

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,916
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,284

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

Электронная версия журнала top-technologies.ru/ru
Правила для авторов: top-technologies.ru/ru/rules/index
Подписной индекс по электронному каталогу «Почта России» – ПА037

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатный.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,916.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,284.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

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

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

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

Подписано в печать – 12.06.2020
Дата выхода номера – 12.07.2020

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 24,75
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2020/6
Подписной индекс ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

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

СТАТЬИ

СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ <i>Богданов А.В., Тхуреин Киав Лвин, Пья Сон Ко Ко, Чжоу За</i>	9
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ШЛАКОВОЙ ВАННЫ ЭШН КОМПОЗИЦИОННЫХ СПЛАВОВ <i>Быстров В.А.</i>	15
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ ПОДСТРОЙКИ ШАГА ХЕМОТАКСИСА В АЛГОРИТМЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ <i>Венцов Н.Н., Долгов В.В., Мезина А.В.</i>	25
МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ <i>Власов С.В., Власов В.И.</i>	31
ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ОДНОЦИЛИНДРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ <i>Гоц А.Н., Клевцов В.С.</i>	37
АЛГОРИТМ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ОТВЕТА НА ЗАПРОС ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ ОПОЗНАВАНИЯ СПУТНИКА <i>Калмыков И.А., Чипига А.Ф., Калмыкова Н.И., Чистоусов Н.К.</i>	44
МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ ПО КРИТЕРИЮ НАИБОЛЬШЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ <i>Карпов А.В.</i>	50
ИЗГИБ СОСТАВНОЙ ПЛАСТИНЫ ИЗ РАЗНОМОДУЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. КРАЕВЫЕ УСЛОВИЯ <i>Кривчун Н.А., Уманская О.Л.</i>	56
ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ РЕГИОНАЛЬНОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ <i>Медведев А.В.</i>	61
ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМЫ «ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ВИДЕОПОТОКОВ» <i>Миссаров М.Д., Шустова Е.П., Шустова К.П.</i>	67
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫРУЧКИ ПРЕДПОЛАГАЕМОЙ ТОРГОВОЙ ТОЧКИ СЕТИ МЕДИЦИНСКИХ ТОВАРОВ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ <i>Пахомова К.И., Пересунько П.В., Виденин С.А.</i>	74
ИДЕНТИФИКАЦИЯ НУЛЕЙ И ЭКСТРЕМУМОВ ФУНКЦИЙ НА ОСНОВЕ СОРТИРОВКИ С ПРИЛОЖЕНИЕМ К АНАЛИЗУ УСТОЙЧИВОСТИ. I. СЛУЧАЙ ОДНОЙ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ <i>Ромм Я.Е.</i>	79
СИЛЬФОННЫЕ ПРИВОДЫ КРИВОЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НОГИ ШАГАЮЩЕГО АППАРАТА <i>Сысоев С.Н., Никифоров И.Е., Мосалев А.А.</i>	98

ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ
КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ КАЧЕСТВ ТЕХНИКИ

Токарев В.И., Бабоченко Н.В. 104

ОБЗОРЫ

ОБЗОР МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ ИНВАРИАНТОВ
К ЯРКОСТНЫМ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ

Абрамов Н.С., Фраленко В.П., Хачумов М.В. 110

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

СТАТЬИ

ВЛИЯНИЕ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ
НА МОТИВАЦИЮ СТУДЕНТОВ К ОБУЧЕНИЮ

Арзуманов А.А., Ткаченко А.Н., Болотских Л.В., Василенко А.Н. 118

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНОГО ПОДХОДА
В ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБУЧЕНИЯ

Галактионов О.Н., Кузнецов А.В., Боришкевич О.В., Каиука М.А., Галактионова Л.И. 122

АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЛИЧНОСТНОГО
РАЗВИТИЯ ПЕДАГОГА

Захарова М.А., Мезинов В.Н., Нехороших Н.А. 127

ПРОЕКТНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВОЧНОЙ
КОМПЕТЕНТНОСТИ У БАКАЛАВРОВ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Иванова Е.Г. 132

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ГЛАЗАМИ СТУДЕНТОВ
(АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРОСА СТУДЕНТОВ ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА)

Игнатьев В.П., Архангельская Е.А. 138

ДЕТСКИЕ ШКОЛЫ ИСКУССТВ КАК ЦЕНТРЫ КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СЕЛЕ

Лобанова О.Б., Плеханова Е.М., Фирер Н.Д.,
Попшой Е.Ю., Перцева С.А., Карпечина Е.Н. 143

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОТБОРА МУЗЫКАЛЬНОГО
СОПРОВОЖДЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА В СПОРТИВНОЙ ХОДЬБЕ

Машина В.Е., Синельник Е.В. 148

ВИРТУАЛЬНАЯ ЭКСКУРСИЯ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ У ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА К БИОЛОГИИ

Михайлова О.С., Потапкин Е.Н. 153

О СОДЕРЖАНИИ ВВОДНОГО КУРСА КОМБИНАТОРИКИ И МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ
РЕШЕНИЮ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Морозов А.В. 158

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ
В РОССИЙСКОМ ВУЗЕ

Перевалова А.А. 164

ИНТЕГРАЦИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ДЕЛОВЫЕ
КОММУНИКАЦИИ» В КОНТЕКСТЕ ТРЕБОВАНИЙ ИДЕОЛОГИИ SDIO

Приходько О.В. 169

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ	
<i>Савватеева О.А., Федорук Н.А., Федотова К.П.</i>	176
ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ ДЕФЕКТОЛОГОВ К КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ ПРОСОДИКИ У ДЕТЕЙ С ОВЗ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗВИТИЕ ИНТОНАЦИОННОЙ СТОРОНЫ РЕЧИ»	
<i>Семенова Т.Н.</i>	183
ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВАРИАНТА Я-КОНЦЕПЦИИ ПОДРОСТКОВ	
<i>Чернова О.В., Чернов С.А.</i>	188
ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ УМЕНИЯ ОПРЕДЕЛЯТЬ СИСТЕМАТИЧЕСКУЮ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	
<i>Якунчев М.А., Андреева А.Д., Киселева А.И.</i>	193

CONTENTS

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

ARTICLES

PERFORMANCE COMPARISON USING SPARK AND HADOOP FOR BIG DATA PROCESSING <i>Bogdanov A.V., Thurein Kyaw Lwin, Pyae Sone Ko Ko, Kyaw Zaya</i>	9
MATHEMATICAL MODEL TEMPERATURE FIELD OF SLAG OF ELECTROSLAG SURFACING COMPOSITE ALLOYS <i>Bystrov V.A.</i>	15
STUDY OF APPROACHES OF CHEMOTAXIS STEP ADJUSTMENT IN BACTERIAL FORAGING OPTIMIZATION <i>Ventsov N.N., Dolgov V.V., Mezina A.V.</i>	25
INFORMATION SYSTEM SECURITY CONTROL MODEL <i>Vlasov S.V., Vlasov V.I.</i>	31
SELECTION OF THE OPTIMAL SCHEME OF STABILIZATION OF THE ONE-CYLINDER ENGINE <i>Gots A.N., Klevtsov V.S.</i>	37
ALGORITHM FOR CORRECTING ERRORS THAT OCCUR WHEN CALCULATING THE RESPONSE TO A REQUEST FOR A FAULT-TOLERANT SATELLITE IDENTIFICATION SYSTEM <i>Kalmykov I.A., Chipiga A.F., Kalmykova N.I., Chistousov N.K.</i>	44
MODEL FOR PARAMETRIC OPTIMIZATION OF CUTTING OPERATIONS BASED ON THE HIGHEST ENERGY EFFICIENCY CRITERION <i>Karpov A.V.</i>	50
BENDING A COMPOSITE PLATE MADE OF MULTI-MODULUS MATERIALS. BOUNDARY CONDITION <i>Krivchun N.A., Umanskaya O.L.</i>	56
DIGITAL TWINS OF TERRITORIES TO SUPPORT DECISION-MAKING IN THE FIELD OF REGIONAL SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT <i>Medvedev A.V.</i>	61
INTERFACE OF SYSTEM «PROCESSING AND ANALYSIS OF IMAGES AND VIDEO STREAMS» <i>Missarov M.D., Shustova E.P., Shustova K.P.</i>	67
PREDICTION OF THE PROPOSED RETAIL MEDICAL NETWORK INCOME BASED ON GIS DATA <i>Pakhomova K.I., Peresynko P.V., Videnin S.A.</i>	74
IDENTIFICATION OF ZEROS AND EXTREMA OF FUNCTIONS BASED ON SORTING WITH AN APPLICATION TO STABILITY ANALYSIS. I. THE CASE OF ONE REAL VARIABLE <i>Romm Ya.E.</i>	79
BELLOWS DRIVES OF CURVILINEAR MOTION OF WALKING MACHINE LEG <i>Sysoev S.N., Nikiforov I.E., Mosalev A.A.</i>	98

OPERATIONAL AND TECHNOLOGICAL MONITORING OF LOADING,
UNLOADING AND TRANSPORT WORKS AS A MEANS OF IMPROVING
CONSUMER QUALITY OF EQUIPMENT

Tokarev V.I., Babochenko N.V. 104

REVIEWS

REVIEW OF IMAGE RECOGNITION METHODS BASED ON BRIGHTNESS
INVARIANTS AND GEOMETRIC TRANSFORMATIONS

Abramov N.S., Fralenko V.P., Khachumov M.V. 110

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

ARTICLES

THE INFLUENCE OF RATING SYSTEM OF STUDENT ASSESSMENT
ON STUDENTS' MOTIVATION FOR LEARNING

Arzumanov A.A., Tkachenko A.N., Bolotskikh L.V., Vasilenko A.N. 118

INTERDISCIPLINARY COMMUNICATIONS IN THE IMPLEMENTATION
OF THE PROJECT APPROACH IN PREPARATION OF BACHELORS
OF TECHNICAL DIRECTIONS OF TRAINING

Galaktionov O.N., Kuznetsov A.V., Borishkevich O.V., Kashuka M.A., Galaktionova L.I. 122

ACTUALIZATION OF THE PROBLEM OF PROFESSIONAL AND PERSONAL
DEVELOPMENT OF TEACHER

Zakharova M.A., Mezinov V.N., Nekhoroshikh N.A. 127

DESIGN TRAINING AS A MEANS OF FORMING DESIGN COMPETENCE
IN TRAINERS OF ROAD CONSTRUCTION

Ivanova E.G. 132

DISTANCE EDUCATION THROUGH THE EYES OF STUDENTS
(ANALYSIS OF THE RESULTS OF A SURVEY OF FEDERAL UNIVERSITY STUDENTS)

Ignatev V.P., Arkhangelskaya E.A. 138

CHILDREN'S ART SCHOOLS AS CENTERS OF CULTURAL AND EDUCATIONAL
ACTIVITIES IN RURAL AREAS

*Lobanova O.B., Plekhanova E.M., Firer N.D.,
Popshoy E.Yu., Pertseva S.A., Karpechina E.N.* 143

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF CRITERIA FOR SELECTION
OF MUSICAL SUPPORT OF THE TRAINING PROCESS IN SPORTS WALKING

Mashina V.E., Sinelnik E.V. 148

VIRTUAL TOUR AS A MEANS OF FORMING STUDENTS COGNITIVE INTEREST IN BIOLOGY

Mikhaylova O.S., Potapkin E.N. 153

ABOUT THE CONTENT OF THE INTRODUCTORY COURSE IN COMBINATORICS
AND TEACHING METHODS SOLVING TYPICAL PROBLEMS

Morozov A.V. 158

PECULIARITIES OF TEACHING ENGLISH TO FOREIGN STUDENTS
IN THE RUSSIAN UNIVERSITY

Perevalova A.A. 164

INTEGRATION DURING TEACHING THE DISCIPLINE «BUSINESS COMMUNICATION»
IN THE CONTEXT OF THE CDIO IDEOLOGY REQUIREMENTS

Prikhodko O.V. 169

ENVIRONMENTAL EDUCATION IN SECONDARY SCHOOL

Savvateeva O.A., Fedoruk N.A., Fedotova K.P. 176

TRAINING OF FUTURE PATHOLOGISTS FOR THE CORRECTION PROSODIC
DISORDERS IN CHILDREN WITH DISABILITIES IN THE STUDY OF THE DISCIPLINE
«DEVELOPMENT OF THE INTONATION SIDE OF SPEECH»

Semenova T.N. 183

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL DIAGNOSTICS OF THE UNFAVORABLE
VERSION OF THE ADOLESCENT SELF-CONCEPT

Chernova O.V., Chernov S.A. 188

FORMATION TECHNOLOGY FOR SCHOOLCHILDREN ABILITY TO DETERMINE
SYSTEMATIC ACCESSORIES OF BIOLOGICAL OBJECTS

Yakunchev M.A., Andreeva A.D., Kiseleva A.I. 193

СТАТЬИ

УДК 004.75

**СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ**

¹Богданов А.В., ¹Тхуреин Киав Лвин, ²Пья Сон Ко Ко, ²Чжо За

*¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
e-mail: bogdanov@csc.ru, trkl.mm@mail.ru;*

*²Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
Санкт-Петербург, e-mail: pyaesonekoko@gmail.com, kyawzaya4436@gmail.com*

Целью данной статьи является создание основной экосистемы, в которой Hadoop и Spark могут эффективно находиться в рабочем состоянии. Hadoop обеспечивает надежный, масштабируемый, отказоустойчивый сервис для крупномасштабной обработки данных на основе HDFS и MapReduce. HDFS является распределенной файловой системой и предоставляет распределенное хранилище для системы. MapReduce обеспечивает распределенную обработку для Hadoop. Однако MapReduce подходит не для всех классов приложений. Альтернативой для преодоления ограничения Hadoop являются новые системы времени исполнения в памяти, такие как Spark, которые предназначены для поддержки приложениями многократного использования рабочего набора данных в нескольких параллельных операциях. Слабость Spark заключается в том, что производительность ограничена памятью. Чтобы подчеркнуть различные аспекты двух сред выполнения больших данных, были введены PageRank. Мы измерили время работы, максимальное и среднее использование памяти и ЦП и пропускную способность, чтобы сравнить разницу в производительности между этими платформами для теста. В результате Spark работает быстрее с данными небольшого размера. Однако Spark потребляет больше памяти, а производительность Spark ограничивается размером памяти.

