично значимые проблемы педагогического взаимодействия в системе «преподаватель – студенты» свидетельствуют о доминировании односторонней, формализованной системы взаимодействия, особенно в учебном процессе. Следует обратить внимание на значимость для будущих педагогов таких проблемных аспектов, как ролевая дистанцированность, отсутствие неформального общения с преподавателями (72,5%); равнодушие к студентам, неконтактность, отсутствие заинтересованности во взаимо-

действии (51,3%); недостаточное применение диалоговых, интерактивных форм взаимодействия на учебных занятиях (32,5%). После пандемии 2020 г. резко обозначилась проблема сокращения контактного времени взаимодействия преподавателя и студентов в связи с дистанционным обучением, на нее указывают 68,8% студентов. На преобладание авторитарного, субъект-объектного стиля взаимодействия указали 50,7% студентов, что говорит о доминирующей объектной позиции студента в учебно-профессиональной деятельности. Обозначенные студентами причины неудовлетворенности педагогическим взаимодействием с преподавателями свидетельствуют о том, что в традиционном образовательном процессе современного вуза продолжает существовать субъект-объектная стратегия взаимодействия, проявляющаяся в таких его типах, как самоутверждение, руководство, использование, соперничество (их преобладание отметили 52% респондентов).

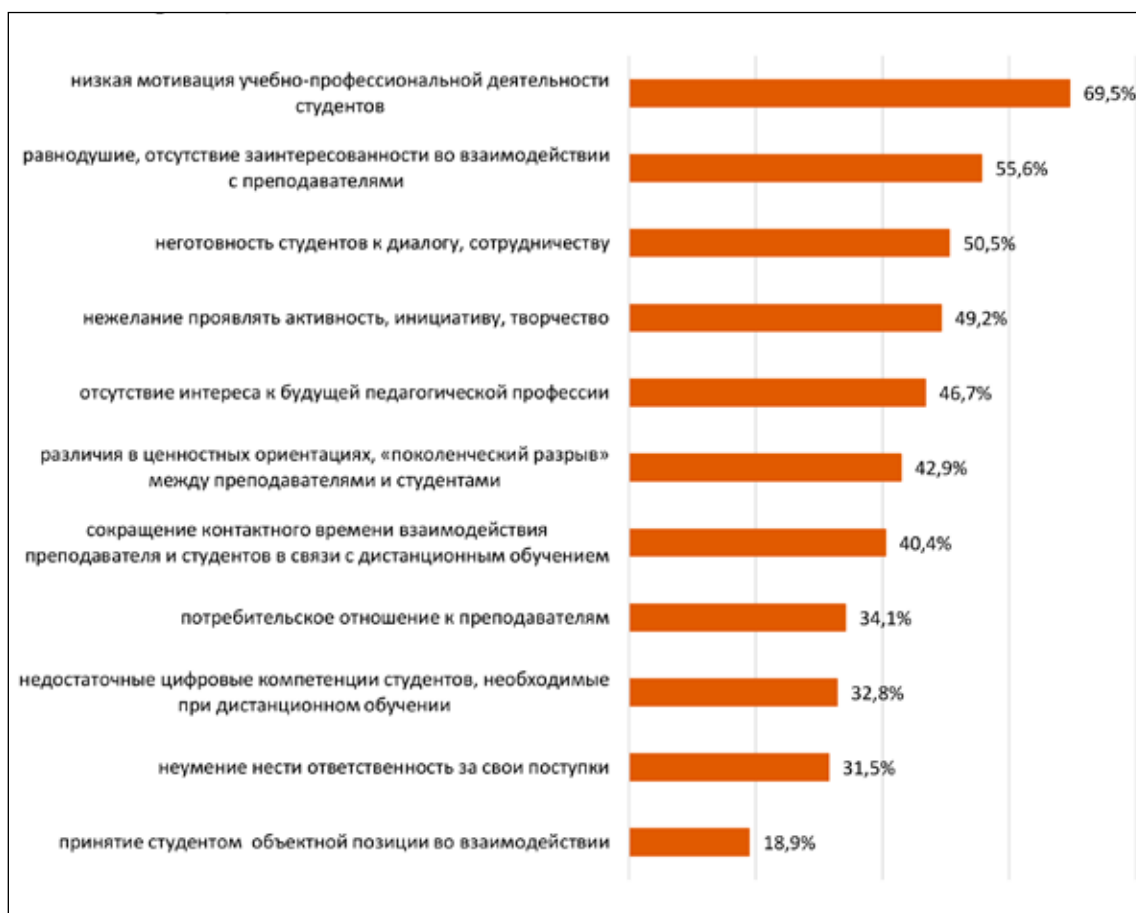


Рис. 2. Проблемное поле педагогического взаимодействия преподавателей и студентов-педагогов в вузе (оценка преподавателей)

Преподаватели, кураторы, представители администрации вуза также отмечают достаточно обширный ряд проблемных аспектов во взаимодействии со студентами-педагогами (рис. 2).

Обозначенные преподавателями проблемы во взаимодействии со студентами связаны, по их мнению, в основном с низкой мотивацией (69,5%) и отсутствием интереса к будущей педагогической деятельности (46,7%); отсутствием заинтересованности во взаимодействии (55,6%); неготовностью к диалогу и сотрудничеству (50,5%); слабой активностью и инициативностью (49,2%), нежеланием и неумением нести ответственность за свои поступки (31,5%) и др. По сути, эти проблемные аспекты и характеристики студентов преподавателями говорят о преобладании в целом объектной позиции студента-педагога, однако далеко не все преподаватели осознают эту «объектность» и свою роль в стимулировании той или иной позиции или установки студента.

Безусловно, преподаватель, как главный субъект управления процессом взаимодей-

ствия, задает ведущий вектор взаимодействия: формальный (ролевой) или личностный (субъектный). В случае доминирования формального вектора взаимодействия преподаватель воспринимает студента как носителя определенной роли и ждет от него проявления определенных ролевых стереотипов, что предполагает субъект-объектный характер взаимодействия. Если преобладает личностный вектор взаимодействия, то преподаватель воспринимает студента с точки зрения его уникальных субъектных характеристик, личностных особенностей, ориентируется на развитие творческого потенциала студента, что задает субъект-субъектный характер взаимодействия.

Полисубъектное взаимодействие – это «движение навстречу» друг другу. В полисубъектном взаимодействии направление «движения» от студента так же значимо, как и от преподавателя. Если деятельность студента не изолируется от деятельности преподавателя, носит активный, творческий характер, если каждый студент вовлекается в процесс познания и его успехи определя-

ются приращением в собственном развитии, если образовательный процесс строится на взаимодействии преподавателя и студента как двух индивидуальностей, развитие отношений и общения которых происходит на личностном и профессиональном уровне, которые получают возможность постоянно взаимообогащаться, используя сотворчество [9], то мы имеем дело с полисубъектным взаимодействием, основанным на диалогическом типе отношений равноправных субъектов образования, суть которого состоит в со-развитии преподавателя и студента. К сожалению, в ходе анкетирования и бесед такие типы взаимодействия, как диалог и полилог, сотрудничество и партнерство, респондентами не были отмечены как преобладающие в системе «преподаватель – студенты» (20% в совокупности). Соглашение, наставничество и опека, также относящиеся к субъект-субъектной стратегии взаимодействия, встречаются, по мнению респондентов, немного чаще (28% в совокупности). Таким образом, традиционная система подготовки будущего педагога в вузе требует изменений по части усиления полисубъектного характера реального педагогического взаимодействия преподавателей и студентов.

Примечателен факт, что и преподаватели, и студенты отметили проблему различий в ценностных ориентациях, «поколенческого разрыва» между преподавателями и студентами. Для студентов – будущих педагогов она занимает более значимые позиции (66,3%), нежели для преподавателей (42,9%). Беседы со студентами позволили установить, что они часто чувствуют непонимание, непринятие «мира молодежи» со стороны старшего поколения, их волнует проблема старения педагогических кадров в вузе, «цифровой разрыв» преподавателей и студентов. В контексте данной проблемы согласился с С.П. Ивановой, которая при описании полисубъектного взаимодействия отмечает его гуманистический и диалоговый характер, благодаря которому имеет место пересечение индивидуальных смыслов и ценностей всех его участников. Реализация полисубъектного диалога, по мнению автора, «требует от каждого субъекта не только осознания своей позиции, своей самости, своей уникальности, но и желание (смелость), обнаружить и предъявить внутреннее смысловое другим людям, то есть открытость» [3, с. 166].

И.В. Вачков определяет полисубъектное взаимодействие как «форму непосредственного взаимодействия субъектов друг с другом, которая способна порождать их взаимную обусловленность, особую степень

близости отношений, наиболее благоприятные условия для развития и особый тип общности – полисубъект» [2]. Понятие «полисубъект» предполагает полисубъектные отношения во взаимодействии активных субъектов внутри этих общностей, выступающих как единое целое, как субъект по отношению к другим полисубъектам. Для развития полисубъектности личности будущего педагога важно, чтобы в процессе профессиональной подготовки в вузе, внутри социокультурной образовательной среды вуза он был «структурным элементом» многообразных «полисубъектов»: «преподаватель – студенты», «куратор – студенческая группа», «научный руководитель – студенческое научное общество», «тренер – спортивный клуб», «руководитель – творческий коллектив», «тьютор – студенческий совет», «менеджер проекта – проектная команда», «наставник – штаб волонтеров», «командир – студенческий отряд», «руководитель СМИ – студенческая редакция», «модератор – интеллектуальный клуб», «координатор – корпус общественных наблюдателей», «руководитель – международный студенческий офис», «тьютор – языковой клуб», «председатель – студенческий совет иностранных землячеств» и т.п.

Благодаря системе полисубъектных отношений формируется определенная структура совместной деятельности, без которой не существует полисубъекта, характеризующегося «общим смысловым полем деятельности», едиными духовными ценностями, установками на сотрудничество и взаимопонимание [4]. То есть помимо «отношенческой» части полисубъект характеризуется «со-бытийной» составляющей. Взаимодействие, существующее в рамках такой общности, по мнению В.П. Бедерхановой, И.Ю. Шустовой, обладает со-бытийными и ценностно-смысловыми характеристиками, раскрывающимися через общий интерес (заинтересованность во взаимодействии, проблемный характер общения), открытость и доверие (взаимодействие «на равных», искренность, откровенность), позиционность (выражение, пересечение и интеграцию индивидуальных ценностей, смыслов, позиций участников), ориентацию на рефлексивные процессы (индивидуальную и коллективную рефлекссию). «Со-бытийная общность дает человеку ощущение общности с другими как значимое переживание, он становится причастен мыслям, чувствам, ценностям другого, они невольно присваиваются и становятся частью его внутреннего мира... Со-бытие происходит всегда в настоящем, строится на совместном проживании общего взаимо-

действия «здесь и сейчас»... Со-бытие – это взаимосвязь Я и Мы человека» [10, с. 32, 33]. То есть полисубъект представляет собой событийную общность индивидуальных и коллективных субъектов образования, в которой происходит субъектно-развивающая ценностно-смысловая и целе-ориентированная «встреча» преподавателя и студентов, в процессе которой складываются полисубъектные отношения во взаимодействии активных субъектов внутри этих общностей, выступающих как единое целое, как субъект по отношению к другим полисубъектам. Такие полисубъекты являются структурными «единицами» образовательной среды вуза и в целом профессиональной подготовки будущего педагога.

Закключение

Таким образом, профессиональная подготовка будущего педагога представляет собой процесс полисубъектного взаимодействия индивидуальных и коллективных субъектов образования на основе субъект-субъектных (полисубъектных) отношений, складывающихся в разнообразных и разнонаправленных полисубъектах образовательной среды вуза, который осуществляется с целью развития полисубъектности (многомерной субъектности) каждого его участника. Полисубъектный характер взаимодействия имеют диалог, полилог, сотрудничество, партнерство. Они предполагают наиболее высокий уровень активности как преподавателя, так и студента, разнообразие их отношений, порождаемых процессом достижения общности целей, широким спектром мотивов. Эти типы взаимодействия, признавая студента субъек-

том педагогического процесса, утверждают приоритет субъект-субъектных (полисубъектных) отношений и обладают большим развивающим потенциалом.

Список литературы

1. Кролевецкая Е.Н. Полисубъектность личности будущего педагога как психолого-педагогическое явление // Проблемы современного педагогического образования. 2022. Вып. 74. Ч. 3. С. 162–165.
2. Вачков И.В. Полисубъектное взаимодействие в образовательной среде // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2014. Т. 11. № 2. С. 36–50.
3. Иванова С.П. Полисубъектное взаимодействие в социально-педагогической среде как фактор развития профессионально-личностной компетентности учителя // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Социально-гуманитарные и психолого-педагогические науки. 2013. № 3. С. 161–170.
4. Коваленко В.И. Полисубъектное управление развитием образовательной системы (на материале вузов МВД России): монография. М. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2004. 300 с.
5. Фалунина Е.В. Психология полисубъектной личности и полисубъектный подход в образовании // Евразийский Союз Ученых (ЕСУ). 2019. № 2 (59). С. 15–16.
6. Шаршов И.А. Ведущие тенденции и принципы взаимодействия субъектов образовательного процесса в вузе в условиях модернизации и повышения конкурентоспособности российского высшего образования // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2013. № 11 (127). С. 74–84.
7. Абульханова-Славская К.А. Стратегия жизни. М.: Мысль, 1991. 299 с.
8. Педагогическая поддержка ребенка в образовании: учебное пособие / Под ред. В.А. Сластенина, И.А. Колесниковой. М.: Academia, 2006. 283 с.
9. Вербицкий А.А., Бакшаева Н.А. Психология мотивации студентов: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., стер. М.: Юрайт, 2019. 170 с.
10. Бедерханова В.П., Шустова И.Ю. Событийность в воспитании как метод «педагогики проживания» // Сибирский педагогический журнал. 2020. № 3. С. 28–37.

УДК 376

ТЕХНОЛОГИЯ «TREATMENT EDUCATION OF AUTISTIC CHILDREN AND CHILDREN WITH RELATIVE HANDICAP» КАК СРЕДСТВО КОРРЕКЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВОМ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА**Кувшинова И.А., Шунина Е.А., Бровина С.С.***ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: erenkuv@gmail.com, eekatyya@yandex.ru, safiya.brovina@icloud.com*

В статье рассматриваются проблемы коррекционной работы, обучения и воспитания детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) в век цифровых технологий. Сделан акцент на необходимости раннего выявления детей группы риска по РАС, раннем начале коррекции и социализации. В ходе исследования авторами был проведен анализ психологических особенностей детей с РАС, представлены главные клинические критерии аутизма по Л. Каннеру, рассмотрены подходы к психолого-педагогической коррекции детей с РАС. Основное внимание в статье уделено технологии TEACCH, предполагающей работу по таким функциональным сферам, как познавательная деятельность, речь, восприятие, имитация, моторика крупная и мелкая, координация глаз и рук, социальные отношения, а также самообслуживание детей с РАС; сформулированы этапы проведения коррекционно-образовательной работы, составленные с учетом особенностей содержания индивидуальной обучающей программы в рамках технологии TEACCH, проанализированы их основные преимущества, а также предъявляемые требования к проведению каждого из них, описаны этапы реализации дистанционного сопровождения на основе технологии TEACCH. По результатам исследования авторами сформулировано заключение о целесообразности использования педагогами-дефектологами представленной программы в процессе обучения и воспитания категории детей с РАС.

Ключевые слова: коррекционно-педагогическое сопровождение, расстройства аутистического спектра, TEACCH-технология, дети дошкольного возраста с РАС, дистанционное сопровождение, индивидуальная обучающая программа

TECHNOLOGY “TREATMENT EDUCATION OF AUTISTIC CHILDREN AND CHILDREN WITH RELATIVE HANDICAP” AS A MEANS OF CORRECTIONAL AND PEDAGOGICAL SUPPORT FOR CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER**Kuvshinova I.A., Shunina E.A., Brovina S.S.***Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk,
e-mail: erenkuv@gmail.com, eekatyya@yandex.ru, safiya.brovina@icloud.com*

The article deals with the problems of correctional work, education and upbringing of children with autism spectrum disorders (ASD) in the digital age. Emphasis is placed on the need for early identification of children at risk for ASD, early onset of correction and socialization. In the course of the study, the authors analyzed the psychological characteristics of children with ASD, presented the main clinical criteria for autism according to L. Kanner, and considered approaches to the psychological and pedagogical correction of children with ASD. The main attention is paid to the TEACCH technology, which involves work in such functional areas as cognitive activity, speech, perception, imitation, gross and fine motor skills, eye-hand coordination, social relations, and self-care of children with ASD; the stages of carrying out correctional and educational work are formulated, taking into account the specifics of the content of an individual training program within the framework of TEACCH technology, their main advantages are analyzed, as well as the requirements for each of them, the stages of implementing remote support based on TEACCH technology are described. Based on the results of the study, the authors formulated a conclusion on the expediency of using the presented program by teachers-defectologists in the process of teaching and educating the category of children with ASD.

Keywords: autism spectrum disorders, correctional and pedagogical support, TEACCH technology, preschool children with ASD, remote support, individual training program

Расстройство аутистического спектра (РАС) является «болезнью цивилизации», и его ранняя диагностика и коррекция считаются наиболее актуальной проблемой нашего времени. По оценкам ВОЗ на 2021 г., один ребенок из 160 детей имеет какое-либо расстройство аутистического спектра. Это усредненная оценка, которая существенно варьируется в разных исследованиях. Стремительный рост числа детей с РАС отмечается в большинстве стран по всему миру.

В ситуациях с РАС очень важна ранняя помощь. При раннем выявлении детей группы риска по РАС и раннем начале коррекции и социализации до 60 % детей имеют возможность «выхода» в высокофункциональное состояние, которое подразумевает собой возможность полноценной жизни в социуме. При отсутствии ранней диагностики и коррекции РАС чаще всего становится инвалидизирующим расстройством на протяжении всей жизни.

Современные исследования в области работы с детьми с РАС показывают, что если имеет место раннее коррекционное вмешательство, то это может помочь детям с признаками РАС добиться значительного улучшения своих способностей. Полностью избавиться от данного нарушения невозможно, но симптомы можно скорректировать: научить ребенка общаться, учиться. В ситуациях, когда правильный диагноз поставлен до 2 лет, шансы на нормальную жизнь заметно увеличиваются (у ребенка появится возможность ходить в обычный детский сад и школу, поступить в университет, работать). А если опоздать с постановкой верного диагноза, человек будет нуждаться в специальном уходе всю жизнь.

Проблема исследования состоит в том, что развитие по TEACCH (Treatment Education of Autistic Children and Children with relative Handicap – программа, позволяющая обучать детей с РАС и детей с особыми потребностями) может быть крайне не эффективным только при совместной, одновременной реализации и технологии TEACCH с психотерапевтической работой внутри семьи ребенка с РАС. При этом основу этой специфической работы составляют регулярные занятия с семейным психотерапевтом всех членов семьи, работы над преобразованием самой системы семьи. Тогда для ребенка открываются практически безграничные возможности, позволяющие наилучшим способом подготовить его к условиям длительного нахождения в социальных государственных заведениях. На территории Российской Федерации применяется именно эта система. В таком случае на первый план выходит технология TEACCH как средство коррекционно-педагогического сопровождения детей с РАС.

Наибольший вклад в исследование проблемы технологии TEACCH как средства коррекционно-педагогического сопровождения детей с РАС внесли такие психологи, как Е.Н. Горина [1], Н. Гальерс [2], А. Гришина [3], Т.А. Любавина [4].

Цель исследования – теоретически обосновать эффективность технологии TEACCH как средства коррекционно-педагогического сопровождения детей с РАС.

Материалы и методы исследования

В исследовании использованы материалы:

1) исследования психологических особенностей детей с расстройствами аутичного спектра;

2) представление технологии TEACCH как средства сопровождения детей с РАС.

Применены следующие методы: теоретический анализ психолого-педагогической и методической литературы; обобщение опыта специалистов-практиков; методы первичной статистической обработки результатов.

Результаты исследования и их обсуждение

Нужно отметить, что РАС – сложное нарушение развития, характерной особенностью которого является искажение протекания различных психических процессов; наиболее ярко данная особенность заметна в когнитивной и психосоциальной сферах. Помимо этого, симптомами РАС являются: избегание контактов с людьми, замкнутость, неадекватные сенсорные реакции, стереотипность. При этом нарушены реакции на слуховые и иногда на зрительные раздражители, искаженно понимается речь. Кроме того, характерны задержки в развитии речи: эхолалия, путаница местоимений, незрелость грамматических систем. Также ребенок не может использовать абстрактные термины [5]. Как правило, для детей с РАС характерно также неадекватное применение устной речи, языка жестов.

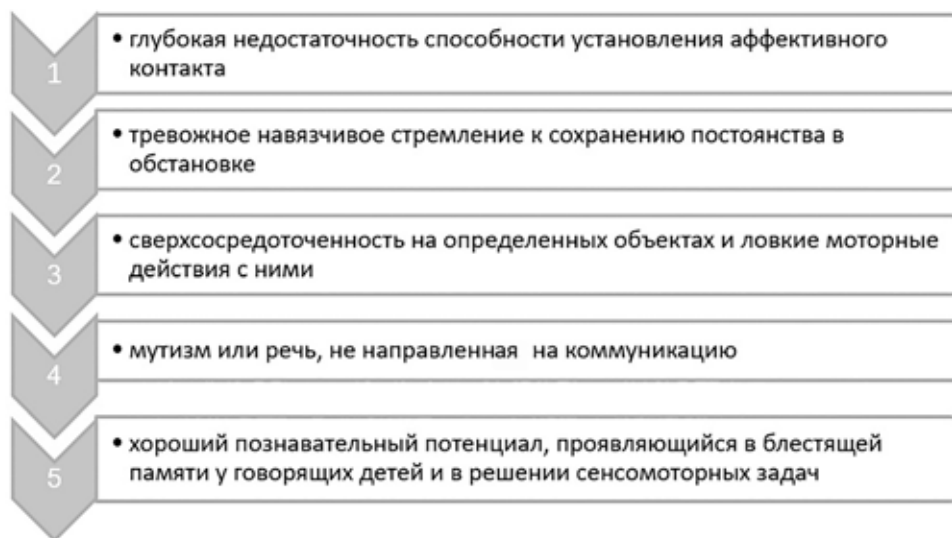
Трудности в социальных взаимоотношениях больше всего проявляются в раннем возрасте – от 2,5 до 5 лет. Дети не хотят участвовать в играх на детской площадке, не понимают, как правильно взаимодействовать со сверстниками. Участие в групповых мероприятиях, например утреннике в детском саду, спортивных играх, вызывает приступ агрессии из-за сенсорных проблем.