Ключевые слова: большие данные, распределенная система, СУРБД, Hadoop, Spark, MapReduce, HDFS

**PERFORMANCE COMPARISON USING SPARK AND HADOOP
FOR BIG DATA PROCESSING**

¹Bogdanov A.V., ¹Thurein Kyaw Lwin, ²Pyae Sone Ko Ko, ²Kyaw Zaya

¹Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, e-mail: bogdanov@csc.ru, trkl.mm@mail.ru;

*²Saint-Petersburg State Marine Technical University, Saint-Petersburg,
e-mail: pyaesonekoko@gmail.com, kyawzaya4436@gmail.com*

The purpose of this article is to construct a main eco-system that supports Hadoop and Spark in a same working condition. Hadoop is developed as a solution for Big Data. It provides reliable, scalable, fault-tolerance and efficient service for large scale data processing based on HDFS and MapReduce. HDFS stands for the Hadoop distributed file system and provides the distributed storage for the system. MapReduce provides the distributed processing for Hadoop. However, MapReduce is not suitable for all classes of applications. An alternative to overcome the limitation of Hadoop is new in-memory runtime systems such as Spark, that is designed to support applications reuse a working set of data across multiple parallel operations. The weakness of Spark is that the performance is restricted by the memory. To stress the different aspects of two big data runtimes, we selected and ran PageRank benchmark on Hadoop and Spark runtime systems. We measured the running time, maximum and average memory and CPU usage, the throughput to compare the performances difference among these platforms for the benchmark. As result, Spark runs faster with small input size. However, Spark consumes more memory capacity and the performance for Spark is restricted by the memory.

Keywords: big data, distributed system, RDBMS, Hadoop, Spark, MapReduce, HDFS

Когда имеются в виду большие данные, то, скорее всего, речь идет об Apache Spark или Hadoop. В индустрии больших данных эти инструменты нередко рассматриваются как конкуренты. Тем не менее специалисты воспринимают их как дополнение друг друга.

Apache и Hadoop – это фреймворки, которые позволяют обрабатывать внушительные объемы данных, но используются для решения различных задач. Эта статья – своеобразная попытка совместить данные технологические решения, чтобы более эффективно работать с произвольными информационными данными.

Фактически Hadoop отвечает за формирование инфраструктуры данных распределенного типа: значительные коллекции информационных данных равномерно размещаются по большому количеству узлов, формирующих кластер, который включает в себя стандартизированные серверы. Данное обстоятельство свидетельствует об отсутствии необходимости в приобретении и обслуживании дорогостоящей техники узкого назначения. Hadoop тщательно контролирует и индексирует информационные данные, поэтому их анализ и обработка производятся с большей эффективностью, нежели прежде [1].

Spark представляет собой эффективный и очень удобный инструмент, который используется для обработки информационных данных. С его помощью можно исполнять разные операции, которые связаны с распределенными данными. Однако данный инструмент позволяет хранить эти данные распределенно. Spark функционирует с гораздо большей скоростью. По показателям производительности он существенно превосходит MapReduce, т.к. обработка данных в нем осуществляется совершенно иначе. Так, MapReduce обрабатывает данные пошагово, а Spark использует одновременно весь комплекс имеющихся данных [2].

Основная цель представленной статьи – сравнить показатели производительности Spark и Hadoop в процессе исполнения PageRank в целях обработки больших данных с применением PBVC (распределенной виртуальной вычислительной системы). Чтобы достигнуть намеченной цели, были выделены такие задачи, как:

- подборка и тщательный анализ наиболее подходящих комплексов распределенных вычислений, при учете вычислительных технологий в виртуальных системах;
- моделирование параллельного программирования, осуществляемое в целях усиления производительности и повышения уровня эффективности работы в PBVC.

Краткое описание Hadoop

Hadoop представляет собой проект, который обладает открытым исходным кодом и управляется Apache Software Foundation. Представленный фреймворк применяется в целях осуществления масштабируемых и надежных вычислений. Кроме того, Hadoop применим и для использования в качестве файлового хранилища (для файлов, имеющих общее назначение), т.к. в него вмещаются петабайты информационных данных. Большое количество коммерческих организаций применяют Hadoop в своей производственной и исследовательской деятельности.

Структуру фреймворка составляют 2 основных компонента:

- HDFS (файловая система распределенного типа), отвечающая за хранение информационных данных на Hadoop-кластере;
- MapReduce – уникальная система, позволяющая обрабатывать и вычислять значительные объемы информационных данных, которые находятся на кластере.

HDFS, являясь распространенной системой хранения информационных данных, применяется всеми Hadoop-приложениями. Она производит многочисленное копирование модулей информационных данных,

после чего распределяет сформированные копии по кластеру (его вычислительным узлам), позволяя добиться высочайшей скорости и качества вычислений [3]:

- в процессе загрузки информация распределяется по целому ряду вычислительных машин;
- система HDFS адаптирована скорее для потокового считывания информационных данных, чем для произвольных вычислений, выполняемых на нерегулярной основе;
- данные в HDFS фиксируются единовременно, после чего в них не могут быть внесены произвольные изменения;
- у приложений есть возможность записывать и считывать информационные данные NDFS непосредственно через Java-интерфейс.

MapReduce представляет собой программную модель и основу для разработки приложений, которые обеспечивают оперативную обработку информационных данных в значительных объемах на вычислительных узлах масштабных кластеров (параллельных) [4]:

- позволяет добиться эффективного распределения и распараллеливания вычислительных задач;
- обладает интегрированными инструментами поддержания работоспособности и устойчивости на случай, когда в тех или иных элементах будут возникать сбои;
- позволяет программистам достигать абсолютного уровня абстракции.

Корпоративные системы и Hadoop

RDBMS-системы (в переводе с англ. СУРБД – аббрев. от «Системы управления регуляционными базами данных») применяются в крупных коммерческих организациях по типовому принципу:

- система RDBMS интерактивного типа производит обработку запросов, которые приходят с интернет-страницы или иных приложений;
- после этого информационные данные получаются из реляционной базы, после чего зачисляются в файловое хранилище в целях последующей архивации и обработки;

– чаще всего информационные данные деформируются в так называемый куб OLAP.

К несчастью, RDBMS-системы, которые применяются сегодня, физически не имеют возможность хранить в себе значительный объем информации, формируемый в крупных коммерческих организациях. В этой связи появляется потребность в выборе компромиссного решения: либо лишь часть информации дублируется в RDBMS, либо она удаляется спустя конкретный времен-

ной интервал. Потребность в выборе подобных компромиссов исчезает, когда применяется Hadoop как промежуточный слой между файловым хранилищем и интерактивной информационной базой [5]:

- показатели производительности, которые фиксируются при обработке информации, увеличиваются в зависимости от размера информационного хранилища. Вместе с тем в серверах высокого уровня производительности увеличение объема информации и корреляция уровня производительности не имеют пропорциональной связи;

- в случае если в целях увеличения уровня производительности применяется фреймворк Hadoop, то в информационное хранилище просто интегрируются дополнительные узлы;

- с помощью фреймворка Hadoop можно обрабатывать и хранить большое количество информации. Но у него есть некоторые ограничения, по этой причине представленный фреймворк нельзя применять как операционную информационную базу;

- чтобы в Hadoop исполнить наиболее оперативную задачу, требуется несколько секунд времени;

- информацию, которая хранится в HDFS-системе, нельзя вносить коррективы;

- фреймворк Hadoop не имеет поддержки транзакционных операций.

Hadoop и СУРБД

СУРБД-системы обладают большим количеством преимуществ. Среди них [5]:

- с их помощью можно работать даже со сложными транзакциями;

- каждую секунду в СУРБД-системах обработке подвергается колоссальное количество запросов (сотни тысяч);

- информация по результатам функционирования отображается в интерактивном режиме;

- используется действенный и при этом простой язык формирования пользовательских запросов.

Тем не менее у рассматриваемых систем есть и «минусы», основными из которых являются:

- еще до импорта данных определяется их схема;

- предельная вместительность данных систем может достигать нескольких сотен Тб;

- предельный объем информации в каждом запросе СУРБД-системы достигает десятков Тб.

Hadoop и файловые хранилища

Деловая информация масштабных коммерческих организаций нередко хранится на крайне объемных серверах EMC, NetApp

и прочих типов. Эти вместительные серверы обеспечивают произвольный и крайне оперативный доступ к информации, а также имеют поддержки одновременного функционирования целого ряда пользовательских приложений.

Но если требуется хранить петабайты информации, то стоимость хранения каждого Тб может увеличиваться до существенных размеров. С данной точки зрения Hadoop – по-настоящему хорошая замена стандартизированным хранилищам файлов, при условии, что могут выбираться последовательные считывания, вместо произвольного доступа к информации, а коррективы информации можно ограничить лишь присоединяемыми записями.

ApacheSpark

Spark представляет собой один из наиболее выдающихся проектов разработчиков Apache. Он представляет собой эффективное средство, позволяющее мгновенно производить кластерные вычисления. В сравнении с проектом Hadoop Spark повышает скорость функционирования программного обеспечения на диске и в памяти (в 10 и 100 раз соответственно).

Проект Spark обладает следующими особенностями:

- сейчас проект уже предлагает API для Python, Java, Scala. Кроме того, разработчики активно готовят поддержку и других популярных программных языков, к примеру R;

- Spark великолепно сочетается с Hadoop-экосистемой и различными источниками информационных данных, включая etc, Cassandra, HBase, Hive, AmazonS3, HDFS;

- Spark позволяет оперировать кластерами, которые управляются ApacheMesos и Hadoop YARN. Кроме того, данный проект способен функционировать автономно [6].

Ядро Spark

Spark-ядро представляет собой движок-основу для масштабной распределенной и параллельной обработки информации. Оно исполняет следующие функциональные задачи [7]:

- восстановление памяти при сбоях, а также эффективное и оперативное управление ею;

- обеспечение отслеживания, распределения и планирования задач внутри кластера;

- обеспечение продуктивной работы с хранилищами информационных данных.

Spark предполагает применение RDD-концепции (стойкий распределенный комплекс информации) – не подлежащий изменению и устойчивый к отказам набор

объектов, подлежащих параллельной обработке. RDD в себя может включать любые разновидности объектов. Создается RDD посредством загрузки комплекса данных извне либо посредством распределения набора из приоритетного ПО. RDD имеет поддержку двух разновидностей операций:

- действий – операции (к примеру, расчет, редукция и пр.), способствующие возврату величины, которая формируется при ряде вычислительных процессов в RDD;
- трансформации – операции (к примеру, систематизация, фильтрация, демонстрация и пр.), которые осуществляются непосредственно над RDD. После трансформации появляется новый RDD, в котором отражен результат трансформационных процессов.

В Spark трансформационные процессы производятся в «пассивном» режиме. Это значит, что после трансформационных процессов результат исчисляется не сразу. Вместо этого они лишь фиксируют операцию, подлежащую осуществлению, и комплекс данных, которые подлежат изменению вследствие данной операции.

Трансформации вычисляются лишь в том случае, если провоцируется то или иное действие, после чего результат данного действия вновь отправляется к основному ПО. Этот дизайн позволяет повысить уровень продуктивности проекта Spark.

К примеру, когда для преобразования массивного файла применялись разные методы, после чего он был представлен первичному действию, Spark выполнит свои функции и возвратит результат лишь для первой строки, т.е. не будет обрабатывать весь объемный файл.

Изначально определено, что все RDD, подвергнутые трансформации, могут повторно вычисляться при каждом новом действии над ними. Но есть возможность хранить RDD и в течение длительного времени в памяти, применяя методики кэширования или хранения. В этой ситуации Spark обеспечит удержание на кластере необходимых компонентов, и пользователь сможет выполнять их запрос с гораздо большей скоростью [8; 9].

Конфигурация Spark в Hadoop

Все представленные выше технологические решения можно использовать и обособленно, что есть без их взаимодействия. Hadoop также в себя включает и компонент обработки данных MapReduce, и компонент хранения информации под названием Hadoop Distributed File System. В этой связи для полноценной обработки можно и вовсе не применять Spark.

Руководствуясь схожим принципом, можно использовать и Spark, не обращаясь к Hadoop. Но тут есть своя специфика. Так, в частности, структура Spark не имеет собственной системы управления файлами, поэтому при ее использовании нужно внедрять HDFS.

Вместе с тем Spark создавался под Hadoop. Поэтому мы приняли решение, что их целесообразно применять вместе.

Названные выше технологические решения подразумевают отличную реализацию функции восстановления после внезапных сбоев. Однако для этих целей в них используются абсолютно различные принципы. Фреймворк Hadoop обладает высокой устойчивостью ко внутрисетевым сбоям, потому что после завершения осуществления вычислений данные сохраняются на диск.

В случае с фреймворком Spark восстановление осуществляется благодаря сохранению объектов в наборах кластеров. RDD отвечает за восстановление информации из памяти или непосредственно с дисков, если произошли сбои или ошибки в работе [10].

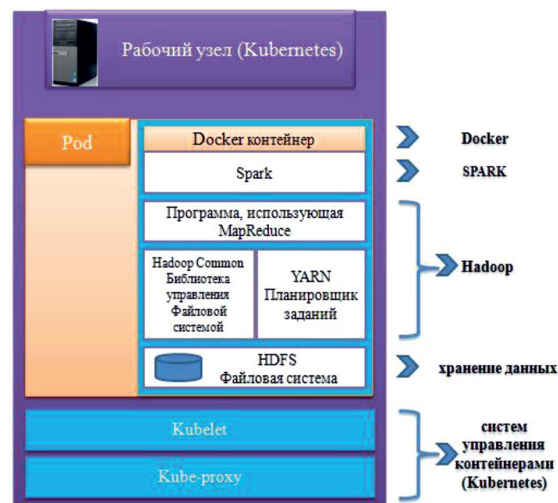
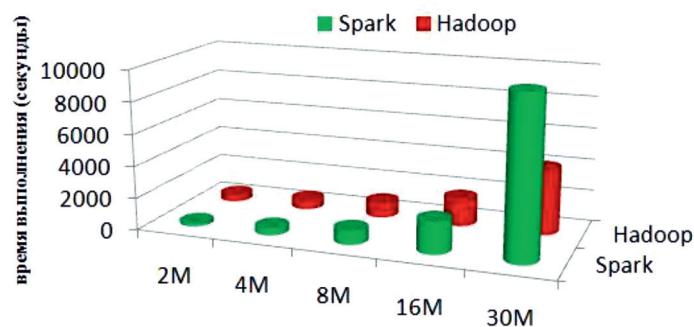


Рис. 1. Конфигурация Spark в Hadoop

Тестирование и анализ производительности с использованием Spark и Hadoop для обработки больших данных

На представленном графике (рис. 2) продемонстрировано сравнение показателей производительности фреймворков Spark и Hadoop в ходе исполнения PageRank. Представленная таблица демонстрирует, насколько Spark ускоряется, в сравнении с Hadoop, при вычислении аналогичных комплексов данных.



	2M	4M	8M	16M	30M
Spark	164	414	844	1975	9963
Hadoop	415	585	936	1701	4088
Ускорение	2.53	1.41	1.10	0.86	0.41

Рис. 2. Сравнение времени работы PageRank на Hadoop и Spark

Следует привести один распространенный алгоритм ранжирования интернет-ссылок. Он используется в отношении набора документов, которые взаимосвязаны с помощью гиперссылок (к примеру, интернет-странички), и определяет для каждого такого документа определенное значение в виде чисел, которое показывает его значимость во всей массе документов.

Алгоритм применим как в отношении интернет-страничек, так и ко всяким комплексам объектов, которые имеют связь друг с другом, обеспеченную ссылками друг на друга, т.е. ко всякому графу. Данное числовое значение показывает значимость интернет-странички. Чем большее количество интернет-ссылок существует на ту или иную интернет-страничку, тем большим авторитетом обладает данная страничка. Помимо этого, масса интернет-странички А зависит от массы интернет-ссылки, которая на нее ведет.

Исходя из сказанного выше, можно заключить, что PageRank представляет собой методику расчета массы интернет-странички посредством учета и суммирования авторитетности интернет-ссылок, которые на нее ведут [11].

Объемы входных комплексов информационных данных колеблются в пределах 2–30 млн интернет-страничек, а объемы входных информационных данных – в диапазоне 1–19,9 гигабайта. Нагрузка при работе производится с тремя итерациями.

Если размер ввода лежит в интервале 2–8 млн страничек, то Spark считается более производительным, нежели Hadoop,

с предельным показателем скорости максимум 2,53 раза. Но данное достоинство сокращается по мере увеличения объема ввода. Фреймворк Spark значительно замедляется при функционировании, если вводится 16 млн интернет-страничек, в отличие от Hadoop, и показывает вдвое большее время работы в случае, если вводится 30 млн интернет-страничек.

Заключение

Каждое из рассмотренных технологических решений может применяться обособленно. Hadoop включает в себя как элемент обработки информационных данных MapReduce, так и элемент хранения информационных данных Hadoop Distributed File System, по этой причине для осуществления полноценных вычислений не требуется применение Spark.

По тому же принципу, и Spark может применяться без фреймворка Hadoop, однако тут есть определенная специфика. Spark не включает в себя независимую систему, позволяющую управлять файлами, по этой причине он требует внедрения HDFS. Наряду с этим Spark разрабатывался специально для Hadoop, по этой причине мы приняли решение, что целесообразно их задействовать вместе.

Обе технологии характеризуются хорошей опцией оперативного восстановления при нарушениях и сбоях в работе, хотя она реализована совершенно по-разному. Технология Hadoop отличается повышенной устойчивостью к нарушениям функционирования системы, т.к. после исполнения

каждой отдельно взятой операции информация фиксируется на диске. В Spark же восстановление информационных данных реализуется за счет того, что данные сохраняются в кластерных наборах. Информация может храниться на дисках или в памяти, а RDD отвечает за их полноценное восстановление, если в системе произойдут ошибки или сбой.

Список литературы

1. Том Уайт. Hadoop. Подробное руководство. Серия Бестселлеры O'Reilly. СПб.: Питер, 2013. С. 27–29.
2. Lu Liu. Performance comparison by running benchmarks on Hadoop, Spark, and HAMR. Proquest LLC. 2016. P. 11–13.
3. Vohra, Deepak. Practical Hadoop Ecosystem. A Definitive Guide to Hadoop-Related Frameworks and Tools (1st ed.). Apress. October 2016. P. 429.
4. Wang Yandong, Goldstone Robin, Yu Weikuan, Wang Teng. Characterization and Optimization of Memory-Resident MapReduce on HPC Systems. 2014 IEEE 28th International Parallel and Distributed Processing Symposium. P. 799–808.
5. Богданов А.В., Тхурейн Киав Лвин, Е Мьинт Наин. Консолидация базы данных, используемая для частного об-
лака. GRID 2012: материалы V Международной конферен-
ции. 2012. С. 52–56.
6. Matei Zaharia, Mosharaf Chowdhury, Michael J, Frank-
lin, Scott Shenker, Ion Stoica. Spark: Cluster Computing with
Working Sets. University of California, Berkeley. 2012. P. 2.
7. Hongwei Chen, Lin Han, Zhou Hu, Qiao Hou, Zhiwei Ye,
Jun Zeng, Jiansen Yuan. A Feature Selection Method of Parallel
Grey Wolf Optimization Algorithm Based on Spark. Intelligent
Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technol-
ogy and Applications (IDAACS) 2019 10th IEEE International
Conference on. 2019. vol. 1. P. 81–85.
8. Zaharia M., Chowdhury M., Das T., Dave A., Ma J., Mc-
Cauley M., Franklin M.J., Shenker S., Stoica I. Resilient Dis-
tributed Datasets: A Fault-Tolerant Abstraction for In-Memory
Cluster Computing. University of California, Berkeley, April
2012. P. 3–4.
9. Harifi Sasan, Byagowi Ebrahim, Khalilian Madjid,
Tan Ying, Takagi Hideyuki, Shi, Yuhui. Comparative Study of
Apache Spark MLlib Clustering Algorithms. Data Mining and
Big Data. Lecture Notes in Computer Science. Springer Interna-
tional Publishing. 2017. P. 61–73.
10. Satish Gopalani, Rohan Arora. Comparing apache
spark and map reduce with performance analysis using k-
means. International Journal of Computer Applications. 2015.
Vol. 113 (1). P. 9–10.
11. Atish Das Sarma, Anisur Rahaman Molla, Gopal Pan-
durangan, Eli Upfal. Fast Distributed PageRank Computation.
Theoretical Computer Science. 2015. V. 561. P. 113–121.

УДК 621.79:536.2

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ
ШЛАКОВОЙ ВАННЫ ЭШН КОМПОЗИЦИОННЫХ СПЛАВОВ****Быстров В.А.***Сибирский государственный индустриальный университет «СибГИУ»,
Новокузнецк, e-mail: bistrov39@yandex.ru*

Упрочнение сменных деталей металлургического оборудования, работающих при высокотемпературных видах износа, успешно осуществляется электрошлаковой наплавкой (ЭШН) композиционными материалами (КМ) на основе спечённого твёрдого сплава типа ТН 20. С целью повышения износостойкости сменных деталей, упрочнённых ЭШН КМ, выполнено математическое моделирование поведения твёрдых частиц в высокотемпературной зоне шлаковой ванны. В частности, определены основные факторы моделирования, воздействующие на износостойкость: скорость движения шлакового потока и твёрдых частиц, время пребывания и нагрев твёрдых частиц в высокотемпературной шлаковой зоне, влияние нагрева твёрдых частиц на износостойкость наплавленных деталей. В процессе моделирования температурное поле шлаковой ванны измеряли параллельно двумя способами: прямым – непосредственно термопарами, и косвенным – с использованием устройства для оценки удельной электропроводности жидких сред. Второй способ измерения температуры основан на известной температурной зависимости удельной электропроводности используемых расплавов флюса для ЭШН, которую измеряли разработанным устройством в процессе эксперимента. Взаимосвязанное численное описание теплового поля шлаковой ванны осуществляли с помощью методики, основанной на способе численного сеточного моделирования с использованием оператора Лапласа $\nabla^2 T = \partial^2 T / \partial y^2 + \partial^2 T / \partial z^2$. Определение температурных зон шлаковой ванны, нагрева и движения твёрдых частиц в шлаковом потоке осуществляли с помощью математического моделирования параметров ЭШН в каждом опыте полнофакторного эксперимента. Комплексная программа моделирования температурного поля шлаковой ванны направлена: на регулирование температурного режима, предотвращающего образование сложнотермически напряжённых структур на поверхности раздела твёрдая частица – матрица; на снижение термических напряжений и деформаций; на повышение высокотемпературной износостойкости упрочнённых деталей.

Ключевые слова: скоростная киносъёмка процесса ЭШН, температура нагрева зон шлаковой ванны, траектория движения шлакового потока, скорость движения и нагрев твёрдых частиц

**MATHEMATICAL MODEL TEMPERATURE FIELD OF SLAG
OF ELECTROSLAG SURFACING COMPOSITE ALLOYS****Bystrov V.A.***Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, e-mail: bistrov39@yandex.ru*

The strengthening of interchangeable parts of metallurgical equipment, working in high-temperature types of wear, is successfully carried out by electric slag surfacing (ESN) composite materials (KM) on the basis of baked solid alloy type TN 20. In order to increase the durability of interchangeable parts, reinforced by ESN KM, mathematical modeling of the behavior of solid particles in the high-temperature zone of the slag bath has been performed. In particular, the main factors of modeling, affecting durability: the speed of movement of slag flow and solid particles, the time of stay and heating of solid particles in the high-temperature slag zone, the effect of heating hard particles on the durability of melted parts. In the process of modeling, the temperature field of the slag bath was measured in parallel in two ways: direct – directly thermocouples, and indirect – using the device to assess the specific electrical conductivity of liquid environments. The second method of measuring temperature is based on the known temperature dependence of the specific electrical conductivity of the flux melts used for ESN, which were measured by the developed device during the experiment. The interconnected numerical description of the thermal field of the slag bath was carried out using a technique based on the method of numerical mesh modeling using the Laplace operator $\nabla^2 T = \partial^2 T / \partial y^2 + \partial^2 T / \partial z^2$. Determining the temperature zones of the slag bath, heating and movement of solid particles in the slag stream, carried out with the help of mathematical modeling of esn parameters in each experience of a full-factor experiment. A comprehensive program of modeling the temperature field of the slag bath is aimed at regulating the temperature regime, which prevents the formation of complex structures on the surface of the hard particle-matrix section; to reduce thermal stresses and deformations; to increase the high-temperature durability of hardened parts.