Примечательно, что РАС никогда не развивается у детей старше 5 лет, поэтому со старшего дошкольного возраста нужно думать о появлении у ребенка с отклонениями в поведении прочих психических отклонений, например шизофрении.

По последним данным около 1 % взрослого населения имеет диагноз РАС. Больше внимание по-прежнему сосредоточено на детском варианте РАС, в основном у младенцев и детей дошкольного возраста.

Обратимся к истории, когда еще в 1943 г. Л. Каннер определил пять главных клинических критериев детского аутизма (рисунков) [6].

В последующие годы эти критерии претерпели значительное развитие и уточнение. Так, впоследствии добавилось утверждение о том, что у аутичного ребенка низкий интеллектуальный уровень, также присутствуют расстройства речи, проявление которых у ребенка желательно диагностировать не позднее 30 месяцев.



Клинические критерии синдрома детского аутизма по Л. Каннеру

Психолого-педагогическая коррекция заболевания РАС у детей отличается многообразием подходов. Так, в Норвегии, Южной Корее, Японии, Германии, а также некоторых арабских странах при коррекции расстройств аутистического спектра преобладающим ориентиром становится оперантное обучение и (или) технология ТЕАССН [7].

Так называемая поведенческая терапия, оперантное обучение, основывается на создании внешних условий, нацеленных на формирование необходимого поведения ребенка в различных ситуациях и аспектах – игровом, социально-бытовом, речевом и др. ТЕАССН-технология изначально была создана Э. Шоплером, Р. Райхлером, Г. Месибовым. Ее целью было создать ребенку возможность адаптации к реальной жизни в заранее подготовленных условиях с опорой на визуализацию и посредством решения задач развития невербальной коммуникации. Что касается психологической работы, то она должна проходить в тесной взаимосвязи с родителями: родителям предоставляются детальные рекомендации по организации осмысленного взаимодействия с ребенком, они постоянно меняются и усложняются в зависимости от уровня развития эмоциональной сферы, динамики [7].

С целью активизации развития коммуникативных способностей детей с нарушениями аутистического спектра в содержание индивидуальной обучающей программы в рамках технологии ТЕАССН включены разнообразные мероприятия педагогической направленности и методы поведенческой терапии. Настоящая технология исхо-

дит из бихевиоральной идеи эффективности четко организованных педагогических программ для обучения и коррекции поведения аутичных детей [2].

Технология ТЕАССН предполагает работу по девяти функциональным сферам: это и имитация, работа, направленная на развитие моторики – как мелкой, так и крупной, координация работы глаз и рук, речевая, познавательная деятельность, восприятие и, конечно же, самообслуживание и социальные отношения.

В данной технологии присутствует определенный ритуализм и упорядоченность действий, что обеспечивается путем создания для ребенка комфортной окружающей среды за счет исключения опасных и раздражающих ребенка предметов, а также строгой последовательности его действий, создания так называемой «упорядоченной окружающей среды».

Некоторые действия ребенок усваивает до автоматизма с помощью многочисленного повторения, при этом в работе возможно применение карточек-подсказок [8].

При реализации технологии ТЕАССН жизнь ребенка с РАС становится намного беднее, из нее «исчезают краски»: это необходимо для создания комфортной среды. Например, если ребенок не одобряет тот или иной цвет – в месте, где он проживает, не будет объектов данного цвета. Если ребенок считает, что один из родителей должен носить только какие-либо определенные вещи, иметь определенную прическу – родитель будет обязан поддерживать неизменчивость этого мира, вне зависимости от своих личных предпочтений.

Если у ребенка сложные сочетанные заболевания и патологии и родители планируют передачу ребенка для постоянного нахождения в социальное учреждение, то использование технологии ТЕАССН в этом случае будет способствовать лучшей адаптации ребенка к новым условиям, значительно облегчит его нахождение в подобных государственных учреждениях. Н. Гальерс отмечает, что ребенок станет более послушным, исполнительным и предсказуемым в поступках [2].

При психотерапевтической работе с семьей развитие по ТЕАССН будет также эффективным. Здесь возможна организация дистанционной работы. Дистанционное сопровождение имеет много положительных сторон. Так, технология ТЕАССН позволяет добиться результата даже при работе в онлайн-формате. Осуществление дистанционного сопровождения ребенка с РАС и его семьи на основе технологии ТЕАССН включает следующие этапы.

1. Диагностика, необходимая для определения типа обучения, актуальных потребностей развития сильных сторон. Чтобы выявить у ребенка имеющиеся навыки и недостатки, требуется изучить различные функциональные области. Именно поэтому опорой психолого-педагогического обследования должно являться разнообразие современных методов [3].

На первом этапе особое значение занимает сбор полной информации, это и данные из медицинского анамнеза, особенности внутриутробного периода, родов и раннего развития, сведения о ранее проводимой коррекционно-педагогической работе с ребенком, его поведении дома и на улице, реакциях на незнакомые ситуации, описание его навыков самообслуживания.

Далее проводится анализ полученной информации по следующим направлениям:

- 1) доминирующий тип регуляции поведения дома;
- 2) степень психической активности и общий фон настроения;
- 3) специфика самостоятельной игры;
- 4) коммуникативные способности и возможности;
- 5) уровень сформированности основных бытовых навыков;
- 6) наличие или отсутствие поведенческих проблем.

Проведение диагностики ребенка с РАС определено спецификой нарушения, поэтому оно проводится длительное время, поэтапно и комплексно с применением материалов, которые смогут поддерживать интерес ребенка к диагностическим занятиям.

2. Определение индивидуальной обучающей программы в рамках технологии ТЕАССН. Основу данной программы обучения составляет стратегия развития, из которой вытекают краткосрочные и долгосрочные цели обучения. Индивидуальная обучающая программа в рамках технологии ТЕАССН включает в себя тренировочные задания, дидактические игры и упражнения, которые ориентированы на систематическую отработку отдельных элементов социально-бытовых навыков, академических знаний. При этом будет уместно установить у ребенка с РАС ассоциативные связи между собственными действиями и их последствиями, результатами. Подбор упражнений и заданий обусловлен необходимостью коррекции той или иной функциональной сферы ребенка с РАС.

3. Реализация индивидуальной обучающей программы в рамках технологии ТЕАССН требует соблюдения определенных правил. В первую очередь это наличие визуальных расписаний, которые помогут ребенку понять четкую последовательность действий и событий. Для младших школьников с РАС допустимо использовать три вида визуального расписания: предметное (если ребенок не хочет поддерживать вербальный контакт или не желает, не умеет говорить) на основе ассоциаций предметов и выполнения определенных действий; визуальное; письменное, сопровождаемое картинками, если ребенок умеет читать. Все задания и упражнения также должны сопровождаться визуальным сопровождением, пояснением. Для этого разрабатывается система так называемой презентации задания, включающая в себя визуальную инструкцию и организацию.

В начале непосредственной работы дефектолога (тьютора) с ребенком в дистанционном режиме осуществляется отработка элементарных социально-коммуникативных навыков: совместное внимание, установление зрительного контакта, навыки простейшей имитации, выполнение предложенных дефектологом действий, несложных инструкций.

Для детей с более высоким уровнем развития и менее выраженными расстройствами аутистического спектра объем развиваемых способностей значительно шире. При дистанционном сопровождении проводится работа по формированию: обширной группы коммуникативных, диалоговых навыков, способностей к общей онлайн-игре, понимания эмоций, когнитивных навыков.

Принципиальным является обеспечение своевременного перехода от индивидуаль-

ной работы в формате «педагог – ребенок» к работе в мини-группе в дистанционном режиме [2].

4. Консультирование родителей по всем аспектам индивидуальной обучающей программы в рамках технологии ТЕАССН с целью ее качественной реализации дома. Родители должны принимать активное участие в процессе реализации индивидуальной обучающей программы ребенка с РАС и отслеживать динамику его развития. Главными задачами данного этапа становятся обучение родителей правильным стратегиям развития ребенка дома и объяснение содержания, целей индивидуальной обучающей программы в рамках технологии ТЕАССН.

Родители принимают активное участие в дистанционном сопровождении, поэтому представляются перед ребенком в новой роли, как «учителя», из-за чего у них возникает необходимость в приобретении новых знаний о выстраивании взаимоотношений с ребенком, способах преодоления конфликтного поведения, создания учебного поведения в домашних условиях, а также способах мотивации ребенка к учебной деятельности.

5. Постоянное отслеживание результатов, модернизация индивидуальной обучающей программы. Диагностика должна быть плановой: ее следует проводить каждые 6 месяцев. Благодаря количественному и качественному анализу изучается степень освоения индивидуальной обучающей программы в рамках технологии ТЕАССН.

Заключение

Таким образом, информационно-коммуникационные технологии при всей их необходимости и значимости, не должны вытеснять прямое, живое общение с ре-

бенком с РАС, иначе это спровоцирует еще больший уход ребенка «в себя». Поэтому дистанционное сопровождение семьи и ребенка с РАС на основе технологии ТЕАССН может выступать одним из элементов коррекционно-образовательного маршрута и не должно исключать ребенка из детского коллектива, в котором он приобретает и осваивает социально-положительные стереотипы поведения, развивает и тренирует социально-ориентированные навыки поведения и общения.

Список литературы

1. Горина Е.Н., Стецюра Н.И. Арт-терапевтические технологии в работе с детьми с расстройствами аутистического спектра // Auditorium. 2019. № 2. 12–18.
2. Гальперс Н. Особенности организации проведения диагностики дошкольников с РАС. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.maam.ru/detskijasad/-osobnosti-organizacii-provedeniya-diagnostiki-doshkolnikov-s-ras.html> (дата обращения: 19.11.2022).
3. Гришина А. Теацч методика работы с «особыми» детьми. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.maam.ru/detskijasad/teacch-metodika-raboty-s-osobymi-detmi.html> (дата обращения: 19.11.2022).
4. Любавина Т.А. Суть ТЕАССН технологий. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.art-talant.org/publikacii/16647-suty-teassn-tehnologii> (дата обращения: 17.11.2022).
5. Серякова О.И. Современные подходы к проблеме аутизма, его дифференциальной диагностике и коррекции // Северо-Кавказский психологический вестник. 2011. № 4. С. 38–41.
6. Мальтинская Н.А. История развития учения об аутизме // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. № 11. С. 1–9.
7. Шипицына Л.М. Детский аутизм: хрестоматия. СПб.: Международный университет семьи и ребенка им Р. Валленберга, 2017. 254 с.
8. Карякин Н.Н. Описание психолого-педагогических методик с доказанной эффективностью, рекомендуемых для оказания помощи детям с РАС. [Электронный ресурс]. URL: https://td52.ru/parent_of_child/tehnologii-i-metodiki-raboty/kompleksnaya-programma-teacch-treatment-and-education-of-autistic-and.html (дата обращения: 19.11.2022).

УДК 378.172:796.015:796.332

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ФУТБОЛИСТОВ В ВУЗЕ

Муртазин Ш.Н., Салахов И.М.*Сургутский государственный университет, Сургут, e-mail: zh.i.busheva@mail.ru*

Образовательные и спортивные организации как основные субъекты, реализующие программы в аспекте физического здоровья, стали уделять особое внимание физической подготовленности и здоровому образу жизни молодежи. Высшая школа, взяв на себя решение задачи всестороннего развития и сохранения здоровья молодежи путем интеграции физического, личностного и социального развития, способствует внедрению особого подхода к физическому воспитанию студентов, учитывающего важность здоровьесформирующих тенденций, которые прежде были незаслуженно девальвированы. Инновационность нового подхода, названного спортизацией, позволяет существенно изменить структуру физического воспитания студентов. В статье показана приоритетность футбола как спортивного направления для реализации новых программ в физической подготовке студентов. Сложность и динамичность этой спортивной игры, с одной стороны, являются эффективным тренажером для развития разнообразных физических показателей студентов, а с другой – способствуют повышению мотивации учащихся к освоению навыков и мастерства игры в футбол в вузе. В связи с изменяющимися требованиями к качеству подготовки футболистов и изменением характеристик самой игры силовые тренировки становятся наиболее важными в подготовке футболистов. В статье описаны основные методы и принципы силовых упражнений и обоснованы преимущества реализации принципов спортизации в физической подготовке футболистов в вузе, позволяющие повысить заинтересованность студентов в занятиях и способствовать эффективности их подготовки к студенческой соревновательной деятельности.

Ключевые слова: силовая тренировка, силовые упражнения, мышцы, футбол, студенческие соревнования, развитие, высшая школа, спортизация

THE USE OF STRENGTH EXERCISES FOR THE DEVELOPMENT OF PHYSICAL QUALITIES OF FOOTBALL PLAYERS AT THE UNIVERSITY

Murtazin Sh.N., Salakhov I.M.*Surgut State University, Surgut, e-mail: zh.i.busheva@mail.ru*

Educational and sports organizations, as the main subjects implementing programs in the aspect of physical health, began to pay special attention to the physical fitness and healthy lifestyle of young people. The Higher School, having taken upon itself the task of comprehensive development and preservation of youth health by integrating physical, personal and social development, promotes the introduction of a special approach to physical education of students, taking into account the importance of health-forming trends that were previously undeservedly devalued. The innovativeness of the new approach, called sportization, allows us to significantly change the structure of physical education of students. The article shows the priority of football as a sports direction for the implementation of new programs in the physical training of students. The complexity and dynamism of this sports game, on the one hand, is an effective simulator for the development of various physical indicators of students, and on the other hand, it helps to increase the motivation of students to master the skills and mastery of playing football at the university. Due to the changing requirements for the quality of training of football players and the changing characteristics of the game itself, strength training is becoming the most important in the preparation of football players. The article describes the main methods and principles of strength exercises and substantiates the advantages of implementing the principles of sportization in the physical training of football players at the university, which increase the interest of students in classes and contribute to the effectiveness of their preparation for student competitive activities.

Keywords: strength training, strength exercises, muscles, football, student competitions, development, high school, sportization

Включение в государственную программу вопроса сохранения здоровья подрастающего поколения, а также возросший во всем мире интерес к студенческому спортивному движению накладывают на высшую школу особые обязательства по выполнению задачи физического и социального оздоровления молодежи, которые реализуются с максимальной поддержкой инициатив в сфере теоретико-методического и материально-технического сопровождения физической образовательной программы в современных вузах, организации тренировочного и соревновательного процессов, внедрения различных спортивных практик в образова-

тельный процесс по видам спорта, а также развития инфраструктуры [1].

Спортизация системы физического воспитания студентов в вузе является динамичной трендовой формой перехода к новому стилю жизни, ориентированному на индивидуальное психофизическое развитие личности обучающихся и активное использование социокультурного потенциала спортивной деятельности [2]. Высшая школа, взяв на себя решение задачи всестороннего развития и сохранения здоровья молодежи путем интеграции физического, личностного и социального развития, способствует внедрению особого подхода к фи-

зическому воспитанию студентов, учитывая важность здоровьесформирующих тенденций, которые прежде были незаслуженно девальвированы. Инновационность нового подхода, названного спортизацией, позволяет существенно изменить структуру физического воспитания студентов. В работе Г.П. Коняхиной [3] указано, что спортизированный подход «меняет содержание и направленность всего педагогического процесса в высших учебных заведениях и создает равные возможности для саморазвития и самосовершенствования психофизических качеств каждого занимающегося с учетом его мотивации, интересов и потребностей».

Футбол как спортивное направление учебной программы физкультурных кафедр в силу популярности и распространенности этой игры во всем мире является дополнительным мотивирующим фактором для занятий спортом студентов вузов.

Существующее противоречие между необходимостью развития силовых качеств студентов, занимающихся по спортивному направлению «футбол», и отсутствием разработанных инновационных педагогических программ определило тему данного исследования, где мы рассмотрим особенности силовой подготовки футболистов в рамках учебной программы вуза на основе спортизированного подхода.

Цель исследования – изучить вопросы использования силовых упражнений для развития физических качеств студентов в процессе занятий по физической культуре на основе спортизированного подхода (на примере футбола).

Материал и методы исследования

Исследование проводилось в Сургутском государственном университете на базе кафедры физической культуры (г. Сургут, ХМАО – Югра). Изучались научно-методическая и специальная литература по виду спорта. Проводился анализ учебных программ по физической культуре на основе спортизированного подхода, успешно реализуемых в вузе. Подбирались адекватные средства и методы футбола для разработки учебной программы на основе спортизированного подхода для студентов вуза. Разрабатывалась учебная программа по футболу на основе спортизированного подхода по этапам реализации физической подготовки студентов в вузе.

Результаты исследования и их обсуждение

Для повышения эффективности и качества преподавания физической культуры

в высшей школе в последние годы активно продвигается новый подход – «спортизация», нацеленный на поддержание и укрепление взаимосвязи между занятием спортом, умственным развитием и нравственным воспитанием молодежи, в котором занятия различными видами спорта выступают как важнейший способ всестороннего развития человека [2]. Ключевая идея этого подхода состоит во внедрении в процесс физического воспитания основополагающих элементов и высоких технологий спортивной подготовки с использованием методик активного вовлечения молодежи в физкультурно-спортивную деятельность [2]. По мнению Г.П. Коняхиной [3], для успешной реализации данного подхода необходимо «разрабатывать модели спортивно-ориентированного физического воспитания студентов» и внедрять их в практику, творчески используя как уже зарекомендовавшие себя спортивные технологии, так и передовые педагогические методики, применяемые в спорте.

Футбол является одним из ведущих видов спорта по рейтингу популярности среди спортивных игр. Зрелищность футбольных состязаний делает эту игру эффективным инструментом пропаганды здорового образа жизни, физкультурных занятий, развития личностных качеств через спорт, особенно среди молодежи [4, 5].

По данным В.К. Бальсевича [6], при правильной организации физического воспитания студенческий возраст является самым благоприятным периодом для перехода на следующий качественный уровень развития прежде наработанных физических качеств. По его мнению, именно в студенческом возрасте усваивается навык высококоординированных движений в игровых видах спорта.

Программы физического воспитания в вузе, разработанные на основе занятий футболом, подтвердили свою эффективность. По мнению А.А. Стеблева с соавт. [4], А.Н. Фирулина [5], О.В. Злыгостева [7], данные программы не только способствуют укреплению здоровья и достижению оптимального уровня общей физической подготовки, но и являются эффективным инструментом подготовки футболистов для студенческой физкультурно-спортивной и соревновательной деятельности. Физическая подготовка студентов-футболистов всегда направлена на развитие физических способностей организма, и в тренировочных занятиях ей отводится значительное место [8].

Особое внимание тренеров и преподавателей по футболу привлекают поиск и применение инновационных методик, методов

и средств футбола [4, 5, 7]. Двухсторонняя игра остается лидером среди применяемых средств и является важнейшим мотивирующим фактором для поддержания интереса к занятиям у обучающихся. Для мотивации обучающихся Ш.Н. Муртазиным [8] применяются подвижные игры и соревновательно-игровые задания с элементами футбола. Автор утверждает, что «с помощью подвижных игр и соревновательно-игровых заданий возможно развивать не только общую и специальную подготовленность юных футболистов, но и техническую подготовленность», что подтверждается ранее проведенными им исследованиями [8].

Особую сложность представляют планирование тренировочного процесса по футболу и построение учебной программы по виду спорта, где необходимо подобрать адекватные средства и методы обучения, соответствующие возрастным и индивидуальным особенностям студентов, а также учесть «закономерности развития и становления спортивной формы игроков, сроки сдачи экзаменов, объективный уровень психофизических возможностей футболистов» [4]. В то же время, по данным ряда исследователей, в системе высшего педагогического образования наблюдается нехватка научно-методических материалов по силовой подготовке футболистов для проектирования учебно-тренировочного процесса с учетом нового, спортизированного подхода [7].

Возрастающая популяризация футбола привела к повышению требований к качеству игры и предъявляемому мастерству игроков, которое напрямую зависит от степени их подготовленности. Современный футбол, безусловно, стал более силовым и атлетичным. Отличительной особенностью этой спортивной игры является высокая динамичность интенсивности физической нагрузки игроков во время матча. Футболисты должны иметь способность к широкому диапазону форм перемещений (прыжки, бег, ускорения, рывки с изменением направления), что, с одной стороны, определяет высокие требования к содержанию тренировок, а с другой – является отличным способом развития следующих физических качеств: выносливость, координация, быстрота реакции, сила [5]. Именно поэтому одним из основных средств тренировки физической формы футболистов представляются силовые упражнения, которые позволяют развить наиважнейшие для футболистов физические качества: силу удара и выносливость. По мнению многих специалистов [4, 5, 7], силовые качества являются определяющими в показателе результативности игрока-футболиста.

Силовые упражнения – это составляющая часть силовых тренировок, предназначенных для развития как мышечной силы, так и мышечной выносливости. Силовые тренировки – это комплекс упражнений с постоянным увеличением весовой нагрузки, направленный на укрепление скелетно-мышечной системы. Критерием правильности проводимых силовых тренировок является наращивания объема, силы и податливости мышечной массы [5]. Р. Майер в своей работе цель систематических силовых тренировок определяет как «обеспечение подготовки к нагрузке, с которой футболисты сталкиваются при работе с мячом и противодействии сопернику. По своей сути силовые тренировки для футболистов отличаются от иных силовых программ, поскольку футболистам также требуется выполнять большой объем работы, направленной на развитие верхней части тела и ног» [7].

Развитые мышцы спортсмена, помимо результативности игры, обеспечивают предотвращение травм игрока. Мышцы поддерживают и защищают суставы, сухожилия и связки. Примерно одна треть всех повреждений, получаемых футболистами, связана с мышцами, и оптимальной защитой от разнообразных травм во время игры является целевая силовая подготовка.