Keywords: high-speed filming of electroslag surfacing, trajectory of movement of slag flow, speed of movement and heating of solid particles, temperature of slag bath zones

В области наплавки композиционных материалов (КМ) на основе твёрдых карбидных частиц имеется достаточное количество экспериментальных данных, разработанных авторами различных школ: СибГИУ [1–3], ВолгГТУ [4–6], ИС им. Е.О. Патона [7–9], так и зарубежных [10–12]. Однако практически отсутствуют

работы, исследующие процесс нагрева и взаимодействие твёрдых частиц с металлом-связкой, приводящих к образованию сложнотермически напряжённых структур в процессе наплавки. Прочность при высоких температурах и износостойкость КМ, упрочнённых твёрдыми частицами, как указывают авторы монографий [13–15], напрямую зави-

сит от физических факторов: температуры нагрева твёрдых частиц в шлаковой ванне; размера частиц и расстояния между ними; протяжённости зоны сплавления; теплофизических свойств сплава-связки (матрицы) и твёрдых частиц, а также объёмной доли упрочняющей фазы. Поэтому, учитывая повышенную прочность спечённых твёрдых сплавов ТН 20 на изгиб и на сжатое $\sigma_{изг} = 1,15-1,60$, $\sigma_{сж} = 3,5-4,5$ ГПа, высокую микротвёрдость $H_{\mu} = 18,5-22,0$ ГПа, наибольшую вязкость среди спечённых твёрдых сплавов $KCU = 0,9-1,2$ МДж/м², хорошую смачиваемость металлами группы железа (угол смачивания 0 град) и повышенную жаропрочность и жаростойкость, в работе были использованы в качестве износостойкой твёрдой фазы КМ при электрошлаковой наплавке (ЭШН) спечённые твёрдые сплавы на основе карбида титана типа ТН 20 [2, 8, 16].

Для математического моделирования теплотехнических параметров ЭШН КМ, обеспечивающих повышенную высокотемпературную износостойкость наплавленных деталей, установлены следующие цели:

- измерение удельной электропроводности и плотности тока ЭШН с целью моделирования температурного поля шлаковой ванны [1, 16, 17];

- исследование температурного поля ЭШН с использованием взаимосвязанного численного описания электротеплового поля с помощью методики, основанной на способе численного сеточного моделирования [1, 18, 19];

- построение зон распределения температуры шлаковой ванны, нагрева и движения твёрдых частиц в шлаковом потоке, с помощью математического моделирования, основанном на параметрах ЭШН в каждом опыте [1, 19, 20];

- использование скоростной киносъёмки движения твёрдых частиц в шлаковой ванне, с целью определения траектории движения, нагрева и времени пребывания твёрдых частиц в высокотемпературной зоне ЭШН [3, 21, 22].

Для разработки перспективных способов ЭШН КМ на основе спечённого твёрдого сплава типа ТН 20 необходимо изучить влияние параметров ЭШН на температурные поля шлаковой ванны, с целью регулирования нагрева и взаимодействия твёрдых частиц в матрице КМ. Это позволит разработать рациональные способы подачи твёрдых частиц в зону наплавки, определить опорные значения режимов ЭШН, установить приёмы управления технологическими процессами, предотвращающие растворение твёрдых частиц в матрице и образова-

ние сложнолегированных структур в КМ [3, 7, 23].

Материалы и методы исследования

Температуру в каждой точке шлаковой ванны можно моделировать с помощью удельной электропроводности шлака (по известной температурной зависимости), измеряемой в этой точке разработанным устройством. Устройство включает в себя датчик, источник напряжения U на 100 мВ частотой 5 кГц, ламповый вольтметр V с диапазоном измеряемых напряжений до 100 мВ, универсальный амперметр A с диапазоном измеряемых токов 0,03...300 мА, переключатель P [1, 18, 19].

Моделирование температурного поля шлаковой ванны проводили с использованием экспериментально найденных краевых условий. Взаимосвязанное численное описание электрического и теплового, иначе электротеплового поля шлаковой ванны можно осуществить с помощью методики, основанной на способе численного сеточного моделирования. Учитывая нестационарный характер тепловых процессов при электрошлаковой наплавке КМ по слою шихты, и особенно при дозированной подаче твёрдых частиц в шлаковую ванну, при описании температурных полей в каждом сечении шлаковой ванны в предположении изотропности пространства за основу было взято уравнение теплопроводности на основе оператора Лапласа $\nabla^2 T = \partial^2 T / \partial y^2 + \partial^2 T / \partial z^2$ [1, 17, 18].

Микротвёрдость КМ, в том числе отдельно матрицы и твёрдых частиц, измеряли в интервале температур 20–800 °С на установке ИМАШ-9-66, имеющей специальное устройство для такого измерения. Механические испытания на растяжение КМ проводили на установке ИМАШ-5С-69 «Киргизстан» для высокотемпературной металлографии и на установке Р-5, оборудованной печью с карбондиффузионными силовыми нагревателями, что позволило проводить испытания в интервале температур 20–800 °С [23–25].

Результаты исследования и их обсуждение

При электрошлаковой наплавке (ЭШН) композиционных материалов (КМ) неплавящимся электродом используются в основном две основные схемы: по слою шихты и вертикальная наплавка [3, 9, 24]. В обоих случаях явление массопереноса в шлаковой ванне оказывает существенное влияние на температурное поле ЭШН и нагрев твёрдых частиц. Кроме того, при подаче твёрдых частиц типа ТН 20 через слой шлака

массоперенос оказывает влияние на траекторию движения и нагрев частиц твёрдого сплава ТН 20 в высокотемпературной зоне, следовательно, вызывает интерес скорость движения частиц ТН 20 и расплава шлака как внутри, так и на свободной поверхности шлаковой ванны.

Теоретическое определение температуры квазистационарного теплового поля в каждой точке шлаковой ванны даже при неизменных параметрах ЭШН: объёме, удельной теплоёмкости, теплопроводности и массе шлака – задача весьма сложная. В процессе исследования температуру в каждом элементарном объёме шлаковой ванны измеряли параллельно двумя способами: прямым – посредством термопары, и косвенным – с использованием устройства для оценки удельной высокотемпературной электропроводности жидких сред. Установка датчика и подготовка к измерению при прямом и косвенном способах подобны, но имеются различия в конструкции измерительных устройств и в методике оценки температуры.

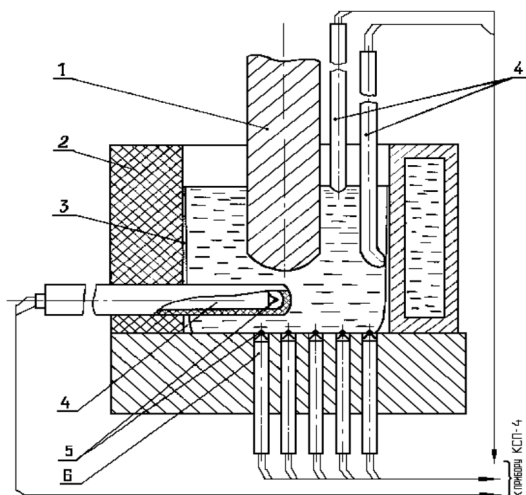


Рис. 1. Схема замера температур шлаковой ванны прямым способом при ЭШН:

1 – неплавящийся графитовый электрод; 2 – графитовая заглушка; 3 – шлаковый гарнисаж; 4 – термопара в чехле; 5 – рабочий спай термопары; 6 – алундовая соломка

В первом случае основным датчиком служила вольфрам-рениевая термопара ВР-5/20, которая вставлялась в алундовый чехол с наружным диаметром 11 мм и толщиной стенки 3 мм. Датчик устанавливался горизонтально в подвижной графитовой заглушке толщиной 30 мм (рис. 1), причём рабочий конец термопары совмещался с центром изучаемого локального объ-

ёма шлаковой ванны, находившегося в её плоскости симметрии. Для повышения сохранности датчика в период выхода на заданные параметры ЭШН перед ним устанавливали дополнительный графитовый экран, который убирали в процессе стабилизации, и электрод возвращался в исходное положение. При этом в комплекте с термопарой использовали двухкоординатный потенциометр КСП-4 [1, 18, 20].

Температуру приграничных зон шлаковой ванны определяли прямым путём с помощью термопары ВР-5/20 и потенциометра КСП-4. Использование для этой цели косвенного способа часто невозможно, так как удельная электропроводность шлака при температурах приграничных слоёв ниже 1050 °С близка к нулю. При изучении приграничного с кристаллизатором слоя шлаковой ванны использовали кварцевый чехол с изогнутой под 45 град. концевой частью. Его опускали в ванну и в исследуемой точке утыкали концом в образующийся на стенке кристаллизатора гарнисаж. В детали сверлили сквозные отверстия, в которые снизу вставляли алундовые соломки с термопарами. Рабочие спаи термопар непосредственно контактировали с приграничным с деталью слоем шлака. При измерении температуры на границе шлак – воздух применяли кварцевый чехол, который вместе с термопарой погружали в шлак на 2...3 мм.

Косвенный способ измерения температуры в элементарном объёме шлаковой ванны основан на известной зависимости удельной электропроводности большинства расплавленных флюсов для ЭШН от температуры. Для каждого флюса соответствующая зависимость была получена разработанным датчиком в процессе эксперимента. Температуру в каждой точке шлаковой ванны можно косвенно оценивать по удельной электропроводности шлака, измеряемой в этой точке разработанным датчиком. Устройство включает в себя датчик, источник напряжения Γ на 100 мВ частотой 5 кГц, ламповый вольтметр V с диапазоном измеряемых напряжений до 100 мВ, универсальный амперметр A с диапазоном измеряемых токов 0,03...300 мА, переключатель Π . Датчик содержит 8 электродов из вольфрамовой проволоки диаметром 0,5 мм, которые введены в алундовые трубки с наружным диаметром 3,4 мм. Трубки помещены в кварцевый цилиндр, пространство между трубками и цилиндром заполнено спечённым алундовым порошком. На рабочем конце датчика электроды выступают из алундовых трубок на 1 мм, которые непосредственно контактируют с расплавом шлака.

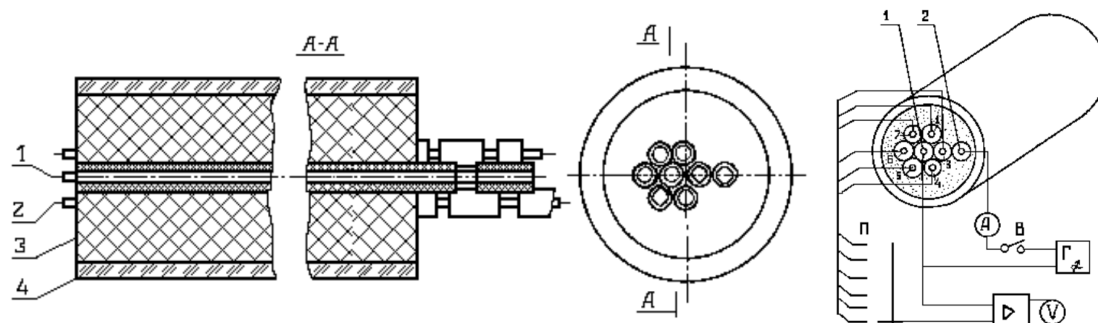


Рис. 2. Датчик и принципиальная схема для косвенного измерения температуры:
П – переключатель; Р – потенциометр КСП-4; 1 – первый токовый электрод;
2 – второй токовый электрод; 3 – спечённый алундовый порошок; 4 – кварцевая трубка

Один конец измерительной цепи (рис. 2) через переключатель П соединяется с вспомогательными (контрольными) электродами 3...8 датчика, размещёнными радиально вокруг основного (токового) электрода 1, который подсоединён ко второму концу токовой цепи. Под токовыми электродами 1 и 2 понимаются электроды, через которые протекает ток от источника питания устройства по цепи: источник → токовый электрод 1 → шлаковая ванна → токовый электрод 2 → амперметр А → выключатель В → источник.

Датчик погружали в шлаковую ванну так, чтобы выступающий из трубки рабочий конец токового электрода 1 совпадал с центром изучаемой локальной области. В момент измерения ток наплавки отключали, а тумблер устройства В включали. После-

довательно измеряли падения напряжения $U_3...U_8$ между первым токовым электродом 1 и каждым из контрольных электродов 3...8. Дополнительно измеряли ток, протекающий через электроды 1–2. В промежутках между опытами включали повышенный ток наплавки для прогрева ванны до рабочих температур, чтобы режим наплавки соответствовал базовому: $I_{\text{ш}} = 350 \text{ А}$, $U_{\text{ш}} = 40 \text{ В}$. При достижении в форсированном режиме тока $I_{\text{ф.ш}}$ источник питания отключали и проводили новое параллельное измерение. Общее время всех замеров одним датчиком не превышало 3 мин.