Силовая тренировка футболистов отличается интенсивностью и сложностью. Как утверждает Р. Майер, «при планировании эффективной программы силовых тренировок сначала необходимо провести диагностику при помощи функциональных мышечных тестов» [7], которые позволяют определить силу мышц, силовое соотношение агонистов и антагонистов, зажатость, ограниченность подвижности суставов и др. При успешно проводимой программе силовых тренировок повышаются скорость, прыгучесть и величина начального ускорения спортсмена, а его травмируемость снижается.

Для реализации цели развития мышечной силы и выносливости разминка и сама тренировка должны состоять из упражнений, задействующих максимальный объем мышечной массы, обеспечивающих работу мышц на всем диапазоне движения, и должны обязательно включать в себя упражнения на растяжку.

В исследовании О.В. Злыгостева [7] акцент делается на модульно-целевое проектирование скоростно-силовой подготовки футболистов, где «специальные методы тренировки, направленные на развитие физической силы, при всей их специфичности, могут сочетаться с техническими и тактическими занятиями, приближенными к игро-

вой обстановке. Монотонные занятия убивают внутреннюю активность и противоречат специфическим требованиям игры».

В спортивной практике зарекомендовали себя следующие методы развития силы, которые могут использоваться в учебной программе [4]: метод повторных усилий – заключается в повторении одного и того же упражнения в несколько подходов; метод максимальных усилий, который заключается в применении предельных (от 90 до 100%) внешних отягощений; метод нарастающих отягощений – использование нарастающего в течение одной тренировки веса внешнего отягощения; скоростной метод – основан на стимуляции мышц быстрым переходом от расслабления к напряжению; метод сопряжения – выполнение упражнений с оптимальным отягощением в структуре двигательного навыка в футбольных движениях, позволяющий одновременно давать нагрузку на мышцы и отрабатывать технику футбола.

По мнению А.Н. Фирулина [5], силовые тренировки рекомендуется строить на базе

следующих принципов: напряжения – создание напряжения в мышцах или группах мышц путем работы с нагрузками; перегрузки – постоянное повышение нагрузки на мышцы; точечного эффекта – каждый вид упражнений предназначен для тренировки определенной группы мышц; регулярности, так как перерывы в тренировках ведут к снижению достигнутых результатов.

В целом развитая мышечная сила и выносливость повышают возможность игрока и поэтому являются залогом его результативности. Особенностью организации физического воспитания студентов на основе спортизированного подхода (в том числе занимающихся по направлению «футбол» в вузе) является их включенность в целостный учебный процесс [2, 9, 10]. Успешная реализация спортивно-тренировочной программы здесь возможна при соблюдении этапности учебного процесса [9].

Основные этапы реализации программы физического воспитания студентов-футболистов представлены в таблице.

Этапы реализации программы физического воспитания на основе футбола

Этапы	Задачи	Мероприятия
Первый этап – этап спортивной ориентации – соответствует первому году обучения в вузе	Определение режима тренировок; составление индивидуальной тренировочной программы для самостоятельных занятий; поддержка мотивации; поиск возможности самостоятельно заниматься вне учебного расписания; ориентация в проводимых спортивных мероприятиях вуза; определение формы участия в спортивных мероприятиях вуза	На практических занятиях – освоение новых для студентов элементов двигательной активности; на лекционных и методико-практических занятиях – обучение самоконтролю и самооценке физического развития, функционального состояния и физической подготовленности, создание условий для освоения методов повышения физической и умственной работоспособности. Привлечение занимающихся к спортивно-массовой работе внутри учебного заведения
Следующий этап – этап спортивного совершенствования – соответствует второму и третьему курсам	Формирование компетенций, уровня теоретических знаний, практических умений и навыков для организации процесса спортивного самосовершенствования; формирование спортивного стиля жизни, осознанной потребности в занятиях видами двигательной активности; развитие способности использовать средства и методы физической культуры и спорта для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности	На практических занятиях – освоение разносторонней техники и тактики игры в футбол, развитие скоростных и скоростно-силовых качеств занимающихся, увеличение объемов изученных технических действий и тактических приемов; для роста спортивного мастерства – создание условий для повышения показателей физической работоспособности, развития быстроты и силы. Повышение спортивного мастерства по виду спорта и уровня физической подготовленности занимающихся, подготовка и участие в соревнованиях различного уровня
Третий этап – этап спортивной ориентации – заключительный этап	Дальнейшее формирование спортивного стиля жизни, осознанной потребности в занятиях видами двигательной активности; дальнейшее формирование навыков спортивного самосовершенствования; совершенствование технико-тактических действий для соревновательной деятельности	Дальнейшее повышение спортивного мастерства по виду спорта, подготовка и участие в соревнованиях различного уровня. Дальнейшее развитие полученных спортивных навыков, самоопределение относительно своего спортивного будущего. Участие в соревнованиях в составе команды вуза

Стоит отметить, что хорошо зарекомендовали себя учебные программы по физической культуре и спорту, основанные на принципах спортизации, которые предполагают большую долю самостоятельного участия студентов в выборе вида спорта, режима занятий и контроле выполнения своей учебной программы по физкультуре [2, 10]. Эти программы позволяют студентам самостоятельно вести тренировочно-соревновательную деятельность в межсеместровые периоды, поддерживая тем самым свою физическую форму. Согласно этим принципам, упражнения для выработки силы, темп и характер занятий подбираются индивидуально, в зависимости от мотивации и начального уровня физической подготовки студента.

Для сохранения мотивации учащихся к силовым тренировкам, требующим значительной силы воли и целеустремленности, рекомендуется применять игровой и соревновательный метод, позволяющий использовать азарт игры и соревнования для отработки упражнений всех перечисленных методов развития силы.

Заключение

Использование силовых упражнений развивает мышечную силу и выносливость учащихся, что обеспечивает способность футболиста к динамичным перемещениям и использованию широкого спектра форм двигательной активности, необходимых для данного вида спорта. Применение спортизированного подхода, использование игрового и спортивного методов на занятиях могут помочь поддерживать высокую степень заинтересованности студентов в развитии своих физических навыков и спортивных достижений в течение всего периода учебной деятельности.

Список литературы

1. Маркова Н.В., Рютин С.Г. Здоровье студенческой молодежи: современные тенденции // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 3. С. 168-172.
2. Лубышева Л.И., Загrevская А.И., Передельский А.А., Манжелей И.В., Литвиненко С.Н., Черепов Е.А., Пешкова Н.В., Родионова М.А., Поливаев А.Г., Кондратьев А.Н., Базилевич М.В. Спортизация в системе физического воспитания: от научной идеи к инновационной практике: монография. М.: НИЦ «Теория и практика физической культуры и спорта», 2017. 200 с.
3. Коняхина Г.П. Спортизация в системе физического воспитания: монография. Челябинск: Типография «Сити-Принт», ИП Мякотин И.В., 2020. 234 с.
4. Стеблев А.А., Никитин Г.Е., Акимова Е.М., Безрученко Н.В. Анализ методического подхода к построению тренировочных нагрузок у футболистов в учебно-тренировочных группах вуза // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2019. № 5 (171). URL: <http://lesgaft-notes.spb.ru/files/5-171-2019/p331-333.pdf> (дата обращения: 14.08.2022).
5. Фирулин А.Н. Развитие физических качеств футболистов в вузе // Образование и воспитание. 2020. № 3 (29). С. 69-71.
6. Бальсевич В.К. Физическая культура для всех и для каждого. М.: Физкультура и спорт, 1988. 207 с.
7. Злыгостев О.В. Модульно-целевое проектирование скоростно-силовой подготовки футболистов на этапе начальной спортивной специализации: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Тула, 2013. 23 с.
8. Муртазин Ш.Н. Применение подвижных игр с элементами мини-футбола для развития физических качеств занимающихся // Студенческий спорт: состояние и перспективы развития: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции (Сургут, 18 сентября 2021 г.). Сургут: СурГУ, 2022. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48660648_53627755.pdf (дата обращения: 19.08.2022).
9. Назаренко Л.Д., Тимошина И.Н., Костюнина Л.И. От теории к инновационным практикам спортизированного физического воспитания // Теория и практика физической культуры. 2021. № 6. С. 100-102.
10. Пешкова Н.В., Лубышева Л.И., Муртазин Ш.Н. Феномен спортизации физического воспитания в контексте развития студенческого спорта в вузах // Совершенствование системы физического воспитания, спортивной тренировки, туризма, психологического сопровождения и оздоровления различных категорий населения: сборник материалов XX Юбилейной международной научно-практической конференции (Сургут, 19 ноября 2021 г.). Сургут: СурГУ, 2022. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_48078818_25379159.pdf (дата обращения: 24.08.2022).

УДК 372.862

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛОЩАДКАХ, НАКЛОНЕННЫХ К БОКОВЫМ ГРЯНЯМ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДА, ПРИ ПЛОСКОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Подобед С.А.

Политехнический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет
имени М.К. Аммосова», Мирный, e-mail: podobedsa@mail.ru

В статье выводятся формулы для определения касательных и нормальных напряжений в площадке, наклоненной к боковым граням элементарного параллелепипеда (сопромат). Для восьми положений площадки относительно горизонтальных и вертикальных граней элементарного параллелепипеда поставлено восемь задач – вывести формулы для определения касательных и нормальных напряжений на этих площадках. В первой задаче выведены формулы для определения касательных и нормальных напряжений в площадке, наклоненной к нижней горизонтальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha > 0$. Во второй задаче выведены формулы для определения касательных и нормальных напряжений в площадке, наклоненной к нижней горизонтальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha < 0$. В третьей задаче выведены формулы для определения касательных и нормальных напряжений в площадке, наклоненной к правой вертикальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha > 0$. В четвертой задаче выведены формулы для определения касательных и нормальных напряжений в площадке, наклоненной к правой вертикальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha < 0$. В пятой задаче выведены формулы для определения касательных и нормальных напряжений в площадке, наклоненной к верхней горизонтальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha > 0$. В шестой задаче выведены формулы для определения касательных и нормальных напряжений в площадке, наклоненной к верхней горизонтальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha < 0$. В седьмой задаче выведены формулы для определения касательных и нормальных напряжений в площадке, наклоненной к левой вертикальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha > 0$. В восьмой задаче выведены формулы для определения касательных и нормальных напряжений в площадке, наклоненной к левой вертикальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha < 0$. Составлена таблица соответствия формул положению площадки относительно граней элементарного параллелепипеда.

Ключевые слова: интенсификация обучения, факторы интенсификации обучения, плоское напряженное состояние в точке, касательные и нормальные напряжения, элементарный параллелепипед

CONCERNING THE DETERMINATION OF STRESSES IN AREA ELEMENTS SLOPED TOWARDS PLATELIKE ELEMENT OF VOLUME LATERAL FACES IN PLAIN STRESS CONDITION

Podobed S.A.

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Mirny, e-mail: podobedsa@mail.ru

The purpose of the present article is to derive formulas for determining the tangent as well as normal stresses in an area element sloped towards the lateral faces of a platelike element of volume (strength of materials). Eight tasks have been set for eight positions of the area element relative to the lateral and top faces of the platelike element of volume, aimed at derivation of formulas for determining the tangent as well as normal stresses in the given area elements. The first task results in the formulas for determining the tangent and normal stresses in the area element sloped towards the lower lateral face of a platelike element of volume at an angle $\alpha > 0$. The second task presents the formulas for determining the tangent and normal stresses in the area element sloped towards the lower lateral face of a platelike element of volume at an angle $\alpha < 0$. The third task brings in the formulas for determining the tangent and normal stresses in the area element sloped towards the right lateral face of a platelike element of volume at an angle $\alpha > 0$. Task four is aimed at obtaining the formulas for determining the tangent and normal stresses in the area element sloped towards the right lateral face of a platelike element of volume at an angle $\alpha < 0$. Task five is aimed at obtaining the formulas for determining the tangent and normal stresses in the area element sloped towards the upper top face of a platelike element of volume at an angle $\alpha > 0$. The purpose of the task number six is the derivation of formulas for determining the tangent and normal stresses in the area element sloped towards the upper top face of a platelike element of volume at an angle $\alpha < 0$. The seventh task is to get the formulas for determining the tangent and normal stresses in the area element sloped towards the left lateral face of a platelike element of volume at an angle $\alpha > 0$. The task number eight is set to derive formulas for determining the tangent and normal stresses in the area element sloped towards the left lateral face of a platelike element of volume at an angle $\alpha < 0$. The table No. 1 is compiled to demonstrate the relation between the formulas an area element positions towards the faces of a platelike element of volume.

Keywords: learning augmentation, factors of learning augmentation, plain stress condition at a point, tangent and normal stresses, platelike element of volume

Увеличение объема информации в науках и уменьшение времени на освоение учебного материала дисциплин, преподаваемых в вузах, стало объективной ре-

альностью. Перед педагогической наукой стоит вопрос, как за короткий срок дать обучаемым максимально большое количество необходимой информации, как повы-

На гранях действуют сосредоточенные силы $P_x, P_y, T_x, T_y, P_\alpha, T_\alpha$, равные произведению соответствующего напряжения на площадь грани и приложенные в центрах тяжести этих граней:

$$P_x = \sigma_x dydz; P_y = \sigma_y dxdz; T_x = \tau_x dxdz; T_y = \tau_y dydz; P_\alpha = \sigma_\alpha dsdz; T_\alpha = \tau_\alpha dsdz. \quad (1)$$

Призма находится в равновесии. Составим уравнения равновесия (приравняем к нулю сумму проекций всех сил на оси u и v):

$$\sum V = P_\alpha - (P_x - T_x) \sin \alpha - (P_y - T_y) \cos \alpha = 0; \quad (2)$$

$$\sum U = T_\alpha - (P_x - T_x) \cos \alpha - (P_y - T_y) \sin \alpha = 0. \quad (3)$$

Подставим в уравнения (2) и (3) выражения сил из равенств (1):

$$\sum V = \sigma_\alpha dsdz - (\sigma_x dydz - \tau_x dxdz) \sin \alpha - (\sigma_y dxdz - \tau_y dydz) \cos \alpha = 0;$$

$$\sum U = \tau_\alpha dsdz + (\sigma_x dydz - \tau_x dxdz) \cos \alpha - (\sigma_y dxdz - \tau_y dydz) \sin \alpha = 0.$$

Сократив эти уравнения на $dsdz$, учитывая при этом, что $(dy / ds) = \sin \alpha$, а $(dx / ds) = \cos \alpha$ будем иметь:

$$\sigma_\alpha - (\sigma_x \sin \alpha - \tau_x \cos \alpha) \sin \alpha - (\sigma_y \cos \alpha - \tau_y \sin \alpha) \cos \alpha = 0; \quad (4)$$

$$\tau_\alpha + (\sigma_x \sin \alpha - \tau_x \cos \alpha) \cos \alpha - (\sigma_y \cos \alpha - \tau_y \sin \alpha) \sin \alpha = 0. \quad (5)$$

Раскрывая скобки и решая уравнения (4) и (5) относительно σ_α и τ_α , получаем

$$\sigma_\alpha = \sigma_x \sin^2 \alpha - \tau_x \sin \alpha \cos \alpha + \sigma_y \cos^2 \alpha - \tau_y \sin \alpha \cos \alpha; \quad (6)$$

$$\tau_\alpha = -\sigma_x \sin \alpha \cos \alpha + \tau_x \cos^2 \alpha + \sigma_y \sin \alpha \cos \alpha - \tau_y \sin^2 \alpha. \quad (7)$$

Заменяя τ_y на τ_x (они равны по модулю) в уравнениях (6) и (7), окончательно получаем

$$\sigma_\alpha = \sigma_y \cos^2 \alpha + \sigma_x \sin^2 \alpha - \tau_x \sin 2\alpha; \quad (8)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \sin 2\alpha + \tau_x \cos 2\alpha. \quad (9)$$

Задача 2. Определение касательных и нормальных напряжений на площадках, наклоненных к нижней грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha < 0$ (рис. 1, б).

Призма находится в равновесии. Составим уравнения равновесия (приравняем к нулю сумму проекций всех сил на оси u и v):

$$\sum V = P_\alpha - (P_x + T_x) \sin \alpha - (P_y + T_y) \cos \alpha = 0; \quad (10)$$

$$\sum U = T_\alpha - (P_x + T_x) \cos \alpha + (P_y + T_y) \sin \alpha = 0. \quad (11)$$

Подставим в уравнения (10) и (11) выражения сил из равенств (1):

$$\sum V = \sigma_\alpha dsdz - (\sigma_x dydz + \tau_x dxdz) \sin \alpha - (\sigma_y dxdz + \tau_y dydz) \cos \alpha = 0;$$

$$\sum U = \tau_\alpha dsdz - (\sigma_x dydz + \tau_x dxdz) \cos \alpha + (\sigma_y dxdz + \tau_y dydz) \sin \alpha = 0.$$

Сократив эти уравнения на $dsdz$, учитывая при этом, что $(dy / ds) = \sin \alpha$, а $(dx / ds) = \cos \alpha$, будем иметь

$$\sigma_\alpha - (\sigma_x \sin \alpha + \tau_x \cos \alpha) \sin \alpha - (\sigma_y \cos \alpha + \tau_y \sin \alpha) \cos \alpha = 0;$$

$$\tau_\alpha - (\sigma_x \sin \alpha + \tau_x \cos \alpha) \cos \alpha + (\sigma_y \cos \alpha + \tau_y \sin \alpha) \sin \alpha = 0.$$

Раскрывая скобки и решая данные уравнения относительно σ_α и τ_α , получаем

$$\sigma_\alpha = \sigma_x \sin^2 \alpha + \tau_x \sin \alpha \cos \alpha + \sigma_y \cos^2 \alpha + \tau_y \sin \alpha \cos \alpha;$$

$$\tau_\alpha = \sigma_x \sin \alpha \cos \alpha + \tau_x \cos^2 \alpha - \sigma_y \sin \alpha \cos \alpha - \tau_y \sin^2 \alpha.$$

Заменяя τ_y на τ_x (они по модулю равны), окончательно будем иметь

$$\sigma_\alpha = \sigma_y \cos^2 \alpha + \sigma_x \sin^2 \alpha + \tau_x \sin 2\alpha; \quad (12)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_x \cos 2\alpha. \quad (13)$$

Задача 3. Определение касательных и нормальных напряжений на площадках, наклоненных к правой вертикальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha > 0$ (рис. 2, а).

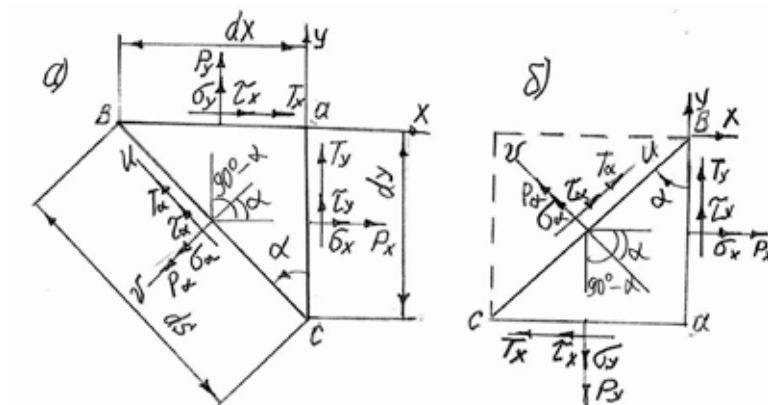


Рис. 2. Плоское напряженное состояние в точке:
а) площадка bc наклонена к правой грани ac под углом $\alpha > 0$;
б) площадка bc наклонена к правой грани ab под углом $\alpha < 0$

Призма находится в равновесии. Составим уравнения равновесия (приравняем к нулю сумму проекций всех сил на оси u и v):

$$\sum V = P_\alpha - (P_x + T_x) \cos \alpha - (P_y + T_y) \sin \alpha = 0; \quad (14)$$

$$\sum U = T_\alpha - (P_x + T_x) \sin \alpha + (P_y + T_y) \cos \alpha = 0. \quad (15)$$

Подставим в уравнения (14) и (15) выражения сил из равенств (1):

$$\sum V = \sigma_\alpha ds dz - (\sigma_x dy dz + \tau_x dx dz) \cos \alpha - (\sigma_y dx dz + \tau_y dy dz) \sin \alpha = 0;$$

$$\sum U = \tau_\alpha ds dz - (\sigma_x dy dz + \tau_x dx dz) \sin \alpha + (\sigma_y dx dz + \tau_y dy dz) \cos \alpha = 0.$$

Сократив эти уравнения на $ds dz$, учитывая при этом, что $(dy / ds) = \cos \alpha$, а $(dx / ds) = \sin \alpha$, будем иметь

$$\sigma_\alpha - (\sigma_x \cos \alpha + \tau_x \sin \alpha) \cos \alpha - (\sigma_y \sin \alpha + \tau_y \cos \alpha) \sin \alpha = 0;$$

$$\tau_\alpha - (\sigma_x \cos \alpha + \tau_x \sin \alpha) \sin \alpha + (\sigma_y \sin \alpha + \tau_y \cos \alpha) \cos \alpha = 0.$$

Раскрывая скобки и решая данные уравнения относительно σ_α и τ_α , получаем

$$\sigma_\alpha = \sigma_x \cos^2 \alpha + \tau_x \sin \alpha \cos \alpha + \sigma_y \sin^2 \alpha + \tau_y \sin \alpha \cos \alpha;$$

$$\tau_\alpha = \sigma_x \sin \alpha \cos \alpha + \tau_x \sin^2 \alpha - \sigma_y \sin \alpha \cos \alpha - \tau_y \cos^2 \alpha.$$

Заменяя τ_y на τ_x (они равны по модулю), окончательно будем иметь

$$\sigma_\alpha = \sigma_y \sin^2 \alpha + \sigma_x \cos^2 \alpha + \tau_x \sin 2\alpha ; \quad (16)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha - \tau_x \cos 2\alpha. \quad (17)$$

Эти формулы совпадают с формулами, выведенными в [3, с. 28], заменив τ_x на τ_{xy} .