После статистической обработки данных параллельных измерений удельную электропроводность локального объёма шлаковой ванны оценивали по формуле (1) [1, 18, 19]:

$$\hat{q} = \frac{KI}{0,773(U_3 + U_6) + 1,322 \times (U_4 + U_6 + U_7 + U_8)}, [\text{Ом}^{-1}, \text{м}^{-1}] \quad (1)$$

где K – константа устройства; I – ток, усреднённый по результатам параллельных опытов,

A ; $\bar{U}_3... \bar{U}_8$ – средние (по данным параллельных опытов) падения напряжения на участке ванны между первым токовым и соответственно одним из контрольных электродов 3...5, В.

Константу K предварительно определяли по данным контрольных измерений. Относительная погрешность косвенного способа измерения температуры, посредством замера удельной электропроводности разработанным датчиком при рабочих температурах до 1700°C , составляет менее 5%. Целесообразность комплексного измерения обуславливается наличием случайных помех, влияющих на оценки температуры. Для повышения достоверности результатов

оценки, полученные прямым и косвенным способами, усредняли.

Математическое моделирование температурного поля шлаковой ванны проводили с использованием экспериментально найденных краевых условий. Взаимосвязанное численное описание теплового поля шлаковой ванны осуществляли с помощью методики, основанной на способе численного сеточного моделирования [1, 18, 19]. При моделировании начало координат располагается в центре дна прямоугольной шлаковой ванны с наплавленным слоем. Ось абсцисс X направлена по ходу движения, ось ординат Y – поперёк детали, ось аппликат Z – вертикально вверх. Предполагается, что краевые условия задачи моделирования температурных полей шлаковой ванны соответствуют симметрии

температуры относительно оси аппликат. Учитывая нестационарный характер тепловых процессов при наплавке КМ по слою шихты, и особенно при дозированной подаче твёрдых частиц в шлаковую ванну, при описании температурных полей в каждом сечении ванны в предположении изотропности пространства за основу было взято уравнение теплопроводности (2) [1, 17, 18]:

$$\partial T / \partial \tau = \alpha \nabla^2 T + q_v / (c\rho), \quad (2)$$

где $T = f(X, Y, Z, \tau)$ – температура в точке шлаковой ванны с координатами, $X = \text{const}$, Y, Z в момент времени τ ; $\alpha = \lambda / (c\rho)$ – средняя температуропроводность; λ и c – средние теплопроводность и удельная теплоёмкость; ρ – средняя плотность шлака в описываемом диапазоне температур; q_v – плотность теплового потока в элементарном объёме; $\nabla^2 T = \partial^2 T / \partial y^2 + \partial^2 T / \partial z^2$ – оператор Лапласа, записанный для двумерной области в декартовой системе координат.

Поскольку основные параметры ЭШН ток и напряжение (I_n и U_n) становятся постоянными только при установившемся процессе, следовательно, их нельзя использовать как независимые, с этой целью был реализован план полнофакторного эксперимента 2^3 (табл. 1) с тремя независимыми параметрами: диаметр электрода $D_э$, межэлектродный промежуток (расстоянием между электродом и наплавляемым слоем) H_m и сопротивление балластных реостатов $R_б$.

По результатам замеров при пятикратном дублировании опытов изучали распределение температур шлаковой ванны и наплавленного металла. Поиск значений

коэффициентов T_r и K_r для каждого опыта осуществляли методом наименьших квадратов. Коэффициенты полученных уравнений рассматривались в качестве откликов эксперимента. В результате статистической обработки данных эксперимента найдены регрессионные зависимости, связывающие коэффициенты степенных уравнений с параметрами ЭШН [1, 18, 19]:

$$T = T_r e^{-K_r \cdot r^2}, \quad (3)$$

где r – радиальная координата, $0 < r < B_{ш.в.}$.

$$T_r = 1238,2 - 18,5 H'_{мэ} + 121,6 D'_э - 7,7 R'_б - \\ - 41,4 H'_{мэ} \cdot D'_э - 73,3 H'_{мэ} \cdot R'_б + \\ + 23,3 D'_э \cdot R'_б + 47,3 H'_{мэ} \cdot R'_б \cdot D'_э; \quad (4)$$

$$K_r = 2,1 \cdot 10^{-4} + 0,03 \cdot 10^{-4} H'_{мэ} + 0,085 \cdot 10^{-4} D'_э + \\ + 0,055 \cdot 10^{-4} R'_б + 0,2 \cdot 10^{-4} H'_{мэ} \cdot D'_э;$$

$$D'_э = (D_э - 3,0) / 0,5; H'_{мэ} = (H_{мэ} - 1,1) / 0,3;$$

$$R'_б = (R_б - 0,115) / 0,025. \quad (5)$$

Подставляя параметры ЭШН в уравнения 3–5, можно оценить температуру шлаковой ванны и наплавленного КМ. Рассчитанные на ЭВМ кривые распределения температур на поверхности наплавленного КМ хорошо согласуются с экспериментальными данными, приведёнными на рис. 3. На основе этих данных температурное поле шлаковой ванны было описано рядом изотерм. Для нахождения параметров в промежуточных точках шлакового объёма между экспериментальными точками использовалась линейная интерполяция.

Таблица 1

План полнофакторного эксперимента параметров ЭШН

№ опыта	Параметры режима наплавки				Усреднённые значения полученных данных опыта					
	H_m , мм	$D_э$, мм	$R_б$, Ом	I_n , А	V_{max} , м/с	f_n , Н/м³	f_k , Н/м³	Т°С ТН 20	t , с	
1	8	35	0,09	610	0,40	422	647	1470	0,72	
2	14	35	0,09	515	0,67	318	691	1360	0,62	
3	14	35	0,14	465	0,60	247	685	1330	0,60	
4	8	35	0,14	540	0,30	338	756	1390	0,65	
5	15	25	0,14	370	0,38	416	1296	1340	0,62	
6	8	25	0,14	300	0,56	278	904	1280	0,52	
7	14	25	0,09	380	0,35	459	929	1230	0,46	
8	8	25	0,09	330	0,77	317	1347	1190	0,40	

H_m – межэлектродный промежуток, мм; $D_э$ – диаметр электрода, мм; $R_б$ – сопротивление балластных реостатов, Ом; I_n – ток наплавки ЭШН, А; v_{max} – скорость движения твёрдых частиц в шлаковой ванне, м/с; f_n – пондеромоторные силы движения расплава, Н/м³; f_k – конвективные силы движения расплава, Н/м³; Т°С – температура нагрева твёрдых частиц; t – время движения (пребывания) твёрдой частицы в шлаковой ванне, с

По результатам математического моделирования строили распределение температуры шлаковой ванны в каждом опыте и в центре плана эксперимента. Наибольший интерес с точки зрения качества наплавленного слоя представляет анализ температур в хвостовой области шлаковой ванны, пройденной электродом. Пример построения температурного поля по продольному сечению шлаковой ванны показан на рис. 3. Характер распределений температуры является общим для всех построений: расширение области нагрева сразу за электродом с её последующим сужением и поднятием к поверхности ванны, вследствие охлаждения.

Для определения характера и численных значений скоростей движения расплава шлака и твёрдых частиц, вносимых в шлаковую ванну, широкое распространение получила киносъёмка [3, 21, 22]. Ввиду труднодоступности исследуемых зон, высокой температуры и агрессивности шлака, применение других средств измерения скоростей движения твёрдых частиц в жидкой шлаковой ванне затруднительно. В настоящей работе киносъёмка проводилась в видимых лучах при установившемся процессе ЭШН кинокамерой «Красногорск-2» со скоростью 24 кадра в секунду через нейтральный фильтр (рис. 4). Для визуализации движения твёрдых частиц в расплаве шлаковой ванны во время киносъёмки на определённую поверхность шлаковой ванны подавали частицы твёрдого сплава различной фракции 0,60–2,8 мм. На кинограмме (рис. 4) движения расплава шлака на свободной поверхности шлаковой ванны видно, что электрод в области сухого вылета нагрет меньше, чем шлак, и хорошо контрастирует с ним. Таким образом, определение места вхождения электрода в шлак не представляет трудностей. В течение все-

го времени движения по линии АА твёрдые частицы ТН 20 остаются достаточно холодными и на изображении фиксируются в виде темных точек на яркой поверхности шлаковой ванны. В каждом опыте киносъёмку движения твёрдых частиц производили восемь раз. При обработке результатов эксперимента расстояние от электрода до кристаллизатора по линии АА разбивали на три равных участка со скоростями соответственно v_1 , v_2 , v_3 . Замер скоростей производили на монтажном столике с учётом масштаба изображения по величине перемещения твёрдых частиц от кадра к кадру. Интервал времени между кадрами известен и составляет 1/24 с.

После проведения эксперимента с помощью полнофакторного эксперимента построены регрессионные уравнения, связывающие средние скорости v_1 , v_2 , v_3 параметрами ЭШН получения КМ (6) [3, 18, 20]:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0,15 + 0,008 D'_3 - \\ &- 0,006 D'_3 \cdot H'_{м.з} - 0,009 D'_3 \cdot R'_6; \\ v_2 &= 0,164 - 0,009 D'_3 \cdot H'_{м.з} - 0,007 D'_3 \cdot R'_6; \\ v_3 &= 0,115 + 0,0073 H'_{м.з} - \\ &- 0,004 D'_3 \cdot H'_{м.з} - 0,004 D'_3 \cdot R'_6. \end{aligned} \quad (6)$$

где $D'_3 = (D_3 - 30)/5$; $H'_{м.з} = (H_{м.з} - 11)/3$; $R'_6 = (R_6 - 0,115)/0,025$.

В табл. 2 даётся анализ качества моделирования скорости движения твёрдых частиц в расплаве шлака. Наблюдается систематическая абсолютная ошибка моделирования скорости, которая в направлении от электрода в начале отрицательна, затем меняет знак и продолжает расти. В качестве возможных причин этого явления можно

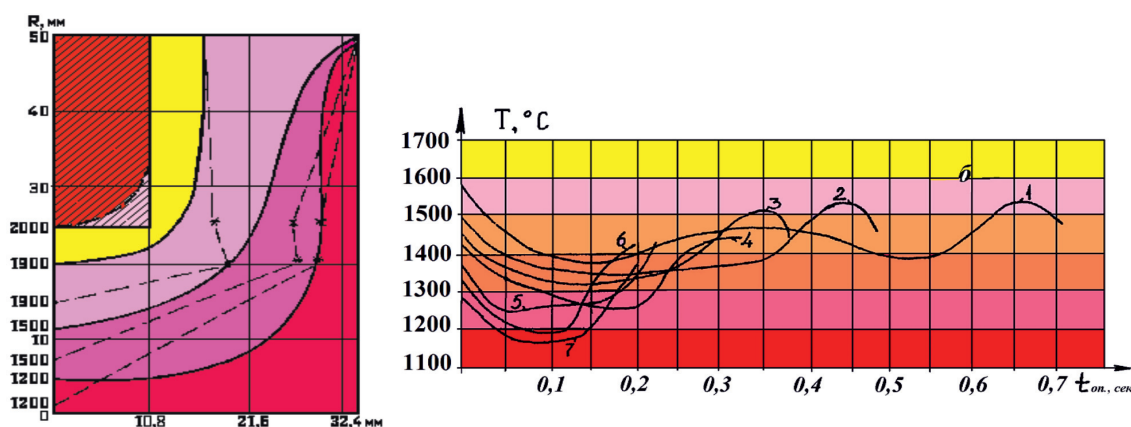


Рис. 3. Температурное поле шлаковой ванны (поперечное и продольное), рассчитанное методом моделирования (сплошные линии) и замеренное термопарами (пунктирные линии)

указать отдельный аддитивный характер учёта в модели конвективных и электромагнитных сил, а поскольку модель построена для квазистационарных условий, не учитывающих зависимость жидкотекучести шлака от температуры, что, естественно, улавливают натурные измерения.

Для контроля проведено измерение скорости $\bar{v}$ движения потока шлака механическим устройством (графитовой вертушкой на оси), как на свободной поверхности, так и во внутренних объёмах шлаковой ванны с помощью киносъёмки через кварцевое стекло. Плавное изменение тока наплавки I_n и межэлектродного промежутка $H_{м.э}$ на 20–30 % слабо сказывается на скорости движения твёрдых частиц и расплава шлака, меняющихся при этом на 10–15 %. Это обуславливает близость результатов измерения скорости движения частиц механическим

устройством (вертушкой) и киносъёмкой, полученных для несколько отличных условий [1, 19, 22].

Как показывают результаты исследований в широком рабочем диапазоне изменения параметров ЭШН КМ неплавящимся электродом, направление движения потока расплава жидкого шлака и траектория движения твёрдых частиц на свободной поверхности шлаковой ванны всегда постоянно: от электрода к кристаллизатору. Это способствует траектории движения твёрдых частиц по сравнительно низкотемпературным участкам жидкого шлака, в которых твёрдые частицы нагреваются не выше температуры шлака 1150...1250 °С и, попадая в расплав сплава-связки, хорошо им смачиваются. Такой температурный режим предохраняет твёрдые частицы от чрезмерного разогрева, а следовательно, исключает

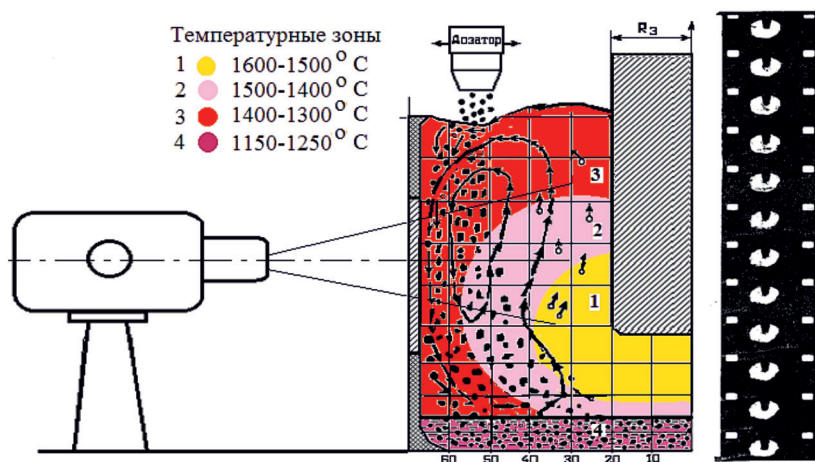


Рис. 4. Скоростная киносъёмка движения твёрдых частиц в шлаковой ванне

Таблица 2

Ошибки моделирования движения твёрдых частиц в шлаковой ванне

Опыт	Скорости движения расплава, м/с								
	v_1			v_2			v_3		
	Измеренная	Моделированная	Абсол. ошибка	Измеренная	Моделированная	Абсол. ошибка	Измеренная	Моделированная	Абсол. ошибка
1. а	0,173	0,150	–0,023	0,180	0,200	+0,020	0,126	0,170	+0,044
2. б	0,161	0,140	–0,021	0,162	0,200	+0,038	0,122	0,160	+0,038
3. в	0,143	0,110	–0,033	0,148	0,180	+0,032	0,130	0,160	+0,030
4. г	0,155	0,11	–0,044	0,166	0,200	+0,034	0,128	0,160	+0,032
5. д	0,157	0,120	–0,037	0,180	0,200	+0,020	0,130	0,160	+0,030
6. е	0,145	0,110	–0,035	0,162	0,180	+0,018	0,143	0,160	+0,017
7. ж	0,139	0,120	–0,019	0,166	0,180	+0,014	0,122	0,140	+0,018
8. з	0,127	0,140	0,013	0,148	0,160	+0,012	0,144	0,146	+0,002
	Средняя абсолютная ошибка – 0,027			Средняя абсолютная ошибка + 0,023			Средняя абсолютная ошибка + 0,026		

интенсивное растворение ТН 20 в жидкой матрице КМ [26–28].

В большинстве опытов максимальной являлась скорость $v_1 \in \{0,140; 0,195\}$ м/с. Немного меньше скорость $v_2 \in \{0,120; 0,176\}$ м/с. Скорость $v_3 \in \{0,99; 0,138\}$ м/с была минимальна. Свободный член максимален в уравнении для v_2 и минимален в уравнении для v_3 . Совместное влияние межэлектродного промежутка H_m и диаметра электрода D_3 на все три скорости отрицательное и наибольшее для v_2 . Совместное влияние диаметра электрода D_3 и сопротивления балластных реостатов R_6 на все скорости также отрицательное. На скорость v_2 параметры режима наплавки существенного самостоятельного влияния не оказывают. В то же время возле электрода скорость движения v_1 значительно растёт с ростом его диаметра, а v_3 ближе к кристаллизатору существенно увеличивается с повышением межэлектродного промежутка. С использованием уравнений (2) и (6) на основе моделирования построены графики, представленные на рис. 5.

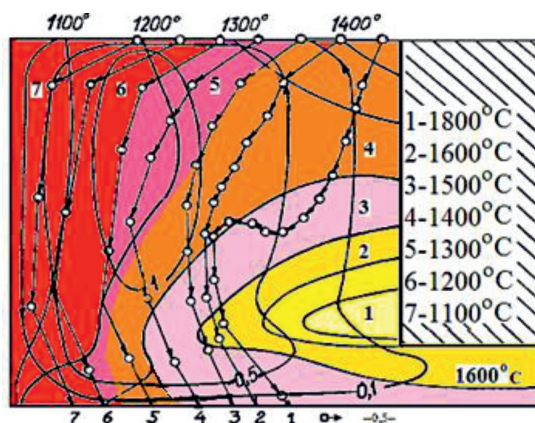


Рис. 5. Зависимость нагрева и скорости движения расплава шлака от параметров ЭШН

Направление движения расплава шлака по свободной поверхности шлаковой ванны является отражением направления движения жидкости в объёме ванны. Хорошо прогретые восходящие потоки проходят вдоль свободной поверхности ванны, препятствуя образованию на ней корки закристаллизовавшегося шлака. Попадая на поверхность шлаковой ванны, твёрдые частицы покрываются шлаковым гарнисажом и становятся своеобразными макрохолодильниками, что предотвращает их интенсивный перегрев и растворимость.

Для горизонтальной ЭШН по слою шихты получена статистическая зависимость средней температуры T_{cp} °C в зоне сплав-

ления КМ с основным металлом в зависимости от функций параметров ЭШН (7) [3, 18, 20]:

$$T_{cp} = 604,5 - 5750 \cdot R_6 + 434,37 \cdot V_n + 81,25 \cdot F_3 - 46,875 \cdot V_n \cdot F_3, \quad (7)$$

где R_6 – сопротивление балластных реостатов (Ом) для регулирования тока наплавки, А; V_n – скорость наплавки, м/ч; F_3 – поперечное сечение электрода, см².

Приведённые модельные описания движения расплава шлака под действием конвективных тепловых и электромагнитных сил дали возможность проследить поведение в шлаковой ванне твёрдых частиц, вводимых через шлаковую ванну. Дифференциальное уравнение движения твёрдой частицы в виде шара в вязкой жидкости имеет вид [3, 23, 24]:

$$\frac{dV_r}{dt} = g \frac{\rho_r - \rho_{ш}}{\rho_r} - C_x \frac{1}{2} \cdot \frac{3 \cdot V_r^2}{4 \cdot R_r}, \quad (8)$$

где $V_r = v / R_r$ – скорость опускания твёрдой частицы в виде шара, м/с (v – кинематическая вязкость шлака); R_r – радиус твёрдой частицы, м; t – время пребывания твёрдой частицы в расплаве шлака, с; ρ_r – плотность материала твёрдой частицы, кг/м³; $\rho_{ш}$ – плотность расплава шлака, кг/м³; C_x – безразмерный коэффициент гидродинамического сопротивления.

По выполненным исследованиям определяли распределение температуры наплавленного слоя. На установке ИМАШ-9-66 были воспроизведены температурные режимы ЭШН с последующей выдержкой в течение 10 мин и замерены микротвердость как твёрдых частиц $H_{\mu,к}$, так и матрицы $H_{\mu,м}$ КМ, при заданных температурах. Относительная износостойкость $\varepsilon_{отн}$ КМ ТН 20 + колмоной была рассчитана по известной зависимости [3, 23, 24]:

$$\varepsilon_{отн} = \frac{H_{\mu,м}^T \cdot K_m^T \cdot (1 - \gamma) + 0,82 H_{\mu,к}^T \cdot K_k^T \cdot \gamma^T}{H_{\mu,м}^3 \cdot K_m^3 \cdot (1 - \gamma) + 0,82 H_{\mu,к}^3 \cdot K_k^3 \cdot \gamma^3}, \quad (9)$$

где $H_{\mu,м}^T$, $H_{\mu,к}^T$ – микротвердость матрицы, МПа; $H_{\mu,м}^3$, $H_{\mu,к}^3$ – микротвердость карбидов (спечённые твёрдые частицы ТН 20), МПа; K_m^T , K_m^3 , K_k^T , K_k^3 – эмпирический коэффициент соответственно матрицы и спечённой твёрдой частицы на основе карбидов титана; γ – доля твёрдых частиц в КМ; индекс Т – измерения при заданных температурах; индекс Э – измерения для сплава, выбранного за эталон.

Большое влияние на качество наплавленного слоя оказывает главным образом

пребывание твёрдых частиц в области высоких температур шлаковой ванны. Для сравнения на установке ИМАШ-9-66 физически моделировались температурные режимы того же КМ без предварительного прохождения твёрдых частиц через слой жидкого расплава шлака, температура которого в некоторых точках (близлежащих к электроду) достигает 1750°C . Температурные режимы, моделируемые на ИМАШ-9-66, представляют собой быстрый нагрев и выдержку за 10 мин до температуры точки попадания твёрдой частицы в зону наплавки, отстоящую от оси симметрии на величину r_c . По замеренной микротвердости матрицы и твёрдых частиц для КМ и эталона – сплав сормайт (У30Х28Н4С4) при различных температурах, по формуле (9) была рассчитана температурная зависимость износостойкости $\varepsilon_{\text{отн}}$, которая составила для 20°C $\varepsilon_{20} = 2,2$ и $\varepsilon_{500} = 3,16$. Таким образом, поскольку составляющие КМ лучше и дольше сохраняют свои первоначальные свойства с повышением температуры, а эталон (сплав сормайт) начинает активно разупрочняться с повышением температуры испытания, относительная износостойкость КМ с повышением температуры возросла почти в 1,5–2,5 раза (рис. 6).

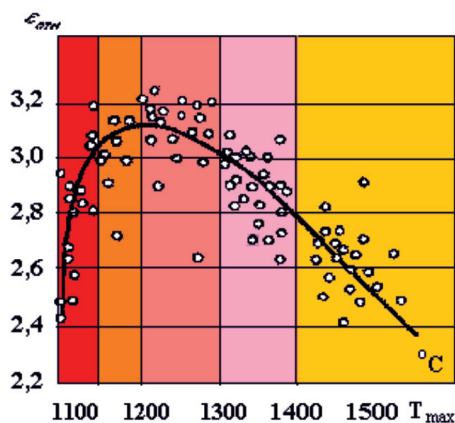


Рис. 6. Зависимость относительной износостойкости $\varepsilon_{\text{отн}}$ КМ от максимальной температуры наплавленного слоя

Наиболее благоприятное влияние на свойства КМ оказывает подача твёрдых частиц в наименее перегретую область шлаковой ванны. При радиусе дозирования $r_d = 20$ мм снижение относительной износостойкости превышает 3%. По мере удаления точки дозирования от поверхности электрода степень влияния шлаковой ванны на свойства твёрдых частиц постепенно ослабевает и резко падает у поверх-

ности кристаллизатора. Однако при подаче твёрдых частиц в холодную часть шлаковой ванны возникает опасность образования шлакового гарнисажа вокруг частиц твёрдого сплава, который не успевает расплавиться при попадании твёрдых частиц в расплав матрицы, что приводит к образованию шлаковых включений в КМ. В этом случае возможно несплавление твёрдых частиц с матрицей, а следовательно, при абразивном износе такие частицы будут быстро выкрашиваться, что снижает износостойкость наплавленного КМ.

Проведённые исследования показали, что разработанные КМ имеют объёмную долю твёрдых частиц в матрице выше критических величин (примерно 54–57%), что привело к минимальному образованию сложнолегированных структур и выделению нежелательных фаз на поверхности раздела [2, 26–28]. Рентгеноструктурным анализом установлено, что наиболее распространённой фазой в матрице КМ ТН 20 + колмоной является борокарбид хрома и железа типа $\text{M}_7(\text{CB})_3$, которые наблюдаются в виде светлых зёрен округлой формы длиной до 0,56 мм. [2, 24, 25].

Выводы

1. Моделирование температурного поля шлаковой ванны позволило установить, что оптимальным температурам наплавки КМ $T_{\text{опт}} = 1150\text{--}1350^{\circ}\text{C}$ соответствуют режимы ЭШН: $I_n = 350\text{--}420$ А; $U_{\text{шв}} = 32\text{--}38$ В; $V_n = 0,8\text{--}1,2$ м/ч; $H_{\text{мз}} = 12\text{--}14$ мм; $D_n = 35\text{--}40$ мм; $B_{\text{шв}} = 65\text{--}100$ мм.

2. Составленное регрессионное уравнение полнофакторного эксперимента зависимости температуры наплавленного КМ от параметров режима ЭШН позволило определить оптимальные области подачи частиц твёрдого сплава в расплав матрицы, с целью предотвращения растворения твёрдых частиц в матрице.