Задача 4. Определение касательных и нормальных напряжений в площадках, наклоненных к правой грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha < 0$ (рис. 2, б).

Призма находится в равновесии. Составим уравнения равновесия (приравняем к нулю сумму проекций всех сил на оси u и v):

$$\sum V = P_\alpha - (P_x + T_x) \cos \alpha - (P_y + T_y) \sin \alpha = 0 ; \quad (18)$$

$$\sum U = T_\alpha - (P_x + T_x) \sin \alpha + (P_y + T_y) \cos \alpha = 0. \quad (19)$$

Подставим в уравнения (18) и (19) выражения сил из равенств (1):

$$\sum V = \sigma_\alpha ds dz - (\sigma_x dy dz + \tau_x dx dz) \cos \alpha - (\sigma_y dx dz + \tau_y dy dz) \sin \alpha = 0 ;$$

$$\sum U = \tau_\alpha ds dz - (\sigma_x dy dz + \tau_x dx dz) \sin \alpha + (\sigma_y dx dz + \tau_y dy dz) \cos \alpha = 0.$$

Сократив эти уравнения на $ds dz$, учитывая при этом, что $(dy / ds) = \cos \alpha$, а $(dx / ds) = \sin \alpha$, будем иметь:

$$\sigma_\alpha - (\sigma_x \cos \alpha + \tau_x \sin \alpha) \cos \alpha - (\sigma_y \sin \alpha + \tau_y \cos \alpha) \sin \alpha = 0 ;$$

$$\tau_\alpha - (\sigma_x \cos \alpha + \tau_x \sin \alpha) \sin \alpha + (\sigma_y \sin \alpha + \tau_y \cos \alpha) \cos \alpha = 0.$$

Раскрывая скобки и решая данные уравнения относительно σ_α и τ_α , получаем

$$\sigma_\alpha = \sigma_x \cos^2 \alpha + \tau_x \sin \alpha \cos \alpha + \sigma_y \sin^2 \alpha + \tau_y \sin \alpha \cos \alpha ;$$

$$\tau_\alpha = \sigma_x \sin \alpha \cos \alpha + \tau_x \sin^2 \alpha - \sigma_y \sin \alpha \cos \alpha - \tau_y \cos^2 \alpha .$$

Заменяя τ_y на τ_x (они равны по модулю), окончательно будем иметь

$$\sigma_\alpha = \sigma_y \sin^2 \alpha + \sigma_x \cos^2 \alpha + \tau_x \sin 2\alpha ; \quad (20)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha - \tau_x \cos 2\alpha. \quad (21)$$

Задача 5. Определение касательных и нормальных напряжений на площадках, наклоненных к верхней горизонтальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha > 0$ (рис. 3, а).

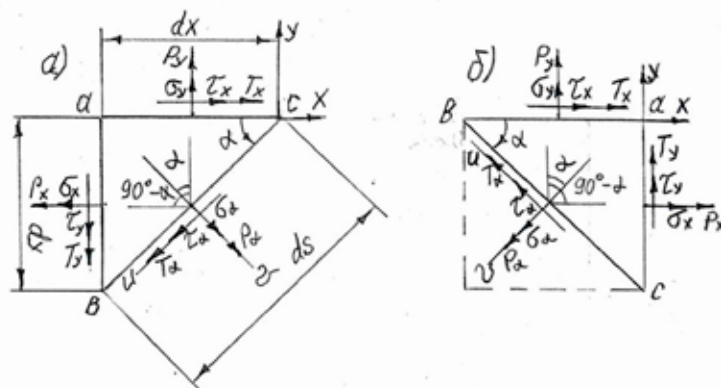


Рис. 3. Плоское напряженное состояние в точке:
а) площадка bc наклонена к верхней грани ac под углом $\alpha > 0$;
б) площадка bc наклонена к верхней грани ab под углом $\alpha < 0$

Призма находится в равновесии. Составим уравнения равновесия (приравняем к нулю сумму проекций всех сил на оси u и v):

$$\sum V = P_\alpha - (P_x - T_x) \sin \alpha - (P_y - T_y) \cos \alpha = 0; \quad (22)$$

$$\sum U = T_\alpha + (P_x - T_x) \cos \alpha - (P_y - T_y) \sin \alpha = 0. \quad (23)$$

Подставим в уравнения (22) и (23) выражения сил из равенств (1):

$$\sum V = \sigma_\alpha dsdz - (\sigma_x dydz - \tau_x dx dz) \sin \alpha - (\sigma_y dx dz - \tau_y dy dz) \cos \alpha = 0;$$

$$\sum U = \tau_\alpha dsdz + (\sigma_x dydz - \tau_x dx dz) \cos \alpha - (\sigma_y dx dz - \tau_y dy dz) \sin \alpha = 0.$$

Сократив эти уравнения на $dsdz$, учитывая при этом, что $(dy/ds) = \sin \alpha$, а $(dx/ds) = \cos \alpha$, заменяя τ_y на τ_x и решая их относительно σ_α и τ_α будем иметь следующие уравнения:

$$\sigma_\alpha = \sigma_y \cos^2 \alpha + \sigma_x \sin^2 \alpha - \tau_x \sin 2\alpha; \quad (24)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \sin 2\alpha + \tau_x \cos 2\alpha. \quad (25)$$

Задача 6. Определение касательных и нормальных напряжений на площадках, наклоненных к верхней горизонтальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha < 0$ (рис. 3, б).

Призма находится в равновесии. Составим уравнения равновесия (приравняем к нулю сумму проекций всех сил на оси u и v):

$$\sum V = P_\alpha - (P_x + T_x) \sin \alpha - (P_y + T_y) \cos \alpha = 0; \quad (26)$$

$$\sum U = T_\alpha - (P_x + T_x) \cos \alpha + (P_y + T_y) \sin \alpha = 0. \quad (27)$$

Подставим в уравнения (26) и (27) выражения сил из равенств (1):

$$\sum V = \sigma_\alpha dsdz - (\sigma_x dydz + \tau_x dx dz) \sin \alpha - (\sigma_y dx dz + \tau_y dy dz) \cos \alpha = 0;$$

$$\sum U = \tau_\alpha dsdz - (\sigma_x dydz + \tau_x dx dz) \cos \alpha + (\sigma_y dx dz + \tau_y dy dz) \sin \alpha = 0.$$

Сократив эти уравнения на $dsdz$, учитывая при этом, что $(dy/ds) = \sin \alpha$, а $(dx/ds) = \cos \alpha$, заменяя τ_y на τ_x и решая их относительно σ_α и τ_α будем иметь следующие уравнения:

$$\sigma_\alpha = \sigma_y \cos^2 \alpha + \sigma_x \sin^2 \alpha + \tau_x \sin 2\alpha; \quad (28)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha + \tau_x \cos 2\alpha. \quad (29)$$

Задача 7. Определение касательных и нормальных напряжений на площадках, наклоненных к левой вертикальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha > 0$ (рис. 4, а).

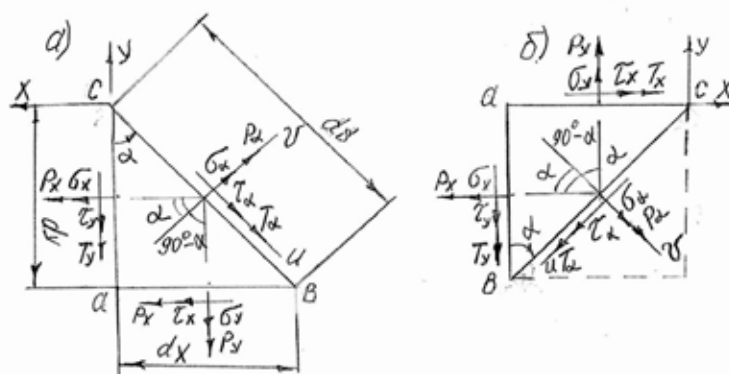


Рис. 4. Плоское напряженное состояние в точке:
а) площадка bc наклонена к левой грани ac под углом $\alpha > 0$;
б) площадка bc наклонена к левой грани ab под углом $\alpha < 0$

Призма находится в равновесии. Составим уравнения равновесия (приравниваем к нулю сумму проекций всех сил на оси u и v):

$$\sum V = P_\alpha - (P_x + T_x) \cos \alpha - (P_y + T_y) \sin \alpha = 0; \quad (30)$$

$$\sum U = T_\alpha - (P_x + T_x) \sin \alpha + (P_y + T_y) \cos \alpha = 0. \quad (31)$$

Подставим в уравнения (30) и (31) выражения сил из равенств (1):

$$\sum V = \sigma_\alpha dsdz - (\sigma_x dydz + \tau_x dx dz) \cos \alpha - (\sigma_y dx dz + \tau_y dydz) \sin \alpha = 0;$$

$$\sum U = \tau_\alpha dsdz - (\sigma_x dydz + \tau_x dx dz) \sin \alpha + (\sigma_y dx dz + \tau_y dydz) \cos \alpha = 0.$$

Сократив эти уравнения на $dsdz$, учитывая при этом, что $(dy/ds) = \cos \alpha$, а $(dx/ds) = \sin \alpha$, заменяя τ_y на τ_x и решая их относительно σ_α и τ_α будем иметь следующие уравнения:

$$\sigma_\alpha = \sigma_y \sin^2 \alpha + \sigma_x \cos^2 \alpha + \tau_x \sin 2\alpha; \quad (32)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha - \tau_x \cos 2\alpha. \quad (33)$$

Эти формулы совпадают с формулами, выведенными в [4, с.75], заменив τ_x на $-\tau$.

Задача 8. Определение касательных и нормальных напряжений на площадках, наклоненных к левой вертикальной грани элементарного параллелепипеда под углом $\alpha < 0$ (рис. 4, б).

Призма находится в равновесии. Составим уравнения равновесия (приравниваем к нулю сумму проекций всех сил на оси u и v):

$$\sum V = P_\alpha - (P_x - T_x) \cos \alpha - (P_y - T_y) \sin \alpha = 0; \quad (34)$$

$$\sum U = T_\alpha + (P_x - T_x) \sin \alpha - (P_y - T_y) \cos \alpha = 0. \quad (35)$$

Подставим в уравнения (34) и (35) выражения сил из равенств (1):

$$\sum V = \sigma_\alpha dsdz - (\sigma_x dydz - \tau_x dx dz) \cos \alpha - (\sigma_y dx dz - \tau_y dydz) \sin \alpha = 0;$$

$$\sum U = \tau_\alpha dsdz + (\sigma_x dydz - \tau_x dx dz) \sin \alpha - (\sigma_y dx dz - \tau_y dydz) \cos \alpha = 0.$$

Сократив эти уравнения на $dsdz$, учитывая при этом, что $(dy/ds) = \cos \alpha$, а $(dx/ds) = \sin \alpha$, заменяя τ_y на τ_x и решая их относительно σ_α и τ_α будем иметь следующие уравнения:

$$\sigma_\alpha = \sigma_y \sin^2 \alpha + \sigma_x \cos^2 \alpha - \tau_x \sin 2\alpha; \quad (36)$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \sin 2\alpha - \tau_x \cos 2\alpha. \quad (37)$$

Для ускорения вычисления касательных и нормальных напряжений в площадках, наклоненных к граням элементарного параллелепипеда, при плоском напряженном состоянии составлена таблица, где в одной строке выставлены формулы и соответствующие им положения площадок относительно граней.

Пример 1. Для напряженного состояния, изображенного на рис. 5, определить напряжения σ_α и τ_α на площадке $I-I$, наклоненной к нижней грани под углом $\alpha = 60^\circ$, к правой грани под углом $\alpha = -30^\circ$, если $\sigma_y = -500 \text{ кгс/см}^2$, $\sigma_x = 1000 \text{ кгс/см}^2$, $\tau_x = 250 \text{ кгс/см}^2$.

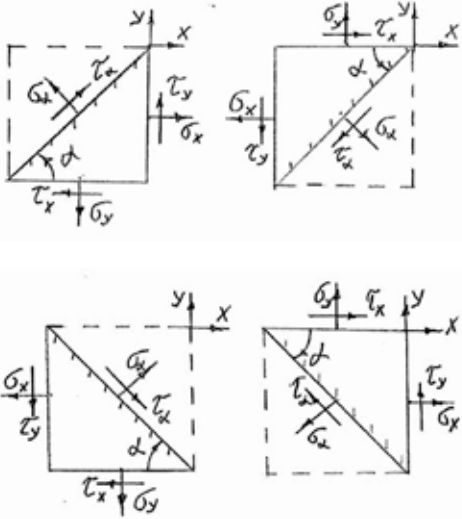
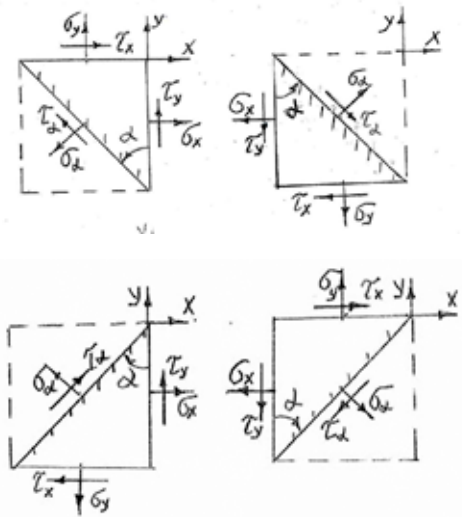
Решение. В первой строке таблицы находим заданное положение площадки и соответствующие ему формулы для нахождения напряжений на этой площадке с наклоном 60° к нижней грани (пример 1.3 из [2, с. 114]). Подставим в эти формулы заданные напряжения σ_y , σ_x , τ_x и угол α в соответствии с правилом знаков

$$\sigma_\alpha = \sigma_y \cos^2 \alpha + \sigma_x \sin^2 \alpha - \tau_x \sin 2\alpha =$$

$$-500 \cos^2 60^\circ + 1000 \sin^2 60^\circ - 250 \sin 120^\circ = 410 \text{ кгс/см}^2,$$

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \sin 2\alpha + \tau_x \cos 2\alpha = \frac{-500 - 1000}{2} \sin 120^\circ + 250 \cos 120^\circ = -775 \text{ кгс/см}^2.$$

Формулы для определения напряжений в площадках, наклоненных к граням элементарного параллелепипеда, при плоском напряженном состоянии

№ п/п 1		$\sigma_{\alpha} = \sigma_y \cos^2 \alpha + \sigma_x \sin^2 \alpha - \tau_x \sin 2\alpha$ $\tau_{\alpha} = \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \sin 2\alpha + \tau_x \cos 2\alpha$
2		$\sigma_{\alpha} = \sigma_y \sin^2 \alpha + \sigma_x \cos^2 \alpha + \tau_x \sin 2\alpha$ $\tau_{\alpha} = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\alpha - \tau_x \cos 2\alpha$

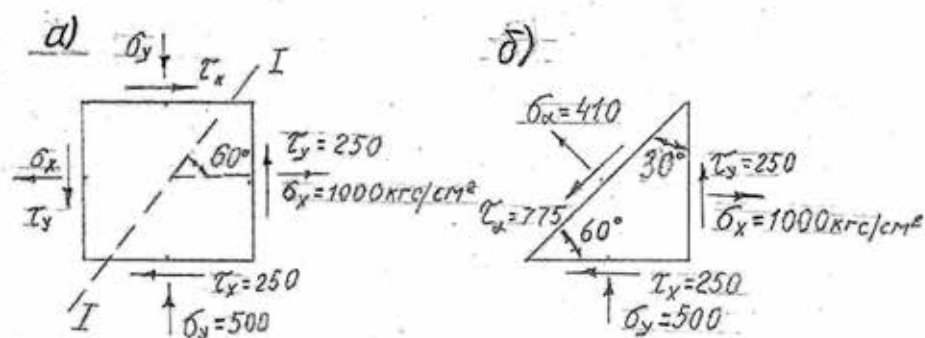


Рис. 5. Напряженное состояние в точке:
а) положение площадки I-I; б) изображение напряжений на наклонной площадке

Результаты исследования и их обсуждение

При выводе формул для вычисления касательных и нормальных напряжений в площадках, наклоненных к боковым граням элементарного параллелепипеда, рассматривалось их положение под углом $\alpha > 0$ и под углом $\alpha < 0$. Было получено восемь пар формул. Анализ этих формул показал, что при наклоне площадки либо к нижней, либо к верхней грани формулы имеют одинаковый вид. Одинаковый вид также имеют формулы для определения напряжений на площадке, наклоненной к левой и правой вертикальной грани. Для определения напряжений в рассматриваемых площадках с использованием выведенных формул необходимо напряжения σ_y , σ_x , τ_x и угол α подставлять в эти формулы в соответствии с правилом знаков. Результаты исследования сведены в таблицу.

Заключение

Анализ информации из источников по сопротивлению материалов показывает, что формулы для определения напряжений в площадках, наклоненных к вертикальной левой грани и к вертикальной правой грани элементарного параллелепипеда – разные.

В данной статье установлено, что формулы для определения напряжений в площадке с наклоном к левой и к правой грани одинаковы. Уменьшение формул вдвое, информация о правилах пользования формулами, представление результатов исследования в таблице для всех возможных положений наклонной площадки способствует ускорению учебных действий как одного из факторов интенсификации обучения. Результаты исследования будут полезны студентам, преподавателям, всем, кто изучает сопротивление материалов.

Список литературы

1. Одинцов А.И. Проблема интенсификации процесса обучения в современной педагогической науке // Молодой ученый. 2015. № 3 (83). С. 829–831.
2. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов: учебник для технических вузов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1989. 624 с.
3. Кривошапко С.Н. Сопротивление материалов: учебник и практикум для прикладного бакалавриата. М.: Юрайт, 2015. 413 с. Серия: Профессиональное образование.
4. Межецкий Г.Д., Загребин Г.Г., Решетник Н.Н. Сопротивление материалов: учебник / под общ. ред. Г.Д. Межецкого, Г.Г. Загребина. 5-е изд. М., 2016. 432 с.
5. Грушевский С.П., Остапенко А.А. Сгущение учебной информации в профессиональном образовании: монография. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2012. 188 с.

УДК 378.1

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖКУЛЬТУРНОГО И СОЦИАЛЬНОГО ОБМЕНА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

¹Рыбасова Ю.Ю., ²Утеева Э.Н.¹ФГБОУ ВО «Казанский государственный институт культуры», Казань,
e-mail: rybasova68@gmail.com;²ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации, Казань,
e-mail: elmirauteeva@mail.ru

Актуальность статьи обусловлена тем, что в современной и сложной общественной ситуации продолжается процесс совершенствования образовательной среды вуза. Делается акцент на применении цифровых технологий с целью использования межкультурного и социального обмена в образовательном процессе. Цель статьи заключается в использовании межкультурного и социального обмена в вузовской среде в процессе применения цифровых технологий. Мы рекомендуем применять цифровые технологии, такие как VR- и AR-технологии и мессенджер-технологии в образовательном процессе. Они могут стать площадкой для создания современных и интересных образовательных программ, дорожных образовательных карт и научно-профессиональных платформ. Цифровые технологии – это процесс трансформации всей системы образования в цифровую среду. Важно, на наш взгляд, научиться управлять этой системой так, чтобы и преподаватель, и студент качественно проводили анализ, исследовали и изучали полученные знания, повышали навыки работы с такими технологиями, как мессенджер-технологии; технологии виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR). Мы предложили свои разработки по внедрению в образовательный процесс таких цифровых технологий, как мессенджер-технологии, VR- и AR-технологии, которые могут быть трендом управления системы обучения и образования. Совершенствуя знания с помощью этих технологий, ориентируясь на законодательную базу и научные труды, при ответственном отношении к использованию цифровых технологий, увеличится качество социального и межкультурного обмена в образовательной среде.

Ключевые слова: мессенджер-технологии, технологии виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR), социальный и межкультурный обмен, образовательная среда, диалог-дискуссия, интернет-коммуникация, интернет-общение

THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR THE USE OF INTERCULTURAL AND SOCIAL EXCHANGE IN THE EDUCATIONAL PROCESS

¹Rybasova Yu.Yu., ²Uteeva E.N.¹Kazan State Institute of Culture, Kazan, e-mail: rybasova68@gmail.com;²Kazan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Kazan,
e-mail: elmirauteeva@mail.ru

The relevance of the article is due to the fact that in a modern and complex social situation, the process of improving the educational environment of the university continues. The emphasis is on the use of digital technologies in order to use intercultural and social exchange in the educational process. The purpose of the article is to use intercultural and social exchange in the university environment in the process of applying digital technologies. We recommend using digital technologies such as VR and AR technologies and messenger technologies in the educational process. They can become a platform for creating modern and interesting educational programs, educational road maps and scientific and professional platforms. Digital technologies are the process of transforming the entire education system into a digital environment. It is important, in our opinion, to learn how to manage this system so that both the teacher and the student qualitatively analyze, research and study the acquired knowledge, improve their skills with technologies such as messenger technologies; virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies. We have proposed our own developments for the introduction of digital technologies such as messenger technologies, VR and AR technologies into the educational process, which can be a trend in the management of the training and education system. Improving knowledge with the help of these technologies, focusing on the legislative framework and scientific works, with a responsible attitude to the use of digital technologies, the quality of social and intercultural exchange in the educational environment will increase.

Keywords: messenger technologies, virtual reality (VR) and augmented reality (AR) technologies, social and intercultural exchange, educational environment, dialogue-discussion, Internet communication, Internet communication

В связи с современной социально-политической обстановкой особенно важна роль высшего образования. Образовательная среда вуза создает условия для личности, которая стремится совершенствовать свою

культуру с помощью новейших достижений, как в теории, так и на практике [1].

Сегодня актуально говорить о применении инновационных средств и методов для быстрого обновления знаний, повыше-

ния качества профессиональной подготовки и стремления к образованию в течение всей последующей жизни. Поэтому важно и необходимо в вузовской среде создать атмосферу обмена межкультурного и социального развития, духовного становления, толерантного отношения к себе и другим, самореализации и самоутверждения в жизни и в будущей профессиональной деятельности. Применение цифровых технологий в образовательном процессе поможет преподавателю и студенту создать площадку для диспутов и дискуссий в передаче знаний и умений. Мостиком межкультурного и социального обмена в образовательном процессе должны стать дорожные образовательные карты, новые образовательные программы и научно-профессиональные платформы для социально-культурного диалога между преподавателем, студентами и работодателем.