3. Применение разработанных устройств для математического моделирования температурного поля шлаковой ванны, посредством определения удельной электропроводности расплава жидкого шлака, позволило снизить вмешательство в нормальный ход технологических процессов, повысить точность измерений, а следовательно, повысить высокотемпературную износостойкость КМ.

4. Найденные закономерности изменения скорости движения расплава на свободной поверхности шлаковой ванны в зависимости от параметров режима ЭШН можно использовать как для отработки технологии наплавки, так и при создании моделей шлаковых ванн.

Список литературы

1. Быстров В.А. Основы электрошлаковых технологий упрочнения композиционными сплавами деталей, работающих при высокотемпературном износе: дис. ... докт. техн. наук. Барнаул, 2003. 337 с.
2. Быстров В.А. Эффективность упрочнения сменных деталей металлургических агрегатов твёрдым сплавом // Известия ВУЗ ЧМ. 2018. № 12 (61). С. 939–947.
3. Быстров В.А., Борисова Т.Н., Грекова Н.Ю., Франк Е.Я. Управление процессом упрочнения твёрдым сплавом сменных деталей металлургического оборудования // Фундаментальные исследования. 2018. № 3. С. 7–12.
4. Sokolov G.N. The Formation of Nanodispersed Composite Metal Structure with Electrosag Surfacing. Modern Applied Science. 2015. Vol. 9. No. 9. P. 333–343.
5. Колокольцев В.М., Вловин К.Н., Чернов В.П., Феоктистов Н.А., Горленко Д.А., Дубровин В.К. Исследование механизмов абразивного и ударно-абразивного изнашивания высокомарганцевой стали // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2017. Т. 15. № 2. С. 54–61.
6. Потекаев А.И., Хохлов В.А., Галсанов С.В. Природа и механизмы абразивного изнашивания материалов с памятью формы на примере TiN // Известия Томского политех. ун-та. 2012. Т. 321. № 2. С. 107–111.
7. Медовар Б.И., Самойлович Ю.А., Емельяненко Ю.Г., Кошман В.С. ЭШП с вводом металлических частиц (математическое моделирование) // Электрошлаковый переплав. 2013. Вып. 6. С. 151–156.
8. Кусков Ю.М. Электрошлаковый процесс и технологии наплавки дискретными материалами в токоподводящем кристаллизаторе: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Киев, 2010. 33 с.
9. Кусков Ю.М., Гордань Г.М., Богайчук И.Л., Койда Т.В. Электрошлаковая наплавка дискретным материалом различного способа изготовления // Автоматическая сварка. 2015. № 5–6 (742). С. 38–42.
10. Haddad M., Zitoun R., Bougherara H. Study of trimming damages of TiC/TiN structures in function of the machining processes and their impact on the mechanical behavior. Composites Part B: Engineering. 2014. Vol. 57. P. 136–143.
11. Halleck H. Preparation and behavior of wear-resistant TiC-TiB₂ and TiC-TiN coatings with high amounts of phase boundaries. Surf. Coat. Technol. 2008. Vol. 36. № 5. P. 707–714.
12. Kivineva E.I., Olsom D.L., Matlock D.K. Particulate reinforced metal matrix composite (TiC) as a weld deposited. Welding J. 2015. № 3. P. 83–92.
13. Aboudi J., Arnold S., Bednarczyk B. Micromechanics of Composite Materials. Elsevier, 2013. 984 p.
14. Brebbia C.A., Klemm A. Materials Characterizations VI: Computational Methods and Experiments. M.: WIT Press. Glasgow Caledonian University, 2013. 364 p.
15. Dvorak G. Micromechanics of Composite Materials. Springer, 2013. 442 p.
16. Патон Б.Е., Медовар Б.И. Исследование магнито-гидродинамических явлений в шлаковой ванне при ЭШН. ПСЭ // Научная мысль. 1982. Вып. 17. С. 3–8.
17. Дудко Д.А., Товмач В.С. Электрические, магнитные и тепловые поля в шлаковой ванне при ЭШН // Автоматическая сварка. 2013. № 2. С. 38–40.
18. Верёвкин В.И., Быстров В.А., Белоусов П.Г. Моделирование температурных полей шлаковой ванны при электрошлаковой наплавке // Известия вузов. Чёрная металлургия. 2004. № 6. С. 52–55.
19. Верёвкин В.И. Оптимизация режима ЭШН композиционных сплавов с использованием имитационного моделирования / Минобр. РФ, Кузбасская государственная педагогическая академия; Новокузнецк: Издательство КузГПА, 2012. 103 с.
20. Верёвкин В.И., Ростовцев А.Н., Сакун А.Ф. Воздействие режима электрошлаковой наплавки на кинетику нагрева твёрдых частиц // Известия вузов. Чёрная металлургия. 2004. № 8. С. 39–41.
21. Дудко Д.А., Волошкевич Г.З., Сушук-Слюсаренко И.И., Лычко И.И. Исследование электрошлакового процесса с помощью кинофотосъёмки через прозрачную среду // Автоматическая сварка. 2012. № 7. С. 15–17.
22. Верёвкин В.И., Быстров В.А. Измерение скорости движения расплава шлака при ЭШП // Изв. вузов. Чёрная металлургия. 2013. № 4. С. 18–20.
23. Bystrov V.A., Borisova T.N. The role of particulate composite materials, operating at high temperature wear. In the World of Scientific Discoveries / Publishing House Science and Innovation Center, Ltd. 3558 South Jefferson Ave, St. Louis, Missouri 63118, USA. 2014 Vol. 2. № 2. P. 17–23.
24. Быстров В.А., Трегубова О.Г. Термодинамическая совместимость твёрдых частиц с матрицей КМ // Доклады АН ВШ. 2015. № 4. С. 255–267.
25. Bystrov V.A., Borisova T.N. Borating of solid particles composite materials. In the World of Scientific Discoveries. Publishing House Science and Innovation Center, Ltd. 3558 South Jefferson Ave, St. Louis, Missouri 63118, USA. 2015. Vol. 2. № 2. P. 17–23.
26. Кульков С.Н., Рудай В.В. Микроструктура композиционного материала TiC-TiNi с микроградиентной структурно-неустойчивой матрицей // Изв. вузов. Физика. 2012. № 5/2. С. 167–169.
27. Zambrano O.A. Effect of normal load on abrasive wear resistance and wear micromechanics in alloy and other steels. Wear, 2016. V. 348–349. P. 61–68.
28. Cubota Naoky, Nishida Minory. Creation of composite alloys with TiN particles and their wear resistance / Met. Fac. Eng. Ehime Univers. 2012. № 1. P. 125–132.

УДК 004.023

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ ПОДСТРОЙКИ ШАГА ХЕМОТАКСИСА
В АЛГОРИТМЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ****Венцов Н.Н., Долгов В.В., Мезина А.В.***ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет (ДГТУ)», Ростов-на-Дону,
e-mail: myvnn@list.ru, vasily.v.dolgov@yandex.ru*

В работе исследуются подходы к автоматической регуляции одного из основных параметров алгоритма бактериальной оптимизации (Bacterial Foraging Optimization, BFO), шага хемотаксиса, – величины, на которую бактерия сдвигается в направлении своего движения при каждой итерации алгоритма. Значение этого параметра достаточно сильно влияет на близость найденного решения к оптимальному и его выбор при поиске оптимумов функций. В некоторых работах делается попытка автоматической корректировки величины шага для каждой бактерии в отдельности, но, как правило, для подобной адаптации на функции накладываются ограничения, часто неприемлемые в условиях реальных задач (униmodalность, априорное знание величины оптимума и т.д.). Предлагаемые в работе подходы к автоматической корректировке шага хемотаксиса в процессе работы алгоритма не требуют априорных знаний об оптимизируемой функции и могут применяться как отдельно, так и в совместной комбинации. Первый, детерминированный, подход к автоматической корректировке шага хемотаксиса заключается в уменьшении исходного значения шага пропорционально проведенным итерациям. Второй подход, стохастический, он заключается в выборе шага хемотаксиса для каждой бактерии случайным образом в интервале от нуля до значения, соответствующего заданному параметру шага. Рассмотрена также комбинация детерминированного и стохастического подходов. Проводится проверка эффективности предложенных подходов путем численных экспериментов по нахождению оптимума функции Растригина в двухмерном пространстве. Эффективность детерминированного подхода определяется влиянием скорости уменьшения шага хемотаксиса на сходимость алгоритма. Проверка эффективности подхода со случайным шагом включает в себя использование различных законов распределения случайной величины. Показано, что различные законы распределения случайных величин существенно влияют на получаемый результат. Комбинированный подход оценивается варьированием двух множителей, детерминированного и вероятностного, начального шага хемотаксиса. Определены параметры корректировки случайного шага, обеспечивающие получение наилучших результатов в рамках проведенного вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: оптимизация, алгоритм бактериальной оптимизации, шаг хемотаксиса, функция Растригина, эволюционные алгоритмы, закон распределения случайной величины

**STUDY OF APPROACHES OF CHEMOTAXIS STEP ADJUSTMENT
IN BACTERIAL FORAGING OPTIMIZATION****Ventsov N.N., Dolgov V.V., Mezina A.V.***Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: myvnn@list.ru, vasily.v.dolgov@yandex.ru*

The paper investigates approaches to the automatic regulation of one of the main parameters of the Bacterial Foraging Optimization (BFO) algorithm, which consists in the fact that bacteria shift in the direction of their movement during each iteration of the algorithm. The value of this parameter strongly influences the proximity of the found solution to the optimal one and its choice when searching for the optimum of functions. In some works, attempts are made to automatically adjust the step value for each bacterium separately, but, as a rule, for such adaptation, restrictions are often imposed on the functions that are often unacceptable in real-life tasks (unimodality, a priori knowledge of the optimum value, etc.). The approaches proposed in the work to automatic correction of the chemotaxis step during the operation of the algorithm do not require a priori knowledge of the function being optimized and can be used both separately and in combination. The first (deterministic) approach to automatically adjusting the chemotaxis step is to decrease the initial step value in proportion to the iterations performed. The second (stochastic) approach consists in choosing a chemotaxis step for each bacterium randomly in the range from zero to a value corresponding to a given step parameter. A combination of deterministic and stochastic approaches is also considered. The effectiveness of the proposed approaches is verified by computational experiments to find the optimum of the Rastrigin's function in two-dimensional space. The effectiveness of the deterministic approach is determined by the influence of the rate of decrease in the chemotaxis step on the convergence of the algorithm. Testing the effectiveness of a random-step approach involves using various distribution laws of a random variable. It has shown that various laws of distribution of random variables significantly affect the result. The combined approach is estimated by varying two factors, a deterministic and a probabilistic, initial chemotaxis step. The parameters for adjusting the random step, which provide the best results in the framework of the computational experiment, are determined.

Keywords: optimization, bacterial foraging optimization, chemotaxis step, Rastrigin function, evolutionary algorithm, random distribution law

Одним из параметров классического алгоритма бактериальной оптимизации (Bacterial Foraging Optimization, BFO) [1, 2] является так называемый шаг хемотаксиса – величины, на которую бактерия сдвигается в направлении своего движения при каждой итерации алгоритма. Значение этого пара-

метра достаточно сильно влияет на близость найденного решения к оптимальному, а его неизменность (в классическом алгоритме) приводит к плохой сходимости, когда бактерии, даже обнаружив глобальный оптимум, начинают роиться вокруг него, без возможности улучшить решение. Фактически,

при поиске оптимума дифференцируемых функций, проблема выбора шага хемотаксиса аналогична проблеме выбора шага для хорошо известного и классического алгоритма градиентного спуска, когда большой постоянный шаг может приводить к плохой сходимости, а малый шаг – к слишком большим временным затратам или невозможности выйти из локального минимума.

В некоторых работах, например в [3], предпринимается попытка автоматической адаптации величины шага для каждой отдельной бактерии, однако, во-первых, для такой адаптации авторы требуют, чтобы оптимизируемая функция была унимодальной, а во-вторых, в предложенном подходе неявно считается, что мы заранее знаем оптимальное значение оптимизируемой функции и неизвестно только его положение в пространстве поиска, что в условиях реальных оптимизационных задач бывает далеко не всегда.

В ряде других работ предпринимаются попытки создать гибридные алгоритмы, совмещающие в себе различные комбинации стохастических алгоритмов [4] или сочетание стохастического алгоритма с детерминированным [5].

Целью настоящей работы является сравнительная оценка способов корректировки шага хемотаксиса на основе анализа результатов вычислительного эксперимента.

В настоящей работе предлагаются два подхода к автоматической корректировке шага хемотаксиса в процессе работы алгоритма: детерминированный и стохастический. Оба подхода не требуют априорных знаний о поведении оптимизируемой функ-

ции и могут применяться как отдельно, так и в совместной комбинации, как это будет показано ниже.