Цель исследования – использование межкультурного и социального обмена в вузовской среде в процессе применения цифровых технологий.

Материалы и методы исследования

Для изучения применения цифровых технологий с целью использования межкультурного и социального обмена в образовательном процессе был проанализирован теоретический материал педагогических, социологических, правоведческих и культурологических трудов. В частности, В.Г. Ларионов, В.Н. Шереметьева, Л.А. Горшкова, исследуя применение цифровых технологий в образовательном процессе, говорят о том, что вузы должны прийти к построению собственного творческого и инновационного пространства. Включить образовательные программы и конструкты в виде интерфейсов для обмена знаниями в области межкультурного и социального взаимодействия [2].

Р.В. Никонов, изучив вопрос межкультурного и социального обмена в образовательной среде, утверждает, что в рамках современного образования важным остается воспитание и совершенствование личности, готовой вести продуктивное взаимодействие с другими культурами и их представителями, проводить обмен социальными и межкультурными ценностями и транслировать их [3].

Современным исследованием по применению цифровых технологий стала коллективная монография немецких исследователей «Навигатор по цифровому образованию» А. Кроммера, М. Линднера, Д. Михайлович, Й. Муусс-Мерхольц, Ф. Вампфлера при участии Л. Розы и К. Пассинг, где указывается,

что цифровизацию сегодня нужно рассматривать как средство достижения образовательных целей с помощью межкультурного и социального обмена [4].

Результаты исследования и их обсуждение

В современном мире необходимо понимать важность обращения к документам нормативно-правовой базы о социальной и культурной модернизации в процессе обмена знаниями, умениями и навыками межкультурного образовательного пространства.

В Федеральном законе от 09 октября 1992 г. № 3612-1 «Основы российского законодательства Российской Федерации о культуре» (с последующими поправками от 1 апреля 2020 г.) в статье 13 «Право на эстетическое воспитание и художественное образование» указано, что «каждый имеет право на эстетическое воспитание и художественное образование, на выбор форм получения эстетического воспитания и художественного образования в соответствии с законодательством об образовании» [5].

В «Общих положениях» «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» указывается на то, что, сохраняя традиционные российские духовно-нравственные ценности образования и соблюдая их, важно совершенствовать эти ценности и нормы поведения. Важно и необходимо совершенствовать знания, ориентируясь на законодательную базу и получение их с помощью цифровых образовательных технологий, использовать, применяя на практике [6].

Главным направлением культурной жизни граждан России является возрождение социально-духовных ценностей: сохранение и обмен на межнациональном и межкультурном уровнях, обеспечение социально-культурного многообразия и единства культур, государственно-социальная поддержка семейных, конфессиональных традиций и патриотизм [7].

В Федеральном проекте «Цифровая образовательная среда» определена трансформация цифровых технологий в образовательном процессе. Целью данного проекта является улучшение качества образования с помощью цифровой среды, это позволит расширить границы получения образования, использования межкультурного и социального обмена в образовательном пространстве, а также отвечать требованиям российской и международной систем образования [8].

В современной ситуации особенность этого проекта обозначена в одной из задач – это воспитание гармонично развитой

и духовно-нравственной личности, имеющей свою гражданскую позицию и культуру правосознания и просвещения.

Цифровые технологии – это процесс трансформации всей системы образования в цифровую среду, поэтому важно, на наш взгляд, научиться управлять этой системой так, чтобы и преподаватель, и студент, качественно осваивая учебный материал, проводили анализ, исследовали и изучали полученные знания, повышали навыки работы, например, с такими технологиями, как мессенджер-технологии; технологии виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR).

В рамках применения цифровых технологий с целью использования межкультурного и социального обмена в образовательном процессе мы предлагаем практические наработки цифровых технологий в процессе изучения образовательных дисциплин.

Для проведения занятия студентам Казанского государственного института культуры, обучающимся по направлению подготовки «Социально-культурная деятельность» на тему «Дискуссии о значении искусства на страницах журналов и газет в первые десятилетия XIX века» в разделе «Развитие художественной критики и журналистики в первые десятилетия XIX века» по дисциплине «Арт-журналистика», нами предлагается использование VR- и AR-технологий.

В роли арт-журналиста выступит виртуальный образ – Василий Андреевич Жуковский, который студентам, будущим арт-критикам, расскажет о создании «новой школы» отечественной поэзии – романтизма и в своих авторских «эстетических конспектах» изложит свою точку зрения в понимании искусства, которое отвечало запросам раннему периоду романтической школы.

Между студентами и виртуальным арт-журналистом Василием Андреевичем Жуковским пройдут дискуссии о журнале «Вестник Европы», в которых будут освещаться статьи разного толка от политических до социально-общественных и культурных вопросов.

Студентам будут интересны такие рубрики, в которых обсуждается профессионализм будущего критика-журналиста. Виртуальный журналист и критик Василий Андреевич Жуковский напомним слушателям о своей статье «О критике», в которой были написаны замечательные слова: «...великие критики так же редки, как и великие художники».

В.А. Жуковский как журналист предложит студентам давать адекватные оценки тех, кого критикуют, например, исходя

из качества постановок театральных сцен в рамках художественной критики или адекватность восприятия режиссером пьес авторского замысла.

Итогом первой части занятия будет написание заметки на тему «В.А. Жуковский как русский критик, журналист и переводчик». Во второй части семинара студенты совершат виртуальные прогулки по газетной журнальной хронике и познакомятся с дискуссиями о значении искусства в эпоху романтизма в первые десятилетия XIX в.

Мессенджер-технологии мы предлагаем использовать в процессе изучения темы: «Диалог культур как основа современной культуры в работах М.М. Бахтина и Ф.М. Достоевского» по дисциплине «Теория и практика межкультурных коммуникаций».

К особенностям мессенджер-технологий относятся следующие функции:

1. Контактная – установление взаимного обмена между собеседниками.

2. Информационная – в процессе образовательного общения происходит обмен мнениями, сведениями и решениями.

3. Эмотивная – обмен эмоциями и переживаниями между коммуникантами.

При прохождении предложенной темы со студентами необходимо обсудить характерную особенность для человека – диалог личности, ее отношение к миру и к самой себе.

В своих трудах русский культуролог и литературовед Михаил Михайлович Бахтин изучал и исследовал особенности диалога. Ученый обращается к пониманию личности через формы гуманитарного мышления. Жизненные ценности человека становятся реальными (бытийными), как говорит М.М. Бахтин, когда они оцениваются другими.

Например, утверждает философ, личность характеризует себя через такие моральные качества, как добро и зло, умение и глупость, красоту и безобразие. Благодаря признанию других, благодаря отношению других к личности, происходит как изменение внутри, так и становление вовне.

Личность, с точки зрения Федора Михайловича Достоевского, диалогична, и это мы читаем в его романах. Как пишет М.М. Бахтин, великий русский писатель имел дар слышать диалоги в том времени, в котором сам жил, через голоса его героев. Диалог отношений и взаимоотношений через действия и поступки своих персонажей.

В процессе обсуждения этой темы будет применен речевой жанр «разговор в мессенджере», где соединились «разговор» (диалог – дискуссия) и «информация» (интернет-коммуникация и интернет-общение).

Феномену диалога Михаил Михайлович Бахтин придает особенное значение. Отношение людей в диалоге – это не просто их жизнь, это особенное явление (событие), где есть место речи, сознанию, отношениям и проявлениям в жизни личности ее смысла назначения.

Обращаясь к диалогу, мы должны понимать, что он способен разрешить любой конфликт, найти путь решения сложной жизненной социальной задачи в межкультурном обмене [9].

На базе Казанского государственного института культуры мы провели опрос среди студентов о применении цифровых технологий в учебном процессе. Обобщив ответы респондентов, мы выявили следующее. По вопросу, используются ли цифровые ресурсы в вашем вузе для проведения занятий со студентами, 100 % респондентов ответили, что используются. И такой ответ не удивителен в условиях, когда онлайн-обучение стало для нас вполне привычным, предоставляя широкий спектр перспектив и возможностей в образовании.

По вопросу «Какие образовательные программы используют преподаватели для проведения занятий со студентами?» голоса респондентов распределились следующим образом: 15 % указали – внешние; 75 % – внутренние; 7 % – совмещают внешние и внутренние; 3 % – не знают.

Для того чтобы определить, что уже используют студенты в процессе обучения, был задан вопрос, какие виды информационных материалов используют преподаватели для организации занятий. Результаты ответов распределились следующим образом: ссылки на внешние ресурсы (95 %); ссылки на электронную библиотечную систему вуза (70 %); дистанционные курсы (40 %); электронное портфолио студента (35 %); личный кабинет студента (13 %).

Опрошенные нами респонденты указали, что учет успеваемости и контроль полученных знаний, умений и навыков на занятиях с применением информационных технологий происходит в бумажном журнале (95 %). Совершенно справедливы при этом пожелания от студентов в качестве совершенствования цифровых технологий в вузе – введение электронного дневника (82 %). Сегодня поколение студентов понимает, что наступило время всеобщей и всесторонней автоматизации, когда всю информацию вводят через компьютеры, передают через электронную почту, сайты и различные цифровые сервисы.

Согласно результатам нашего опроса, студенты положительно относятся к использованию стороннего видеоматериала

на занятиях. На вопрос «Как вы считаете, видеоматериалы должны быть разработаны специально для предметного курса или можно воспользоваться уже готовыми видео?», респонденты указали, что должны быть разработаны специально для предметного курса – 14 %. Отметим, что можно воспользоваться уже готовыми видеоматериалами, большинство – 76 % респондентов. Анализируя полученные результаты, можно констатировать, что для большинства студентов использование сторонних видеоматериалов является нормой.

Все респонденты (100 %) указали, что знают, что такое подкасты. Респонденты из числа студентов отметили, что используют подкасты в образовательном процессе в качестве лекций для самостоятельной подготовки к занятиям – 22 % опрошенных. Не используют подкасты в образовании 78 % респондентов. Справедливости ради следует отметить, что подкастинг благодаря своим дидактическим свойствам – звуковой природе, мультимедийности, интерактивности, эффективной организации информационного пространства и времени, простоте использования и доступности – расширяет образовательные возможности преподавателей и обучающихся, предлагая гибкий подход к определению условий и обстоятельств доступа к выбранным учебным материалам.

Опрошенные нами респонденты отметили, что в настоящее время используют цифровые инструменты, обеспечивающие мгновенную обратную связь от аудитории лишь 14 % преподавателей; не используют соответственно 86 %. Интересно отметить, что 58 % респондентов указали, что преподаватели ранее использовали инструменты, обеспечивающие мгновенную обратную связь от аудитории. К примеру, в одном из студенческих ответов по вопросам анкеты отмечалось, что применение цифровых инструментов, обеспечивающих мгновенную обратную связь от аудитории, «давало возможность быть всегда в тонусе на занятии».

Использование в образовательном процессе VR- и AR-технологий и мессенджер-технологий студенты не указали. Это свидетельствует о том, что студенты упускают возможность получать знания и осваивать компетенции с помощью передовых цифровых технологий. В настоящее время все понимают, что в XXI в. вряд ли можно заинтересовать студентов только традиционными педагогическими методами. Поэтому сегодня в образовании всё популярнее устройства с поддержкой VR- и AR-технологий. Форматы AR- и VR-технологий в образовании

могут быть различными, их преимущества для очной формы обучения очевидны. Передача опыта и картинки посредством виртуальной и дополненной реальности в первую очередь обусловлены эффективностью вовлечения, а следовательно, усовершенствованием образовательного процесса.

Заключение

Понимание и использование цифровой технологии в образовательном процессе – это есть эффективность обучения социальным и межкультурным обменам в процессе получения знаний. Обмениваться опытом управления, оценивать качество его, находить новые знания или получать доступ к ним с помощью цифровых устройств и сетевых технологий для участия в экономической и социальной жизни – одна из важнейших задач современной системы российского образования.

Практико-ориентированной площадкой для применения мессенджер-технологии, VR- и AR-технологии, может послужить образовательная среда Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный институт культуры». Знания, получаемые в процессе применения VR- и AR-технологии и мессенджер-технологии способствуют профессиональному росту, творческому подходу, умению обмениваться знаниями и навыками социальной, межкультурной и технологической грамотности в образовательной среде.

Умения и навыки обмена социальной и межкультурной информацией, практические наработки для изучаемой дисциплины с применением цифровых технологий, которые предлагают преподаватели вуза, отвечают нормативно-правовым требованиям,

социально-культурным и универсальным компетенциям и могут быть рекомендованы для использования на практике.

Список литературы

1. Латыпова Э.Р., Маджуга А.Г. Особенности формирования межкультурных компетенций у бакалавров неязыковых специальностей вузов // Журнал научных статей здоровья и образование в XXI веке. 2016. № 11. Т. 18. С. 148–154.
2. Ларионов В.Г., Шереметьева Е.Н., Горшкова Л.А. Цифровая трансформация высшего образования: технологии и цифровые компетенции // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2021. № 2. С. 61–69.
3. Никонов Р.В. Инфраструктура межкультурного образовательного пространства школы // Современное педагогическое образование. 2019. № 1. С. 9–14.
4. Axel Krommer, Martin Lindner, DejanMihajlovich, Yoran Muuss-Merholtz, Philipp Wampfler (with the participation of Lisa Rosa and Katrin Passing), 2021. Digital Education Navigator. Moscow: The publishing company ACT, 321 p.
5. Основы законодательства Российской Федерации о культуре (утв. ВС РФ 09.10.1992 № 3612-1) (ред. от 30.04.2021) ж. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_1870 (дата обращения: 29.10.2022).
6. Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы». [Электронный ресурс]. URL: <https://sudact.ru/law/ukaz-prezidenta-rf-ot-09052017> (дата обращения: 29.10.2022).
7. Магомедов М.Н., Носкова Н.А. Обзор нормативно-правового регулирования сферы культуры Российской Федерации // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 2–2. С. 164–168.
8. О реализации федерального проекта «Цифровая образовательная среда». Письмо от 20 сентября 2019 г. № МР – 1165/02 Министерства просвещения Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/563687746> (дата обращения: 29.10.2022).
9. Рыбасова Ю.Ю. Диалог культур как основа современной культуры в работах М.М. Бахтина и Ф.М. Достоевского // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. Сборник статей VI Международной конференции профессорско-преподавательского состава (Казань, 18 марта 2022 г.) / Гл. ред. Е.А. Астраханцева. Чебоксары: ИД «Среда», 2022. 380 с.

УДК 373

ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ В ФОРМИРОВАНИИ ЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ НАЧАЛЬНОЙ И ОСНОВНОЙ ШКОЛ

Севостьянова С.А., Мартынова Е.В.*ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет»,
Челябинск, e-mail: sevestyanovasa@cspu.ru, martynova@cspu.ru*

Проблема разработки и описания методических и содержательных аспектов организации деятельности учителя по формированию математической функциональной грамотности обучающихся является актуальной в условиях реализации современных образовательных стандартов школы. Для подготовки будущих учителей математики создано недостаточно теоретических и методических разработок по организации этой деятельности в образовательной среде. Существует разрыв между накопленным в настоящее время банком заданий по формированию функциональной грамотности обучающихся и недостатком методических путей по использованию разработанных материалов в учебном процессе. В связи с этим в нашей статье представлен методический подход к формированию логической грамотности обучающихся с учетом принципа преемственности. Показана необходимость переориентации методической системы на развитие умения рассуждать при формировании математической функциональной грамотности обучающихся. Приведен пример конструирования системы задач на приращение умения рассуждать, которое является основным умением, входящим в состав логической грамотности. Разработанная система задач содержит задачи, которые относятся к разным уровням проведения рассуждений: от репродуктивных до продуктивных. Описана методика работы с логическими задачами, которые можно использовать как на уроках математики, так и в рамках внеурочной деятельности.

Ключевые слова: обучение математике, математическая грамотность, логическая грамотность, познавательные универсальные учебные действия, преемственность в обучении

CONTINUITY IN THE FORMATION OF LOGICAL LITERACY OF PRIMARY AND SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Sevestyanova S.A., Martynova E.V.*South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk,
e-mail: sevestyanovasa@cspu.ru, martynova@cspu.ru*

The problem of developing and describing methodological and substantive aspects of the organization of the teacher's activities for the formation of mathematical functional literacy of students is relevant in the context of the implementation of modern educational standards of the school. Not enough theoretical and methodological developments on the organization of this activity in the educational environment have been created to train future teachers of mathematics. There is a gap between the currently accumulated bank of tasks for the formation of functional literacy of students and the lack of methodological ways to use the developed materials in the educational process. In this regard, our article presents a methodological approach to the formation of logical literacy of students, taking into account the principle of continuity. The necessity of reorientation of the methodological system to the development of the ability to reason in the formation of mathematical functional literacy of students is shown. An example of constructing a system of tasks for incrementing the ability to reason, which is the main skill that is part of logical literacy, is given. The developed system of tasks contains tasks that relate to different levels of reasoning: from reproductive to productive. The methodology of working with logical tasks that can be used both in math lessons and in extracurricular activities is described.

Keywords: teaching mathematics, mathematical literacy, logical literacy, cognitive universal educational actions, continuity in learning

Формирование и развитие функциональной грамотности учащихся представляет собой одну из приоритетных задач современной российской школы. Ее решение непосредственно связано с реализацией ФГОС, нацеливающего на использование в образовательном процессе комплексного системно-деятельностного подхода. Сегодня российская школа должна не только давать обучающимся предметные знания, но и учить их применять эти знания в предметных областях, в конкретных жизненных ситуациях.

В процессе освоения математики у обучающихся вырабатываются умения выска-

зывать обоснованные математические суждения, доказывать гипотезы с помощью математических методов, анализировать те или иные жизненные ситуации, выявлять проблемы, возникающие в окружающем мире, интерпретировать результаты исследований и др. Другими словами, математика является одной из естественных сред формирования и развития функциональной грамотности. Отечественные исследователи активно обсуждают вопросы, связанные с организацией процесса формирования функциональной грамотности.

И.Н. Власовой и М.А. Худяковой [1] выделены методические условия форми-

рования функциональной грамотности при обучении математике, в частности условие системного включения в процесс обучения специальным заданиям.

Особенности проектирования заданий в системе формирования математической функциональной грамотности выделены О.В. Симоновой [2].

О.А. Рыдзе, К.А. Краснянская [3] исследуют вопросы преемственности в формировании математической функциональной грамотности учащихся начальной и основной школ.

Егупова М.В. [4] раскрывает ряд методических проблем, связанных с практико-ориентированным обучением математике в школе.

В работе О.В. Аксеновой и др. [5] представлены лабораторные работы по математике как вид занятий, используемых в качестве инструмента формирования и контроля функциональной математической грамотности обучающихся.

Л.О. Рослова в своей статье [6] констатирует, что методика формирования навыков у обучающихся должна быть переориентирована на обеспечение развития формируемых умений, на выстраивание связей между понятиями, изучаемыми в разное время.

Проведенный нами анализ литературы показал, что на сегодняшний день разработано достаточно большое количество методических материалов, содержащих практические задачи, направленные на формирование математической грамотности как составной части функциональной: банк заданий на сайте института стратегии развития образования РАО, учебное пособие Т.Ф. Сергеевой «Математика на каждый день» и др. Разработаны сборники эталонных заданий, включающие в себя стартовые задания, обучающие задания, итоговые задания. Но, несмотря на имеющиеся методические материалы, процесс формирования функциональной грамотности у обучающихся носит эпизодический характер, не выстроена система приращения умений (изменение уровня владением умением), которые входят в состав математической грамотности как составной части функциональной.

Функциональная грамотность является сложным образованием, включающим различные виды грамотности, в том числе читательскую, логическую, информационную, экономическую и другие. По нашему мнению, эффективное формирование функциональной математической грамотности связано с повышением уровня логической грамотности обучающихся. В настоящей работе мы обратились к вопросу формирования и развития у обучающихся логиче-

ской грамотности. При этом мы отмечаем особую роль в формировании математической грамотности умения рассуждать, которое пронизывает все виды деятельности, относящиеся к этому процессу (формулировать, применять, интерпретировать). В.А. Далингер отмечает, что умение рассуждать не приобретается спонтанно, его нужно целенаправленно развивать посредством специально подобранных задач [7]. Известно, что развитие логического мышления школьников происходит в процессе решения нестандартных задач на уроках математики и во внеурочной деятельности [8]. Решение нестандартных задач требует выработки повышенного внимания к анализу условия в сопоставлении с заключением, к построению взаимосвязанных цепочек логических рассуждений от данных к неизвестным и наоборот, высказыванию оценочных суждений в получении решений. К основным компонентам логической грамотности относятся: логические знания, логические действия, подвижность логических знаний и умений [9].

Цель исследования – поиск и методическое обоснование решения нестандартных заданий для начальной и основной школ, отвечающих условиям: 1) задания должны образовывать систему с разными уровнями проведения логических рассуждений; 2) задания должны реализовывать принцип предметности при формировании математической грамотности; 3) задания могут быть использованы как на уроках, так и во внеурочной деятельности.

Материалы и методы исследования

Для проведения настоящего исследования использовались теоретические методы: сравнительно-сопоставительный анализ научно-методической литературы по проблеме формирования функциональной грамотности при изучении математики, анализ и обобщение педагогического опыта проектирования занятий, направленных на формирование математической функциональной грамотности учащихся основной школы на основе системно-деятельностного подхода [2, 5, 10]. Необходимый практический материал по заданиям авторов статьи разрабатывали и апробировали в период прохождения педагогической практики студенты 5 курса кафедры математики ЮУрГГПУ, обучающиеся по профилю «Математика. Информатика» в рамках дисциплины «Инновации в методике обучения математики». Серия заданий по приращению умения рассуждать создавалась в рамках проектной деятельности студентов под руководством авторов статьи. В процессе исследования

авторы проводили обобщения полученных результатов в сопоставлении с собственным методическим опытом реализации принципа преемственности формирования умения рассуждать при обучении математике в основной школе.

Результаты исследования и их обсуждение

В современной начальной школе учителя используют технологии развивающего обучения, которые включают формирование и развитие логической грамотности обучающихся. Разработки отечественных исследователей легли в основу обновленных ФГОС, в систему УУД. Анализ научно-методической литературы и многолетнего опыта методической подготовки будущих учителей математики позволяет нам сделать вывод о том, что эффективность формирования математической грамотности возрастает при условии соблюдения принципа преемственности в формировании УУД, который отражается в обновленных ФГОС. Система УУД включает в себя познавательные действия, одной из составных частей которых является умение рассуждать, представляющее базовое логическое умение, обеспечивающее соблюдение принципа преемственности.

Если в начальной школе существенное внимание на уроках математики уделяется обучению построения рассуждений в форме связи простых суждений об объекте, то в основной школе больший акцент до сих пор остается на обучении основным математическим операциям. Обучающиеся выполняют осваиваемые действия «по трафарету», то есть неосознанно, без использования каких-либо рассуждений, без проговаривания заданий на естественном языке, что не способствует повышению их функциональной математической грамотности. Для устранения этого недостатка, по нашему мнению, в первую очередь надо обратить внимание на подготовку учителей, которые учат и воспитывают школьников. Это значит, что необходимо переориентировать методическую систему подготовки учителей математики основной школы на развитие умения рассуждать.

Наш курс «Инновации в методике обучения математики» построен с учетом возможности для будущих учителей принять участие в разработке системы заданий по формированию у обучающихся основной школы умения рассуждать с учетом принципа преемственности. Реализация принципа осуществлялась за счет учета навыков, полученных обучающимися в начальной школе, и включения в систему за-

даний с разными уровнями проведения логических рассуждений (логические задачи на простое воспроизведение, задачи на обобщенное воспроизведение, задачи на логический поиск решения) [9].

Приведем пример последовательности подобранных студентами задач, направленных на формирование у обучающихся начальной и основной школ умения рассуждать. Данную последовательность можно реализовать при изучении следующих тем: «Сложение и вычитание чисел», «Решение текстовых задач», «Логические задачи (логика и смекалка)» в 3–5 классах. Логическая простота заданий, связанных с числами, позволяет уже в начальной школе формировать навыки логических рассуждений на числовом материале. Выполняя несложные вычисления в задачах «на магические квадраты» (квадратные таблицы, заполненные натуральными числами, суммы которых по всем строкам, столбцам и обоим диагоналям одинаковы), учащиеся начальной школы знакомятся с методами организации полного перебора. В ходе решения этих задач в неявном виде проходит отработка навыков арифметических действий, а в явном – элементов логических операций (правила рассуждения, доказательство от противного) и установления соответствий при заполнении таблиц. Первые задания «на магические квадраты» порядка 3, с которыми сталкиваются ученики начальной школы – заполнить пустые клетки квадрата при известной сумме. Решение таких задач прямым перебором оказывается нерациональным. Знание суммы трех чисел и двух слагаемых из них (в каком-то столбце, строке или на диагонали) позволяет найти третий элемент. Вопросы учителя к учащимся: «Есть ли в квадрате строки, в которых заполнены 2 клетки? Есть ли столбцы, в которых заполнены 2 клетки? Есть ли диагонали, в которых заполнены 2 клетки? С заполнения какой клетки начнем заполнение квадрата?»

Система вопросов учителя помогает учащимся сконструировать алгоритм рассуждений, позволяющий прийти к ответу. Задача получает развитие, когда в ее условии сумма элементов не задается явно или увеличивается размер квадрата. Вопросы к учащимся: «Каким свойством должен обладать квадрат? Как узнать сумму чисел в строке? Каким способом можно заполнить квадрат?»

Мы предлагаем также рассматривать задачи на квадратные таблицы, где числа заменены буквами. В этом случае алгоритм решения задачи сохраняется, но при этом усложняется за счет дополнения новыми

элементами. Использование в качестве дополнительной информации квадратов, полученных ранее, позволяет учащимся найти оригинальный способ решения с использованием поворота или отражения.

Увеличение размеров таблицы и уменьшение в процентном отношении числа известных данных усложняет логический анализ задачи.

Задача 1. (для 5 класса) Впиши в пустые клетки недостающие числа от 1 до 16 так, чтобы в сумме по всем столбцам, строкам и обеим диагоналям получалось одно и то же число.

В таких задачах сумму приходится искать по описанию самого квадрата: каждое число используется один раз, а сумма в каждом столбце равна частному от деления суммы всех элементов на число столбцов.

Если решение осложнено отсутствием столбца, строки или диагонали с одной пустой клеткой, то приходится определять «ключевую» («замковую») клетку и, анализируя одновременно несколько фактов о столбцах, строках и диагоналях с ее участием, подбирать ее содержимое. Отметим, что уровень логических рассуждений при последовательном выполнении заданий «на магические квадраты» повышается.

При решении математических задач часто возникают трудности в определении важности свойств объекта, влияющих на поиск решения. Часть используемых в рамках настоящего исследования заданий направлена на демонстрацию связей между средствами математики и языком, что помогает раскрыть возможности применения математических методов, в том числе и в лингвистике. В таких задачах обычно приводятся соответствующие друг другу конструкции на двух «языках», один из которых может быть даже не знаком решающим задачу школьникам. Требуется путем логического анализа установить закономерности и «перевести» (расшифровать) нужный текст.

К этому типу задач в начальной школе относятся примеры, связанные с переводом записи чисел в различных системах счисления (римской, арабской, египетской). Например: «Найди разность $1375 - XXXVII$ ». Более сложной для обучающихся является задача для 4 класса «Найди значение выражения, где каждая буква обозначает цифру. (ПЫХПЫХПЫХПЫХ – ПЫХПЫХ): ПЫХПЫХ».

Эффективному решению таких задач помогут рассуждения обучающихся при анализе задания. Примерные вопросы учителя: «Видишь ли ты в задании числа?

Как заданы числа? Сколько цифр в записи первого числа? Сколько различных цифр в записи выражения? Что надо сделать, чтобы перевести запись выражения на язык математики? Составьте аналогичную задачу и предложите товарищу ее решить».

Решение задач с необходимостью «расшифровки» их условий в начальной школе является подготовкой к решению других, более сложных задач такого типа в основной школе.

Задача 2. (для 5 класса) Известны некоторые словосочетания из древнекитайского языка (в их латинской транскрипции) и их переводы на русский язык:

gau bok gu – враг старого раба,
gau gu bok – раб старого врага,
gu gau bok – старый раб врага.

Учитывая, что в древнекитайском языке расположение слов в словосочетаниях происходит по обязательным правилам в определенном порядке, переведите на древнекитайский язык фразы: а) старый враг; б) раб врага.

Анализируя текст задачи (в том числе и на неизвестном языке), требуется найти закономерности, которые помогут путем рассуждений по наводящим вопросам учителя установить соответствия между элементами текста для составления словаря, а также выявить закономерности в конструировании фраз для правильного перевода.

В начальной школе используются задания на формулирование логических выводов на основе рассуждений при сравнении нескольких объектов. Например, для учащихся 2 класса предлагается задание «Сравни выражения: $0\cdot7$, $0\cdot5$, $0\cdot2$, $0\cdot4$. Чем они похожи? Чему равны значения этих произведений? Вычисли, заменив умножение сложением. Закончи фразу: При умножении числа 0 на натуральное число получится...». Учащимся четвертого класса можно предложить более сложную сюжетную задачу.

Задача 3. (для 4 класса). Аня, Боря, Вася и Галя ловили рыбу. Галя поймала больше, чем Вася. Аня и Боря вместе поймали рыбы столько же, сколько поймали Галя и Вася. Девочки вместе поймали меньше рыбы, чем мальчики. Как распределились между рыбаками места по количеству выловленной рыбы, если Боря поймал больше всех? Будет ли задача иметь решение, если предположить, что больше всех поймала Галя? Вася? Аня?

Решить задачу можно, применив при анализе условия моделирование на числовой прямой. Альтернативный способ – с помощью таблицы.

	Алексеев	Борисов	Васильев	Григорьев
полковник (П)	- (1)	+ (12)	- (8)	- (11)
майор (М)	- (8)	- (4)	+ (7)	- (8)
капитан 1 (К 1)	+ (10)	- (11)	- (1)	- (11)
капитан 2 (К 2)	- (11)	- (11)	- (1)	+ (9)
радист 1 (Р 1)	- (3)	- (9)	- (2)	+ (9)
радист 2 (Р 2)	+ (2)	- (3)	- (3)	- (3)
летчик 1 (Л 1)	- (3)	+ (4)	- (5)	- (5)
летчик 2 (Л 2)	- (3)	- (8)	+ (6)	- (8)

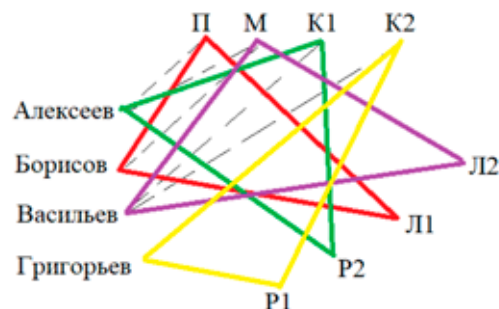


Иллюстрация решения задачи 4 с помощью таблицы и графа

В среднем звене усложнение заданий происходит чаще всего за счет логических связей между данными. Логические цепочки рассуждений удлиняются, появляются новые методы рассуждений и способы оформления решений. При решении задач с помощью таблиц, на основе анализа текста задачи требуется составить таблицу, описывающую связи между элементами двух или более множеств, и, заполнив ее, сделать нужный вывод. Освоение заданий описанных нами типов обеспечивает преимущество формирования у обучающихся навыков логических рассуждений на новом этапе.

Задача 4. (для 5 класса) Среди офицеров Алексеева, Борисова, Васильева и Григорьева – полковник, майор и два капитана. Известно, что звание Алексеева ниже, чем у Васильева. Алексеев и один из капитанов – радисты. Борисов и майор – летчики. Определите звание и род войск каждого из офицеров.

В ходе решения этой задачи обучающиеся часто сталкиваются с проблемами из-за неоднозначности условия. Приходится обсуждать ряд вопросов (как расположить полковника, майора и капитана по старшинству; если Алексеев и один из капитанов – радисты, то может ли Алексеев быть капитаном; и др.). Результаты логических рассуждений можно оформить в виде таблицы. Знаки «плюс» («минус») означают наличие (отсутствие) связи между элементами рассматриваемых множеств, а число в скобках – порядковый номер принятия решения. В качестве альтернативного способа решения можно рассмотреть использование графов (рисунок).

Разработанные серии заданий, опирающиеся на принцип преемственности обучения и нацеленные на приращение у обучающихся умения рассуждать, были апробированы студентами 5 курса в период прохождения педагогической практики в школах г. Челябинска на уроках математи-

ки и во внеурочной деятельности. Они обнаружили путем педагогического наблюдения появление у обучающихся четвертого и пятого классов положительной динамики в построении логических рассуждений после включения в процесс обучения разработанных заданий.

Заключение

На сегодняшний день разработано достаточно большое количество методических материалов, содержащих практические задания, направленные на формирование математической грамотности как составной части функциональной, включающей формирование и развитие логических умений рассуждать, что позволяет выстраивать серии (системы) заданий с заданными требованиями к обучению на уроках математики и во внеурочной деятельности.

Серии сюжетных заданий, нацеленных на развитие умений проведения логических рассуждений, целесообразно использовать учителю в его практической деятельности по формированию математической грамотности обучающихся.

Учителей и будущих учителей математики необходимо специально готовить к разработке и использованию заданий, которые учитывают принцип преемственности в развитии умения рассуждать у учащихся начальной и основной школ.

Статья выполнена в рамках научно-исследовательской работы «Мониторинг формирования математической грамотности обучающихся основной школы», номер проекта МК-04-2022/68 от 28.04.2022.

Список литературы

1. Власова И.Н., Худякова М.А. Формирование функциональной грамотности школьников при обучении математике в 4–6 классах // Математика и проблемы образования: материалы 41-го Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов. Киров, 2022. С. 201–203.
2. Симонова О.В. Особенности проектирования занятий в V классе в системе формирования математической

функциональной грамотности // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2015. № 1 (37). С. 257–263.

3. Рыдзе О.А., Краснянская К.А. Преемственность в формировании математической функциональной грамотности учащихся начальной школы // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. Т. 1. № 4 (61). С. 146–158.

4. Егупова М.В. Практико-ориентированное обучение математике в школе: проблемы и перспективы научных исследований // Наука и школа. 2022. № 4. С. 85–95.

5. Аксенова О.В., Бодряков В.Ю., Миронова А.Е. Лабораторные работы по математике как инструмент формирования и контроля функциональной математической грамотности обучающихся // Актуальные вопросы преподавания математики, информатики и информационных технологий. 2021. № 6. С. 118–129.

6. Рослова Л.О. Диагностика трудностей шести-классников при изучении математики // Отечественная и зарубежная педагогика. 2021. Т. 1. № 6. С. 43–62. DOI: 10.24412/2224-0772-2021-80-43-62.

7. Далингер В.А. Методические аспекты формирования у учащихся умения проводить доказательные рассуждения и делать выводы // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 8–3. С. 431–433.

8. Валеева З.А., Воистинова Г.Х. Формирование логического мышления при обучении математике // Научный электронный журнал Меридиан. 2020. № 3 (37). С. 252–254.

9. Севостьянова С.А. Совершенствование логической подготовки студентов математических факультетов педагогических вузов: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02: 19 декабря 1996. Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена. Санкт-Петербург, 1996. 16 с.

10. Севостьянова С.А., Мартынова Е.В. Учебные проекты как средство формирования математической грамотности обучающихся // Математика и проблемы образования: материалы 41-го Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов. Киров, 2022. С. 263–264.

УДК 376.1(082)

**РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРАКТИВНОГО ПОДХОДА В ПРОЦЕССЕ
ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ РЕЧИ ДОШКОЛЬНИКОВ**¹Соколова Т.В., ²Тулупова А.О., ³Соколова Л.А.¹ГБОУ Школа № 851, Москва, e-mail: logo428@mail.ru;²ГБОУ Школа № 1381 ДО «Колобок», Москва;³МПГУ Институт детства, Москва

Современное информационное общество выдвигает предельно высокие требования к уровню образования детей. Актуальным веянием в системе образования становится использование интерактивных технологий в обучении детей с общим недоразвитием речи (ОНР). Экспериментально изучив возможности дошкольников данной категории, можно свидетельствовать о недоразвитии всех компонентов речевой деятельности и недостаточности словарного запаса. Дети дошкольного возраста неправильно использовали некоторые языковые понятия, между ними наблюдалась несформированность системных отношений. Впоследствии конечные результаты дали основание создать, а затем и применить на практике интерактивные методы обучения дошкольников с речевой патологией. Для того чтобы раскрыть потенциальные возможности каждого ребенка, мы использовали метод многоканального восприятия, изображенного на картине различными органами чувств. Получение глубоких впечатлений на эмоционально-чувственной основе способствовало более прочному усвоению знаний детьми. Метод выстроен на принципах теории решения изобретательских задач (ТРИЗ). В результате использования элементов ТРИЗ у детей исчезает чувство скованности, развиваются логическое мышление, речевая и познавательная активность, что дает перспективы на преодоление недоразвития речи в современном образовательном мире. Такая продуктивная работа непременно покажет прогресс в учебной деятельности детей, а методы интерактивного обучения можно применять логопедам, дефектологам и другим педагогам в специальных и общеобразовательных учреждениях. Этот новейший креативный подход к организации коррекционно-учебной деятельности дошкольников старшего возраста развивает не только личность ребенка, но и его индивидуальные особенности. Дети во время учебной деятельности в свободном формате овладевают определенными знаниями, умениями и навыками, находятся в активной и интересной коммуникативной среде. Условия таких занятий способствуют эффективному преодолению речевых нарушений, развитию свободного выражения собственных мыслей, формированию, а также умению раскованно говорить и внимательно слушать собеседника.

Ключевые слова: дети дошкольного возраста, общее недоразвитие речи, интерактивные технологии, речевая патология, логическое мышление, прогресс, учебная деятельность, коммуникативная среда

**IMPLEMENTATION OF AN INTERACTIVE APPROACH IN THE PROCESS
OF FORMATION AND DEVELOPMENT OF SPEECH OF PRESCHOOLERS**¹Sokolova T.V., ²Tulupova A.O., ³Sokolova L.A.¹GBOU School № 851, Moscow, e-mail: logo428@mail.ru;²GBOU School № 1381 DO «Kolobok», Moscow;³MPGU Institute of Childhood, Moscow

The modern information society puts forward extremely high requirements for the level of education of children. An actual trend in the education system is the use of interactive technologies in teaching children with general speech underdevelopment (ONR). Having experimentally studied the capabilities of preschoolers of this category, it is possible to testify to the underdevelopment of all components of speech activity and insufficient vocabulary. Preschool children incorrectly used some language concepts, there was an unformed systemic relationship between them. Subsequently, the final results gave grounds to create and then put into practice interactive teaching methods for preschoolers with speech pathology. In order to reveal the potential of each child, we used the method of multi-channel perception depicted in the picture by various sensory organs. Getting deep impressions on an emotional and sensual basis contributed to a more solid assimilation of knowledge by children. The method is based on the principles of the theory of inventive problem solving (TRIZ). As a result of the use of TRIZ elements, the feeling of stiffness disappears in children, logical thinking, speech and cognitive activity develops, which gives prospects for overcoming speech underdevelopment in the modern educational world. Such productive work will certainly show progress in the educational activities of children, and interactive teaching methods can be used in practice by speech therapists, speech pathologists and other teachers in special and general education institutions. This latest creative approach to the organization of correctional and educational activities of older preschoolers develops not only the child's personality, but also his individual characteristics. Children acquire certain knowledge, skills and abilities during educational activities in a free format, are in an active and interesting communicative environment. The conditions of such classes contribute to the effective overcoming of speech disorders, the development of free expression of one's own thoughts, the formation, as well as the ability to speak freely and listen attentively to the interlocutor.

Keywords: preschool children, general speech underdevelopment, interactive technologies, speech pathology, logical thinking, progress, educational activity, communicative environment

Современное информационное общество выдвигает предельно высокие требования к уровню образования детей. Актуальным веянием в системе образования

становится использование интерактивных технологий в обучении детей с общим недоразвитием речи (ОНР). Организация учебных занятий приходит, несомненно,

к новым стандартам и требованиям времени. В таких условиях одной из важнейших целей образования дошкольников становится внедрение интерактивных технологий. Благодаря такому подходу, дети развивают навыки исследовательской деятельности, овладевают активным использованием интерактивных технологий для решения коммуникативных и познавательных задач. Приобретает актуальность всестороннее развитие личности ребенка, формирование у него общекультурных и морально-нравственных ценностей, овладение ключевыми и предметными компетентностями, а главное, сквозными умениями, необходимыми жизненными и социальными навыками, что обеспечат его готовность к жизни в информационном и демократическом обществе [1, с. 8]. Для достижения указанных требований уже длительное время приоритетными в образовательном процессе являются интерактивные методы обучения, суть которых заключается в том, что учебный процесс происходит при непрерывном активном взаимодействии детей. Благодаря интерактивному обучению перед педагогами открываются новые возможности контакта с обучающимися, выстраиваются конкретные отношения.

Современное определение интеракции (от англ. *interaction* – взаимодействие) внедрено в педагогическую науку в 1975 г. немецким исследователем Гансом Фрицем. В педагогическом контексте – это путь формирования творческой личности; создание позитивных условий для развития творческого потенциала ученика, его самоутверждения и самораскрытия; это такое общее обучение, при котором педагог и дети выступают партнерами. Современные зарубежные педагоги-исследователи С. Мургатройд, Х. Реттер, К. Фопель и др. уделяют особое внимание умениям применения интерактивных технологий у педагогов. На проблеме активизации и демократизации педагогического общения сосредотачивалось внимание выдающихся педагогов: Ш. Амонашвили, С. Русовой, В. Сухомлинского и др.

Только внедряя интерактивные методы обучения, как утверждают квалифицированные педагоги, дети будут:

- приобретать культуру дискуссии;
- вырабатывать в себе умение принимать совместные решения;
- улучшать качество общения, доклады-вать;
- качественно изменится уровень восприятия литературы – он приобретет личностный смысл, вместо «изучить» или «запомнить» станет главным «обдумать» и «применить».

В данное время популярен такой вид обучения, как личностно ориентированный, исходящий из самооценности личности, ее духовности и суверенности. Его цель – это формирование человека как неповторимой личности, творца самого себя и своих обстоятельств.

Определяющим для личностно ориентированного обучения должен быть социокультурный диалог в системе «педагог – ребенок», на основе его понимания, признания и принятия. Наиболее активно способствуют этому интерактивные методы обучения.

Для более четкого понимания важности интерактивного обучения педагоги сравнивают его с известным и ранее пассивным и активным обучением. Пассивным обучением является репродуктивный метод, требование слушать и удивляться, активным является непосредственная роль ребенка в изложении материала, а интерактивным – равноправное взаимодействие учителя и ребенка. Дифференцируя эти модели, следует, что при наличии определенных недостатков третья модель достаточно эффективна.

Термин «интерактивный» пришел из английского языка и имеет значение «взаимодействующий». Особая ценность интерактивного обучения состоит в том, что дошкольники учатся эффективной работе в коллективе, не просто слушают и фиксируют готовые мысли педагога-воспитателя. Они могут самостоятельно вести диалог, определять тему, обсуждать ее и решение. Дети учатся использовать полученные знания на практике.

Учеными доказано, что с обретением знаний формируются умения и навыки. Приобретение определенных компетентностей личности ребенка будет наиболее эффективно, если в процессе образования задействовать интерактивные формы и методы.

Интерактивное обучение делится на четыре формы учебной деятельности:

– парная (ребенок – педагог, ребенок – ребенок);

– фронтальная (педагог обучает группу или подгруппу);

– групповая;

– индивидуальная.

Следует заметить особенность интерактивного обучения, а именно:

– коллективная цель, строго выдержанный ход занятия и ориентировочные результаты занятия;

– необходимость применять собственный опыт каждого ребенка;

– постоянное общение между педагогом и детьми;

- постоянное общение только между детьми;
- высокий уровень культуры коммуникации детей, креативность, взаимная насыщенная деятельность;
- дети находятся в одном виде образовательного процесса;
- тотальное привлечение и заинтересованность всех членов для усвоения учебного материала;
- достижение благоприятных условий обучения, овладение ими чувством интеллектуальной способности;
- проблемный способ подачи материала, обработка информации и предложений в насыщенном коллективе толерантность и высокий уровень культуры общения.

Интерактивное обучение может быть:

- подвижное;
- оживленное;
- энергичное.

Во время интерактивного обучения дети могут: спорить, не соглашаться с собеседником, возражать друг другу, аргументированно доказывать свое мнение.

Основным элементом интерактивного занятия является диалог, когда дети активно общаются.

Диалог – беседа, разговор двух и более лиц, тип речевой коммуникации, осуществляющийся, в отличие от монолога, в виде словесного обмена репликами между двумя и более взаимодействующими собеседниками [2, с. 39].

Использование интерактивных методов обучения в учреждениях дошкольного образования – необходимое условие успешного развития воспитанников.

Интерактивные технологии обучения:

- способствуют развитию творческого мышления, уверенности в себе,
- вызывают желание выражать мнение и любознательность;
- развивают воображение и фантазию;
- укрепляют интеллект;
- развивают личностные качества: смелость, уверенность.

В связи с вышеизложенным можно полагать, что дошкольники с общим недоразвитием (ОНР) не смогут спонтанно стать на онтогенетический путь развития речи, свойственный нормальным детям. Коррекция речи для них будет длительным процессом, одной из приоритетных задач которого является формирование у детей правильной речи, как необходимое условие их дальнейшей социализации.

Цель исследования – определение возможности применения интерактивных методов обучения дошкольников ОНР (III уровень).

Предмет исследования – процесс формирования особенностей интерактивных методов обучения дошкольников с общим недоразвитием речи третьего уровня.

Исследование строилось на гипотетических предположениях о том, что работа по развитию речи дошкольников с речевыми нарушениями будет более эффективна при использовании игровых и интерактивных методов обучения.

В исследовании решены следующие задачи:

- 1) раскрыты понятия «интерактивность» и «интерактивный подход» в научной литературе;
- 2) изучены особенности речевого развития дошкольников, проведен количественно-качественный анализ результатов эксперимента;
- 3) проанализировано использование интерактивного подхода в процессе обучения дошкольников с общим недоразвитием речи (III уровень);
- 4) разработана, экспериментально проверена система методов и упражнений коррекционной работы с применением интерактивных методов обучения для дошкольников с общим недоразвитием речи (III уровень).

Материалы и методы исследования

Три этапа определили содержание и организацию исследования (2020–2022 гг.):

I этап (2020 г.) – анализ специальной литературы по проблеме исследования. Определение гипотезы исследования.

II этап (2021 г.) – констатирующий эксперимент, получение результатов, разработка коррекционной работы, применение интерактивных методов обучения детям с ТНР.

III этап (2022 г.) – обучающий эксперимент, проверка эффективности предложенных методов.

Статистические данные показывают, что уменьшение количества соматически ослабленных дошкольников не наблюдается, а тенденция речевых нарушений только увеличилась. Исходя из этого, появляется нужда в поиске коррекционных методов для детей с общим недоразвитием речи.

Эксперимент проходил на базе ГБОУ Школы № 1381 дошкольного отделения «Колобок» СВАО г. Москвы.

В эксперименте были задействованы дошкольники пяти-шести лет (15 человек) с общим недоразвитием речи. Для сравнения результатов и достоверности исследования в эксперимент была вовлечена группа детей с речью без патологии (10 человек).

Характеристика детей ЭГ включала признаки:

- звукопроизношение сформировано или искажено;
- некачественные фонематические процессы;
- речевой анализ и синтез нарушены как на уровне звука, состава и слова, так и на уровне фразы;
- страдает лексическое строение;
- усложненные изменения слов по грамматическим категориям и оформление фразы. Фраза – элементарная, мало распространенная, часто аграмматическая;
- развитие связной речи не соответствует возрасту.

В картах развития каждого ребенка был отмечен неблагоприятный анамнез, обусловленный негативными факторами развития в пренатальном периоде (гипоксия плода, токсические воздействия, асфиксии новорожденного), а в постнатальном у матерей были осложнения во время беременности (гипертония, угроза выкидыша, анемия). Имели место быть и осложнения во время родов (срочные роды, преждевременные, затяжные). У 14% детей была отмечена недоношенность и у 11% – гипоксия плода. В послеродовом периоде у новорожденных зафиксированы нарушение сна и беспокойство. Развитие этих детей охарактеризовано отставанием в психомоторном и речевом аспекте.

Записи в логопедических картах указывали на недоразвитие всех компонентов речевой деятельности и недостаточности словарного запаса. Дети дошкольного возраста неправильно использовали некоторые языковые понятия, между ними наблюдалась несформированность системных отношений.

Детям, имеющим речевую патологию, трудно организовать свою деятельность, не просто ориентироваться в коммуникативных ситуациях. Трудности заметны в диалогической и монологической речи. Эти дошкольники понимают речевые инструкции в новых для них познавательных ситуациях с трудом, обнаруживаются сложности в понимании обращенной к ним речи [3, с. 101].

Затруднения встречались и в сопровождении деятельности детей речью. Она отличалась неполнотой высказываний и стойким аграмматизмом. Завершающая речь демонстрировала нарушенное планирование и саму реализацию речевой конструкции.

На занятиях дошкольники быстро утомлялись. Кто-то был расторможен и показывал ослабленную работоспособность. В игровой деятельности встречалась конфликтность, низкая коммуникация, несформированность

игровых видов деятельности и сниженная познавательная активность детей.

Данные нарушения показывают наличие у детей дошкольного возраста общего недоразвития речи третьего уровня.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов деятельности детей двух групп (ЭГ и КГ) при сопоставлении дал возможность расширить научные представления о состоянии речевой деятельности у дошкольников. Были найдены и охарактеризованы особенности овладения грамотной речью дошкольниками с речевыми нарушениями:

- затрудненное формирование замысла будущего высказывания; его планирование;
- ошибочная семантическая интерпретация лексических единиц;
- неполное понимание значений лексических единиц в речи;
- ограниченное использование разных частей речи в речевом высказывании.

Для проведения констатирующего эксперимента мы использовали методику, предложенную Т.Б. Филичевой [4, с. 45], которая включает исследование состояния звукопроизношения, самоконтроль звукопроизношения в словах и предложениях, состояния фонематических функций, состояния звуконаполняемости и слоговой структуры слова.

Большинство детей с заключением «ОНР (III уровень)» продемонстрировали недостаточность развития функции слогового анализа и синтеза и звукопроизношения, был выявлен недостаточный уровень сформированности фонематического восприятия, что требует дополнительной коррекционной работы по устранению данных речевых нарушений. В результате проведенного исследования по данной методике мы смогли определить уровни ЭГ:

- 21–28 баллов – успешный уровень;
- 13–20 баллов – удовлетворительный уровень;
- 5–12 баллов – недостаточный уровень;
- менее 5 баллов – низкий уровень.

Групповые занятия с дошкольниками из экспериментальной группы проводились два раза в неделю по 45 мин. На занятиях по формированию лексики мы использовали материалы О.С. Ушаковой, Н.В. Серебряковой и Р.И. Лалаевой, работу с невербальным материалом осуществляли в рабочих тетрадях «Развитие творческих способностей» (по Е.С. Гавриной). Учебные задания были построены на основе вербальных тестов П. Торренса. Был разработан ряд игр на раз-

витие речи с использованием интерактивных методов обучения.

Для того чтобы раскрыть потенциальные возможности каждого ребенка, мы использовали метод многоканального восприятия, изображенного на картине различными органами чувств. Получение глубоких впечатлений на эмоционально-чувственной основе способствовало более прочному усвоению знаний детьми. Организуя любую деятельность, мы старались вызвать у детей интерес к ней и задействовать разные анализаторы, используя методику восприятия. Она выстроена на принципах теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

Рассмотрение картины проводилось в последовательности:

- вычленение объекта, изображенного на картине;

- представление объектов через мысленное восприятие их разными анализаторами.

Выполнение творческих задач обеспечивает высокий уровень эмоциональной и речевой активности дошкольников, что позволяет на протяжении всего занятия поддерживать у них отличное настроение.

При использовании элементов ТРИЗ у детей исчезает чувство скованности, развивается логическое мышление, речевая и познавательная активность, что дает перспективы на преодоление недоразвития речи в современном образовательном мире. Такая продуктивная работа непременно покажет прогресс в учебной деятельности детей.

При изучении темы «Звуки и буквы» внимание концентрировалось на речевых играх, которые были направлены на углубление знаний о слове как элементе речи; овладение звуко-буквенным анализом и синтезом; на установление правильных взаи-

мосвязей между звуками и буквами; на коррекцию устойчивых специфических ошибок [5, с. 51].

Заключение

Данные методы интерактивного обучения можно применять логопедам, дефектологам и другим педагогам в специальных и общеобразовательных учреждениях, так как этот новейший креативный подход к организации коррекционно-учебной деятельности дошкольников старшего возраста развивает не только личность ребенка, но и его индивидуальные особенности. Дети во время учебной деятельности в свободном формате овладевают определенными знаниями, умениями и навыками, находятся в активной и интересной коммуникативной среде. Условия таких занятий способствуют эффективному преодолению речевых нарушений, развитию свободного выражения собственных мыслей, формированию, а также умению раскованно говорить и внимательно слушать собеседника.

Список литературы

1. Райс О., Карпенко Е. Интерактивные технологии в обучении. Екатеринбург: Издательские решения, 2020. 80 с.
2. Глухов В.П. Методика формирования навыков связанных высказываний у дошкольников с общим недоразвитием речи. М.: Секачев Ю.В., 2012. 182 с.
3. Филичева Т.Б., Чиркина Г.В., Туманова Т.В. Программа логопедической работы по преодолению общего недоразвития речи у детей // Программы дошкольных образовательных учреждений компенсирующего вида для детей с тяжелыми нарушениями речи. М.: Просвещение, 2014. 272 с.
4. Филичева Т.Б., Чиркина Г.В., Туманова Т.В. Воспитание и обучение детей дошкольного возраста с общим недоразвитием речи. Программно-методические рекомендации. М.: Дрофа, 2012. 189 с.
5. Филичева Т.Б., Туманова Т.В. Развиваем речь дошкольника. Календарно-тематическое планирование и конспекты занятий. М.: УПК «Федоровец», 2012. 154 с.

УДК 376:372.8

СТАРТОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА В ОВЛАДЕНИИ ЭЛЕМЕНТАРНЫМИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯМИ НАЧАЛЬНОГО КУРСА МАТЕМАТИКИ

Тишина Л.А., Данилова А.М., Подвальная Е.В.

ФГБОУ ВО «Московский государственный психолого-педагогический университет», Москва,

e-mail: tishinala@mgppu.ru, danilovaam@mgppu.ru, heliophile@yandex.ru

В статье раскрывается проблема формирования элементарных математических представлений у обучающихся с расстройствами аутистического спектра (РАС). Описывается методика, с помощью которой проверяется предположение о том, что элементарные математические представления школьников с РАС первого года обучения имеют ряд специфических особенностей, что вызывает необходимость в обеспечении специальных условий для их формирования. Основной целью экспериментальной работы было выявление состояния количественных представлений у детей с РАС. Полученные результаты позволят наметить стратегии разработки и определения содержания понятия «индивидуально-дифференцированный подход к обучению детей с РАС» вне зависимости от индивидуальных особенностей развития ребенка. В исследовании приняли участие 76 первоклассников 6,5–8 лет, обучающихся в инклюзивных и специальных (коррекционных) общеобразовательных учреждениях. При организации выборки учитывался уровень интеллектуального развития детей. В ходе исследования применялся метод психолого-педагогического эксперимента, данные которого были дополнены результатами педагогического наблюдения, анализом психолого-педагогической документации. Выделены и описаны уровни сформированности количественных представлений первоклассников с РАС. Осуществлен сопоставительный анализ показателей сформированности этих представлений у обучающихся с РАС с разным уровнем интеллектуального развития. Выявленные трудности в восприятии и освоении программного материала по начальному курсу математики у детей с РАС позволили сделать вывод о необходимости создания специальных условий обучения. Коррекционно-развивающий процесс, организуемый специалистами службы психолого-педагогического сопровождения, должен строиться на основе принципов комплексности и вариативности.

Ключевые слова: расстройства аутистического спектра, элементарные математические представления, количественные представления, обучение математике, психолого-педагогические особенности обучающихся первого класса, специалисты службы психолого-педагогического сопровождения, коррекционно-развивающий процесс

STARTING OPPORTUNITIES FOR STUDENTS WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS IN MASTERING ELEMENTARY CONCEPTS OF THE INITIAL COURSE OF MATHEMATICS

Tishina L.A., Danilova A.M., Podvalnaya E.V.

Moscow State University of Psychology & Education, Moscow,

e-mail: tishinala@mgppu.ru, danilovaam@mgppu.ru, heliophile@yandex.ru

The article reveals the problem of the formation of elementary mathematical representations in students with autism spectrum disorders (ASD). There is a technique description which helps to verify that elementary mathematical representations of schoolchildren from the first year of study have a number of specific features, which makes it necessary to provide special conditions for their formation. The main purpose of the experiment was to identify the state of quantitative representations in children with ASD. The results obtained will allow us to outline strategies for developing and defining the content of the concept of «individually differentiated approach to teaching children with ASD» regardless of the individual characteristics of the child's development. 76 first-graders aged 6.5 – 8 years studying in inclusive and special (correctional) educational institutions took part in the survey. The experimental groups included respondents with ASD, the control groups included respondents without autistic disorders. When organizing the sample, the level of intellectual development of children was taken into account. In the course of the study, the method of psychological and pedagogical experiment was used, the data of which were supplemented by the results of pedagogical observation, analysis of psychological and pedagogical documentation. The levels of formation of quantitative representations of first-graders with ASD are identified and described. A comparative analysis of the indicators of the formation of these ideas among students with ASD with different levels of intellectual development was carried out. The revealed difficulties in the perception and mastering of the program material for the initial course of mathematics in children with ASD allowed us to conclude that it is necessary to create special learning conditions. The correctional and developmental process organized by the specialists of the psychological and pedagogical support service should be based on the principles of complexity and variability.

Keywords: autism spectrum disorders, elementary mathematical representations, quantitative representations, teaching mathematics, psychological and pedagogical features of first-grade students, specialists of the psychological and pedagogical support service, correctional and developmental process

При оценке современной концепции специального и инклюзивного образования, основанной на деятельностном и дифферен-

цированном подходах в психолого-педагогических исследованиях особое внимание уделяется развитию личности обучающихся

с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), которое зависит от характера организации доступной им учебной деятельности, разработки содержания образования и коррекционно-образовательных технологий, ориентированных на помощь школьникам в достижении определенного уровня личностного и познавательного развития с учетом особых образовательных потребностей [1–4].

Федеральные государственные образовательные стандарты начального общего образования, начального общего образования обучающихся с ОВЗ и образования обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями) предусматривают комплексную оценку как предметных достижений, демонстрирующих уровень изученности той или иной дисциплины, так и личностных, метапредметных результатов (для обучающихся без умственной отсталости) [5; 6].

В процессе обучения школьники должны овладеть планируемыми результатами в указанные сроки и в объеме, предусмотренном программными требованиями по каждой из предметных областей. Однако обучающиеся начальных классов, которым требуются специальные образовательные условия, не всегда готовы и способны к достижению этих результатов в силу специфики психофизического развития [7–11]. Дети с особыми образовательными потребностями (ООП) испытывают трудности в понимании учебного материала, восприятии инструкций, осознании практической значимости осваиваемых знаний, умений и навыков, в переносе способов выполнения учебных заданий, в регуляции учебного поведения и др., что влияет на качество освоения школьниками адаптированных основных общеобразовательных программ (АООП) [12–15].

В исследованиях Т.В. Алышевой [16], Л.Б. Баряевой [17], И.М. Яковлевой [18] и др. отмечается ведущая роль математического развития ребенка в комплексе теоретических знаний и практических представлений об окружающем мире. Математические представления оказывают влияние на гибкость и нестандартность мышления, формируют навыки анализа учебной и внеучебной ситуации, определяют выбор способа решения задачи, развивают познавательную активность, навыки контроля, самоконтроля и др. В категории детей с ООП выделяют обучающихся с разными стартовыми возможностями по их готовности к усвоению программного материала по курсу математики. Среди них выделяют многочисленную группу первоклассников с ОВЗ, испытывающих значительные трудности в освоении математических пред-

ставлений. Таким детям уже на начальном этапе обучения необходима коррекционно-развивающая помощь [19].

Более 50% детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) имеют задержку психического развития или умственную отсталость. У обучающихся с РАС вариативность и полиморфность нарушений развития когнитивной, речемыслительной и аффективно-волевой сфер обуславливают проблемы реализации индивидуальных возможностей и затрудняют процесс овладения АООП [20].

По мнению Н.Л. Горбачевской, И.И. Майчук, О.С. Никольской и др., у обучающихся с РАС отмечаются нарушения динамики мыслительной деятельности при выполнении заданий, которые требуют установления связей между предметами или явлениями, особенно в тех случаях, когда у ребенка нет возможности визуально наблюдать такие явления. При РАС наблюдается недоразвитие операций абстрактного и символического мышления, необходимого для усвоения математических представлений [21].

Проблема формирования математических представлений рассматривается с разных позиций: предпосылки, определяющие развитие математических навыков (Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, В.А. Крутецкий, А.Н. Леонтьев, А.Р. Лурия, Ж. Пиаже, Л.С. Цветкова и др.); методические подходы к формированию понятия о числе, обучении навыкам счета (В.В. Давыдов, К.Ф. Лебединцев, А.М. Леушина, Н.А. Менчинская, Л.С. Метлина, М.Н. Перова, Е.И. Тихеева, А.А. Хилько, В.В. Эк и др.); вопросы профилактики и коррекции дискалькулии (Л.Б. Баряева, А.В. Белошистая, А. Гермаковская, С.Ю. Кондратьева, Р.И. Лалаева, А.Р. Лурия, Л.С. Цветкова и др.).

Однако в теоретических и прикладных психолого-педагогических исследованиях вопросы формирования математических представлений у обучающихся с РАС изучены недостаточно, при этом математические знания обеспечивают не только интеллектуальное развитие ребенка, но и являются неотъемлемой частью его успешной социализации [22].

В условиях инклюзивного и специального образования особенно значимым является преодоление противоречия между необходимостью формирования математических знаний и представлений у обучающихся с РАС и недостаточной разработанностью теоретических и методических аспектов математического образования данной категории школьников. Таким образом, проблема формирования математических представлений у обучающихся с РАС является актуальной и практически значимой.

Таблица 1

Состав экспериментальных групп

Первая группа		Вторая группа		Третья группа	
ЭГ-1	ГСА-1	ЭГ-2	ГСА-2	ЭГ-3	ГСА-3
АООП 8.1	НОО	АООП 8.2	АООП 7.2	АООП 8.3	АООП 9.1
8 человек	8 человек	12 человек	12 человек	18 человек	18 человек

Примечание:

ЭГ – экспериментальная группа;

ГСА – группа сопоставительного анализа;

АООП – адаптированная основная общеобразовательная программа;

НОО – начальное общее образование.

У обучающихся с РАС трудности в формировании элементарных математических представлений обусловлены спецификой развития речемыслительной деятельности и когнитивной сферы в целом, а именно: несформированностью перцептивных обобщений, ригидностью и заикленностью интеллектуальных интересов, конкретностью и некритичностью мышления, недоразвитием аналитико-синтетической деятельности, несформированностью симультанных и сукцессивных процессов, сложностями в сравнении и группировке предметов, трудностями в выполнении вербальных заданий, стереотипиями, проблемами вербализации, задержкой в освоении навыков глобального чтения, эхолалиями, специфическими нарушениями коммуникативной речи, преобладанием внутренней речи и др. При организации первичной психолого-педагогической диагностики важно определить не только начальный уровень математической подготовки первоклассников с РАС, но и выявить имеющиеся у детей специфические проблемы психофизического развития, которые могут стать серьезным препятствием в овладении программным материалом по курсу математики [23].

В качестве базового компонента, обеспечивающего преемственность в обучении математике детей дошкольного и школьного возраста вне зависимости от варианта адаптированной основной образовательной программы (АООП), нами были выбраны для углубленного исследования количественные представления.

Материалы и методы исследования

При разработке диагностической программы по изучению количественных представлений у детей 6,5–8 лет с РАС в основу легли труды Т.В. Алышевой, Л.Б. Баряевой, О.С. Никольской, А.В. Хаустова и др. В кон-

статирующем эксперименте приняли участие 76 школьников первого года обучения образовательных организаций г. Москвы и Московской области (выпускники дошкольных образовательных учреждений). Исследование проводилось в первой половине сентября 2019 и 2020 гг. На основании заключений психолого-медико-педагогической комиссии нами были сформированы три группы школьников (табл. 1).

Задания, инструкции и наглядный материал были адаптированы с учетом индивидуальных возможностей и особенностей развития всех респондентов. Критерии количественно-качественной оценки выполнения заданий для всех групп были идентичны. Программа констатирующего эксперимента состояла из двух блоков.

Первый блок связан с изучением операций сравнения двух групп предметов без пересчета в пределах от одного до пяти. Все инструкции к этому блоку были понятны обучающимся и доступны для выполнения: «Покажи... возьми... собери... раскрась...». Нами были предложены отдельные серии заданий, связанные с изучением количественных представлений: 1 серия была направлена на понимание таких представлений, как один, много, ни одного, больше, меньше; 2 серия содержала задания, позволяющие оценить представления о сравнении и равенстве двух групп предметов на основе установления взаимно однозначного соответствия; 3 серия заданий позволяла оценить умение уравнивать две группы предметов на основе установления взаимно однозначного соответствия.

Задания второго блока предполагали изучение владения навыками прямого и обратного счета в пределах первого десятка, знания цифр первого десятка и соотношения их с числом и количеством предметов, а также соотношения единиц количественного и порядкового счета в пределах пяти.

Таблица 2

Критерии количественно-качественной оценки результатов выполнения заданий

Критерии оценки		
1 балл	2 балла	3 балла
Трудности при различении дочисловых представлений «много – один». Существенные затруднения в прямом счете, навыки обратного счета не сформированы, с помощью числового ряда называние предыдущего и последующего числа недоступно, отношения между числами не устанавливаются. При наличии ограниченных знаний о числе и цифре не способен соотносить число и цифру с множеством. Неспособность дифференцировать единицы количественного и порядкового счета. Сравнение множеств приемом наложения с наличием значительного количества ошибок. Наличие большого количества ошибок при установлении отношений «больше – меньше», при сравнении множеств наблюдается соскальзывание с количественного признака на формальный (цвет, размер, форма), даже при оказании помощи экспериментатором допускаются большие количество ошибок при отсчитывании предметов. Многочисленные ошибки при установлении взаимно однозначного соответствия даже при оказании помощи экспериментатором. Необходимость в многократном повторении инструкции, даже при предоставлении наглядной опоры и поддерживающей помощи экспериментатора отмечаются серьезные трудности в ориентировке в заданиях. Планирование предстоящей деятельности по выполнению задания, переход от одной операции к другой осуществляются только с поддерживающей помощью экспериментатора. Многочисленные ошибки при выполнении заданий даже при оказании помощи экспериментатором, отсутствие критичности к своим ошибкам	Различение дочисловых представлений «много – один», при сравнении множеств часто ориентируется не на количественный признак, а на величину элементов множеств. Наличие ошибок в прямом и обратном счете в заданном числовом отрезке, навыки отвлеченного счета практически не сформированы, часто используется счет на пальцах и/или многократный пересчет отдельных предметов (особенно в тех случаях, когда они не расположены линейно), при отсчитывании или пересчитывании предметов активное использование помощи экспериментатора (сопряженно-отраженное проговаривание). При соотношении множества, числа и цифры наличие спонтанной ориентировки на величину предметов. Трудности в соотношении единиц количественного и порядкового счета. Способность сравнивать множества приемами наложения и приложения, при этом допускаются ошибки. Понимание отношений «больше – меньше», при уравнивании множеств допускаются ошибки. При сравнении множеств установление взаимно однозначного соответствия только с помощью экспериментатора. Наличие значительных трудностей при восприятии инструкции на слух, необходимость в поддерживающей помощи экспериментатора. Трудности в ориентировке в задании, часто не удерживает инструкцию до конца. Трудности в планировании предстоящей деятельности, наличие пропусков отдельных операций. Частые ошибки при самостоятельном выполнении заданий, в отдельных случаях наблюдаются попытки самокоррекции, даже при выполнении знакомых ребенку заданий в некоторых случаях нуждается в активной помощи экспериментатора	Сформированность дочисловых представлений «много – мало – один – ни одного». Сформированность навыков прямого и обратного счета (при счете по порядку называет соответствующее числительное, может назвать итог счета), умение определять предыдущее и последующее число (чаще без зрительной опоры). Способность правильно соотносить множество, число и цифру. Способность дифференцировать единицы количественного и порядкового счета. Умение использовать разнообразные способы сравнения множеств (наложение, приложение, счет). Понимание отношений «больше – меньше – столько же», владение способами уравнивания множеств путем добавления или убавления одного предмета. Способность к установлению взаимно однозначного соответствия. Способность воспринимать инструкцию на слух без дополнительной зрительной опоры или наглядной помощи экспериментатора. Способность ориентироваться в задании, удерживать инструкцию до конца выполнения задания. Способность планировать предстоящую деятельность и следовать этому плану. Безошибочное выполнение заданий или выполнение с единичными ошибками, способность увидеть ошибки и самостоятельно их исправить
0 баллов – отказ от выполнения задания или неправильное его выполнение		

На наш взгляд, такое разделение считаем оправданным, так как часто обучающиеся с ООП запоминают единицы счета по порядку, как бы рассказывая наизусть «считалочку» или «стишок», опираясь на механическую память. Категория детей с РАС не является в этом случае исключением, а в рамках формирования количественных представлений очень важно, чтобы ребенок осознанно соотносил множество, число и цифру, умел сочетать количественный и порядковый счет. На этом этапе школьникам были предложены следующие серии заданий: 1 серия была направлена на изучение навыков прямого счета в пределах первого десятка; 2 серия была направлена на изучение обратного счета; 3 серия заданий позволяла оценить знание цифр и их соотнесение с количеством предметов; 4 серия позволяла выявить возможности соотнесения единиц количественного и порядкового счета.

Характеризуя критерии количественно-качественной оценки, следует отметить, что количество баллов зависело от качества выполнения предложенных заданий (табл. 2).

Результаты исследования и их обсуждение

Обратимся к анализу результатов и представим данные *первой группы* (обучающиеся с сохранным интеллектом).

Сразу отметим, что выполнение заданий детьми, не имеющими отклонений в развитии (ГСА-1), затруднений не вызвало. Дети с РАС (ЭГ-1) достаточно быстро и качественно справились с заданиями на сравнение двух групп предметов без пересчета их количества, однако у 75% обучающихся этой группы были отмечены трудности в формировании представления «ни одного». При предъявлении помощи взрослого «стало ноль» задание было выполнено правильно. Дети с РАС при предъявлении помощи экспериментатора «стало ноль» способны уйти от сравнения множеств предметов и перейти на выполнение таких операций при помощи цифры как знака, хотя задания на соотнесение количества предметов и цифры, которой это количество можно обозначить, так же вызвали затруднения. На наш взгляд, это обусловлено характерной для РАС недостаточностью смысловой памяти и явным доминированием механической. Обучающиеся с РАС хорошо владели навыками воспроизведения прямого счета, однако часто не могли остановиться на заданном числе. В процессе выполнения заданий обучающимися с РАС приходилось сталкиваться с проблемами концентрации

внимания, застревании на выполнении предыдущего или текущего задания, специфической восприятия инструкций – многим детям требовалась жестовая подсказка, что свидетельствует о недостаточной включенности аудиального канала восприятия информации. Следует отметить наличие направленной предметно-манипулятивной деятельности в рамках заданной учебной ситуации, установление зрительного контакта, понимание инструкций, способность работать за столом. В ходе проведения эксперимента эпизоды нежелательного поведения практически не были зафиксированы, в случаях переутомления были отмечены единичные отказы от выполнения заданий. В ходе сопоставительного анализа выполнения заданий обучающимися ЭГ-1 и ГСА-1 было установлено, что результаты детей с РАС отстают от показателей возрастной нормы даже в случаях выполнения адаптированного варианта заданий и при наличии помощи экспериментатора.

Далее проанализируем результаты выполнения заданий *второй группой* обучающихся (задержка психического развития).

Детям этой группы требовалось гораздо больше времени на выполнение предложенных заданий. Обучающиеся обеих групп (ЭГ-2 и ГСА-2) часто испытывали затруднения при выполнении одинаковых заданий, но в целом показатели детей с ЗПР оказались выше, чем у их сверстников, где РАС отягощены ЗПР. Трудности вызвали задания, направленные на изучение прямого и обратного счета: школьники не приступали к выполнению задания до тех пор, пока взрослый не начинал отсчет; практически во всех случаях использовался прием сопряженно-отраженного проговаривания, особенно при обратном счете. Существенные затруднения в ГСА-2 в сравнении с ЭГ-2 вызвало задание, связанное с соотнесением числа, цифры и количества предметов. Также следует отметить, что дети с ЗПР (ГСА-2) были заинтересованы в результате, а обучающиеся с РАС (ЭГ-2) демонстрировали нежелательное поведение (аутистимуляции, крики, повышенную слезливость). В целом у большинства школьников нами было отмечено наличие зрительного контакта, случаи проявления разделенного внимания, однако предметно-манипулятивная деятельность часто демонстрировалась «сама по себе» без нацеливания на результат и превращалась в перебор предметов и картинок. Обучающиеся активно использовали помощь экспериментатора, действуя по принципу «рука в руке», ждали подсказки, практически во всех случаях адекватно реагировали на одобрение, в некоторых

случаях вербально обращались за помощью. У обучающихся с РАС на этапе диагностики были зафиксированы отдельные абрисы слов, аморфные слова, короткие фразы, чаще сопоставимые с предлагаемой учебной ситуацией, а также эхолалии (12,5% в обеих группах) непосредственные и отсроченные (особенно в случаях повторения инструкций). Подводя итоги, необходимо отметить, что уровень развития количественных представлений у обучающихся обеих групп значительно снижен в сравнении с возрастной нормой, однако и уровень развития изучаемых параметров в ЭГ-2 не достигает в сравнительном плане показателей, полученных в ГСА-2.

Перейдем к анализу результатов выполнения заданий *третьей группой* обучающихся (умственная отсталость).

Все обучающиеся этой группы приступали к выполнению заданий только при наводящей и контролирующей помощи взрослого. Возникали трудности на всех этапах выполнения заданий, таких как подбор цифры к заданному количеству и числу, прямой, обратный и порядковый счет, самостоятельный пересчет предметов. Быстрая

истощаемость и отсутствие мотивации снижали качество выполнения заданий. Однако некоторые дети ГСА-3 могли самостоятельно пересчитать предметы в пределах трех, но не были способны самостоятельно взять такое же количество других предметов; знали отдельные цифры, но не могли разложить их по порядку. У всех обучающихся третьей группы (ЭГ-3 и ГСА-3) был выявлен ряд сходных специфических проблем: быстрая истощаемость, трудности восприятия инструкции (от фрагментарности до полного непонимания даже при наличии образца выполнения задания или жестовой подсказки), слабая ориентировка на демонстрацию образца выполнения задания и практическая неспособность повторить способ выполнения задания на уровне имитации. Дети проявляли практически полное безразличие к помощи экспериментатора, частой реакцией при предъявлении заданий являлась демонстрация нежелательного поведения в группе ЭГ-3, отмечалось застревание на наглядном материале в отсутствии понимания учебной ситуации (ориентировка на цвет, материал, размер, запах, вкус и др.).

Таблица 3

Сопоставительный анализ групп по уровню сформированности количественных представлений (число обучающихся)

Группы по уровню	Группы обучающихся					
	Первая группа		Вторая группа		Третья группа	
	ЭГ-1	ГСА-1	ЭГ-2	ГСА-2	ЭГ-3	ГСА-3
Достаточный	4	8	1	2	–	–
Минимальный	3	–	6	7	–	4
Критический	1	–	5	3	18	14

Примечание:

ЭГ – экспериментальная группа;

ГСА – группа сопоставительного анализа.

Таблица 4

Сопоставительный анализ показателей сформированности количественных представлений в группах детей, имеющих РАС (число обучающихся)

Экспериментальные группы	Уровни сформированности количественных представлений					
	достаточный		минимальный		критический	
	число	%	число	%	число	%
ЭГ-1 (АООП 8.1)	4	50	3	37,5	1	12,5
ЭГ-2 (АООП 8.2)	1	8,3	6	50	5	41,7
ЭГ-3 (АООП 8.3)	–	–	–	–	18	100

Примечание:

ЭГ – экспериментальная группа;

АООП – адаптированная основная общеобразовательная программа.

В ходе выполнения заданий были зафиксированы вокализации, чаще не соотносимые с предметами и действиями. В целом, фиксируя очень низкие результаты, необходимо отметить, что уровень развития количественных представлений у детей этой группы не соответствует не только показателям предыдущих групп, но и требованиям соответствующих АООП.

На основании анализа индивидуальных протоколов обучающихся нами были условно выделены три группы по уровню сформированности количественных представлений. Результаты представлены в табл. 3.

Анализ результатов эксперимента позволил выделить 3 группы по уровню сформированности количественных представлений:

I группа (достаточный уровень): у детей этой группы сформированы количественные представления, соответствующие возрастной норме. Для школьников характерно быстрое, правильное и самостоятельное выполнение заданий, умение удерживать и понимать инструкции, заинтересованность в результате, усидчивость, высокая работоспособность, быстрое установление контакта с экспериментатором. Обучающиеся демонстрировали достаточно высокие показатели успешности (87% и выше) овладения математическим материалом.

II группа (минимальный уровень): у обучающихся этой группы недостаточно сформированы количественные представления. Школьники часто допускают ошибки в обратном счете, а также испытывают трудности в счете от заданного числа. Установление равенства двух совокупностей часто оказывается возможным только на более простых вариантах заданий путем наложения и приложения предметов; уравнивание элементов двух групп доступно только 20% детей. Для учащихся этой группы было характерным удержание простых инструкций, отмечались попытки самостоятельного выполнения заданий, ориентировка на визуальную и обучающую помощь экспериментатора. Изучаемыми количественными представлениями дети в полном объеме не владеют: одни элементарные математические представления находятся в стадии формирования, другие практически отсутствуют.

III группа (критический уровень): у обучающихся этой группы количественные представления не сформированы. Школьники не владеют навыком соотнесения числа, цифры и множества, затруднены навыки самостоятельного пересчета предметов в пределах пяти, прямой счет усвоен 12% детей, а обратный счет отсутствует вовсе.

У обучающихся этой группы были отмечены несформированность навыков установления взаимно-однозначного соответствия между элементами двух совокупностей, многочисленные ошибки в сравнении количества предметов и дифференциации представлений «один – много». В процессе выполнения заданий наблюдались неспособность удерживать инструкцию, отсутствие мотивации, низкая работоспособность, быстрая истощаемость, трудности в установлении контакта, нежелательное поведение.

В рамках нашего исследования наиболее интересными являются результаты, продемонстрированные участниками эксперимента с РАС. Рассмотрим такие данные в табл. 4.

Результаты проведенного исследования позволили доказать неоднородность, мозаичность, а в ряде случаев фрагментарность количественных представлений у обучающихся с РАС. Разработанная и апробированная нами методика исследования позволила оценить уровень сформированности количественных представлений, которые являются базой для дальнейшего формирования счетных операций, понимания конкретного смысла арифметических действий, установления связей между компонентами и результатами арифметических действий и др. Уровень владения количественными представлениями у детей с РАС, сформировавшийся за период дошкольного детства, не позволяет ни одной группе обучающихся овладеть базовым программным материалом согласно соответствующей АООП. Следовательно, возникает необходимость проектирования специальных коррекционно-развивающих стратегий по формированию элементарных математических представлений обучающихся с РАС. На наш взгляд, совершенно очевидно, что более абстрактные математические представления у детей с РАС, поступивших в первый класс, окажутся либо недостаточно сформированными, либо несформированными вовсе. Кроме того, необходимо задуматься о качестве организации и проведения фронтальных форм работы, эффективности использования коррекционно-развивающих технологий и уровне усвоения учебного материала ребенком с РАС в условиях группы (в дошкольном учреждении) и в условиях класса.

Заключение

Полученные результаты доказывают необходимость:

– разработки специалистами службы психолого-педагогического сопровождения

соответствующих коррекционно-развивающих программ;

- включения в программы дополнительного образования естественнонаучного и социально-педагогического направлений разделов работы по формированию математических представлений;

- организации и проведения индивидуальных и групповых коррекционно-развивающих занятий по развитию математических представлений;

- определения стратегии организационного и содержательного перевода учебной деятельности школьников с РАС от модели «взрослый – ребенок» к модели «ребенок – группа»;

- тщательной разработки и определения содержания понятия «индивидуально-дифференцированный подход к обучению детей с РАС» вне зависимости от возраста и варианта АООП;

- учета уровня сформированности количественных представлений у обучающихся с РАС, который зависит как от общих, т.е. характерных для всех детей этой нозологической группы, так и от специфических особенностей;

- систематического мониторинга результатов освоения АООП с целью своевременной корректировки коррекционно-развивающих программ.

Результаты экспериментального исследования позволили выделить ряд существенных проблем, связанных с восприятием и пониманием учебного материала по математике обучающимися с РАС. С учетом специфики развития детей с РАС формирование математических знаний, умений и навыков у обучающихся данной категории требует комплексного вариативного подхода. Безусловно, в этом случае следует говорить не только о создании специальных условий, но и о разработке особой модели обучения. В связи с этим вопросы организации и содержания коррекционно-развивающей работы приобретают особую актуальность и значимость.

Список литературы

1. Лубовский В.И. Психолого-педагогические проблемы дифференцированного и интегрированного обучения // Специальная психология. 2008. № 4. С. 11–21.
2. Назарова Н.М. Системно-деятельностный подход в обучении с особыми образовательными потребностями // Пермский педагогический журнал. 2016. № 8. С. 102–109.
3. Сиротюк А.Л. Дифференцированное обучение младших школьников с учетом индивидуально-психологических особенностей: автореф. дис. ... докт. психол. наук. М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2004. 50 с.
4. Степанова М.В. Особенности дифференцированного подхода в системе развивающего обучения: автореф. дис. ... канд. пед. наук. СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2000. 18 с.
5. Марголис А.А. Зона ближайшего развития (ЗБР) и организация учебной деятельности учащихся // Психологическая наука и образование. 2020. Т. 25. № 4. С. 6–27. DOI: 10.17759/pse.2020250402.
6. Рубцов В.В., Марголис А.А. Роль и задачи психолого-педагогической диагностики в определении качества образования // Психологическая наука и образование. 2007. Т. 12. № 4. С. 5–6. URL: https://psyjournals.ru/psyedu/2007/n4/Rubtsov_Margolis.shtml (дата обращения: 18.10.2021).
7. Артемова Е.Э., Ряженкова М.А. Формирование навыков взаимодействия у младших школьников с расстройствами аутистического спектра // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 7. С. 121–125.
8. Борякова Н.Ю. Коррекционно-развивающее обучение и воспитание дошкольников с задержкой психического развития: теория и практика: монография. Ярославль: Канцлер, 2017. 169 с.
9. Горбачевская Н.Л., Сорокин А.Б., Данилина К.К. Возрастные изменения нейрофизиологических характеристик у детей в норме и при синдроме умственной отсталости, сцепленной с ломкой хромосомой X (FRAXA) // Психологическая наука и образование. 2014. Т. 19. № 3. С. 36–45.
10. Левченко И.Ю., Приходько О.Г., Гусейнова А.А., Мануйлова В.В. Инклюзивное образование: специальные условия включения обучающихся с ОВЗ в образовательное пространство: учебное пособие. М.: НКЦ, 2018. 112 с.
11. Тишина Л.А. Лингвистическое мышление как фактор понимания текстовых сообщений младшими школьниками с нарушениями речи // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4–2. С. 337–342.
12. Алехина С.В., Мельник Ю.В., Самсонова Е.В., Шеманов А.Ю. Экспертная оценка параметров инклюзивного процесса в образовании // Клиническая и специальная психология. 2020. Т. 9. № 2. С. 62–78. DOI:10.17759/crpe.2020090203.
13. Данилова А.М., Подвальная Е.В. Психолого-педагогические условия повышения эффективности дополнительного образования обучающихся с ограниченными возможностями здоровья // Актуальные проблемы и инновационные подходы в образовании лиц с ограниченными возможностями здоровья: материалы научно-практической конференции с международным участием. М.: МПГУ, 2017. С. 154–156.
14. Шаргородская Л.В. Организационно-педагогические условия инклюзивного обучения младших школьников с расстройствами аутистического спектра: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М.: Московский городской педагогический университет, 2017. 25 с.
15. Шишкова М.И. К вопросу о повышении профессионализма учителя в условиях инклюзивного образования // Специальное образование и социокультурная интеграция – 2018: Сборник научных статей Международной научно-практической конференции / Под ред. О.Е. Нестеровой, Р.М. Шамина, Е.С. Пяткиной, Ю.В. Селивановой, М.Д. Коноваловой. М.: Перо, 2018. С. 442–451.
16. Алышева Т.В. Математика. Методические рекомендации. 1–4 классы: учебное пособие для общеобразовательных организаций, реализующих адаптированные основные общеобразовательные программы. М.: Просвещение, 2017. 362 с.
17. Баряева Л.Б. Интегративная модель математического образования дошкольников с задержкой психического развития. Монография. СПб.: Издательство РГПУ им. А.И. Герцена, 2015. 320 с.
18. Яковлева И.М. Обучение арифметическим действиям с многозначными числами учащихся с нарушениями интеллекта // Педагогические технологии обучения детей с нарушением интеллектуального развития. М.: МПГУ, 2012. С. 104–134.

19. Тишина Л.А. Системный подход к анализу проблемы готовности обучающихся с тяжелыми нарушениями речи к решению арифметических задач // *Современные наукоемкие технологии*. 2020. № 2. С. 117–121.
20. Адильжанова М.А., Тишина Л.А. Характеристика коммуникативных профилей детей с расстройствами аутистического спектра с использованием критериев оценки речевого развития // *Современные наукоемкие технологии*. 2020. № 4–1. С. 89–94.
21. Хаустов А.В., Загуменная О.В. Адаптация учебных заданий для детей с расстройствами аутистического спектра // *Аутизм и нарушения развития*. 2016. Т. 14. № 1 (50). С. 27–37.
22. Славина И.В., Данилова А.М. Психолого-педагогические условия формирования элементарных математических представлений у младших школьников с расстройствами аутистического спектра // *Инклюзивное образование в общество: стратегии, практики, ресурсы: материалы VI Международной научно-практической конференции (Москва, 20–21 октября 2021 г.)*. / Гл. ред. С.В. Алехина. М.: МГППУ, 2021. С. 302–306.
23. Давыдова Е.Ю., Сорокин А.Б., Хаустов А.В., Шведовский Е.Ф. Проблемы и перспективы интеграции методов с доказанной эффективностью в практику школьного обучения детей с расстройствами аутистического спектра // *Клиническая и специальная психология*. 2021. Т. 10. № 1. С. 36–60. DOI: 10.17759/cpse.2021100103.