*Детерминированный подход:
уменьшение начальной величины шага
экспоненциальной функцией*

Первый из предлагаемых подходов к автоматической корректировке шага хемотаксиса заключается в уменьшении исходного значения шага пропорционально проведенным итерациям (рис. 1). При таком подходе расстояние, на которое каждая отдельная бактерия передвигается в ходе хемотаксиса, рассчитывается по формуле

$$S = S_0 \cdot e^{-\beta \frac{i}{N}}, \quad (1)$$

где S – длина фактического шага; S_0 – длина начального шага (один из исходных параметров алгоритма); β – параметр, определяющий скорость уменьшения шага в зависимости от итерации алгоритма, i – номер текущей итерации алгоритма, N – максимальное число итераций алгоритма.

Очевидно, что при значении параметра β , равного нулю, формула (1) вырождается в канонический алгоритм бактериальной оптимизации с постоянным шагом.

Идеей такой модификации служит тот факт, что, позволяя бактериям в начале процедуры поиска оптимума исследовать большее пространство за счет большего шага, мы затем искусственно снижаем их подвижность, заставляя все более подробно исследовать области ранее обнаруженных оптимумов.

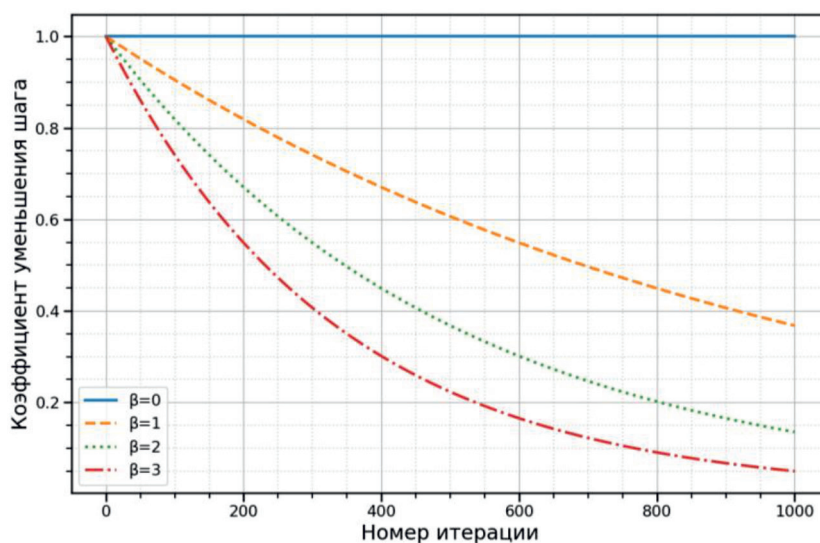


Рис. 1. Коэффициент уменьшения шага хемотаксиса в зависимости от параметра β в (1)

Результаты применения описываемой модификации можно видеть на рис. 2. Хорошо видно, что значение $\beta = 2$ позволяет обеспечить практически такой же уровень точности решения даже при увеличении начального шага в 5 раз (с 0,1 до 0,5).

*Стохастический подход:
случайный выбор величины шага*

Второй из предлагаемых подходов заключается в выборе шага хемотаксиса для каждой бактерии случайным образом в интервале от нуля до значения, соответствующего параметру алгоритма S_0 . Для этого в формулу расчета шага вносится в виде множителя некоторая случайная величина $X \in [0, 1]$, распределенная по какому-либо закону.

$$S = S_0 \cdot X. \quad (2)$$

В основе данного подхода лежит предложение рассматривать шаг хемотаксиса S_0 , заданный как параметр алгоритма, не как обязательную величину, на которую бактерия обязана сдвинуться в пространстве поиска на каждой итерации, а как ее (бактерии) потенциальную возможность сдвинуться на указанное расстояние, которой она, тем не менее, может воспользоваться не полностью.

При проведении численных экспериментов, кроме того, было сделано предположение, что не только случайность будет иметь влияние, но и закон распределения случайной величины также будет оказывать влияние на точность получаемых решений, поэтому в численных экспериментах были использованы следующие, широко

известные, законы распределения случайной величины:

- равномерное распределение;
- нормальное распределение с параметрами $\mu = 0,5$ и $\sigma = 0,25$ (более равномерное распределение случайных чисел по интервалу (рис. 3, верхний левый график));
- нормальное распределение с параметрами $\mu = 0,5$ и $\sigma = 0,167$ (более выраженная концентрация случайных чисел в середине интервала (рис. 3, верхний правый график));
- бета-распределение с параметрами $\alpha = 2$ и $\beta = 1$ (рис. 3, нижний левый график);
- бета-распределение с параметрами $\alpha = 1$ и $\beta = 2$ (рис. 3, нижний правый график).

Полученные результаты приведены ниже на рис. 4. Хорошо видно, что использование в ходе хемотаксиса формулы (2) с любым законом распределения из рассмотренных дает всегда лучшие результаты по сравнению с шагом постоянной величины. В то же время различные законы распределения существенно влияют на получаемый результат и самые точные решения получаются при использовании бета-распределения с параметрами $\alpha = 1$ и $\beta = 2$ (рис. 3, нижний правый график).

Сочетание предложенных подходов

Поскольку оба описанных выше подхода заключаются в простом добавлении множителя в формулу расчета текущего шага бактерии, они могут без потери эффективности применяться совместно, до некоторой степени усиливая друг друга:

$$S = X \cdot S_0 \cdot e^{-\beta \frac{t}{N}}. \quad (3)$$

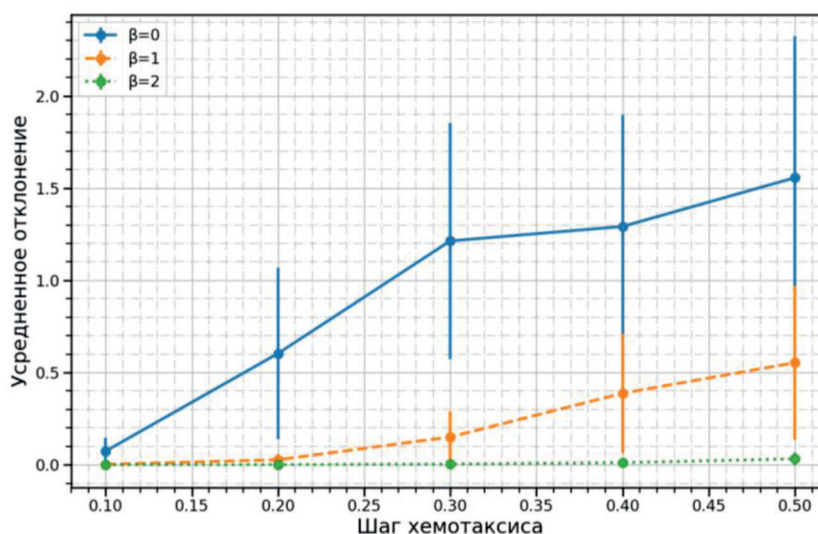


Рис. 2. Усредненное отклонение от оптимума и среднеквадратичное отклонение при различных значениях параметра β

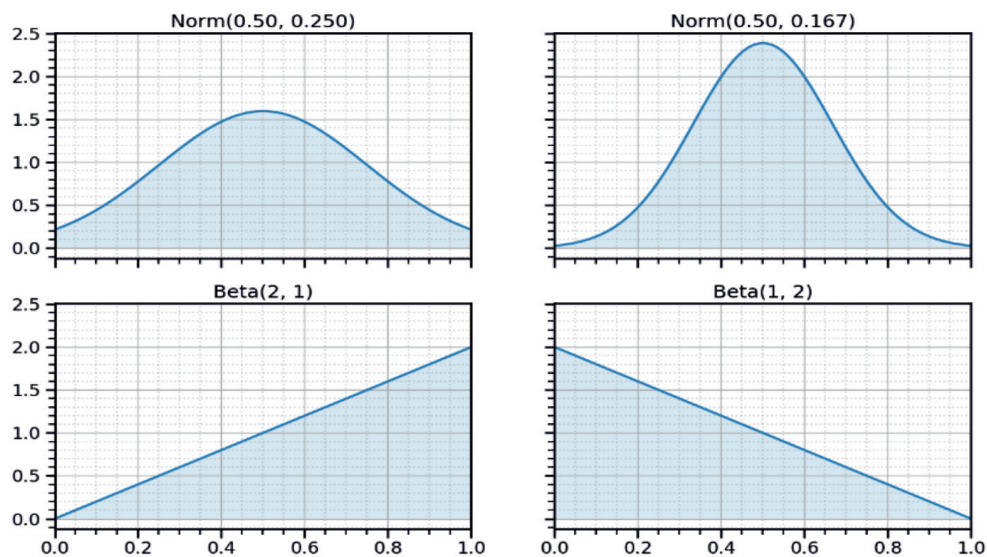


Рис. 3. Плотности вероятностей случайных множителей для шага хемотаксиса

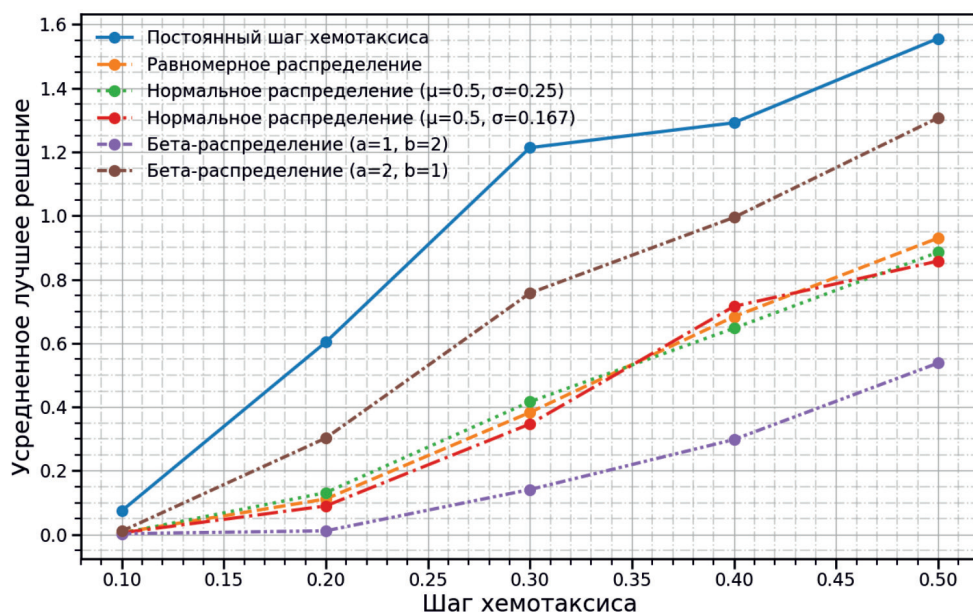


Рис. 4. Влияние закона распределения случайной величины шага на точность решения

Результаты численных экспериментов при совместном использовании подходов случайного шага и его экспоненциального уменьшения в ходе итераций приведены на рис. 5. Так же как и в предыдущем случае, любой закон распределения дает гарантированно лучшие результаты по сравнению с шагом постоянной величины, а бета-распределение с параметрами $\alpha = 1$ и $\beta = 2$ также оказывается лучшим из всех протестированных.

Условия проведения численных экспериментов

Вычислительный эксперимент проводился на компьютере в следующей конфигурации: процессор – Intel Core i5-2500K (базовая частота 3.30 ГГц); оперативная память – 8 Гб (1333 МГц); операционная система – Microsoft Windows 10 Education версия 10.0.18363).

Программная среда тестирования алгоритмов и сами алгоритмы были реализованы

ваны на языке программирования C# (среда исполнения Microsoft .NET Framework 4.7.2, режим компиляции Release с включенной оптимизацией генерируемого кода) в среде разработки Microsoft Visual Studio Community 2019.

Проверка эффективности предложенных подходов адаптации шага хемотаксиса проводилась путем численных экспериментов по нахождению оптимума функций Растригина [2] на интервале $x_1, x_2 \in [-5.12, 5.12]$. Популяция бактериальной колонии во всех экспериментах составляла 1000 особей (бактерий). Для каждой колонии выполнялось 1000 итераций алгоритма. Каждый численный эксперимент по оптимизации повторялся 100 раз при неизменных исходных параметрах, после чего вычислялись среднее значение лучших решений в каждом повторе и величина стандартного отклонения. В целях ускорения расчетов эксперименты проводились параллельно в режиме один эксперимент на одно физическое ядро процессора (технология hyper-threading на процессоре не применялась). Вычислительное время, потраченное на оптимизацию, в задачи исследований не входило.

Заключение

1. В работе тестировались три подхода к автоматической корректировке шага хемотаксиса в процессе работы алгоритма бактериальной оптимизации: детерминированный, стохастический, а также их комбинация. Все протестированные подходы не требуют априорных знаний об оптимизируемой функции. Детерминированный и стохастический подходы могут

применяться как отдельно, так и в совместной комбинации.

2. При проведении вычислительного эксперимента, направленного на оценку сходимости анализируемых подходов, в качестве пространства поиска использовалась двумерная функция Растригина на интервале $[-5.12, 5.12]$.

3. Моделирование процесса бактериальной оптимизации, с заданными параметрами изменения шага хемотаксиса, заключалось в реализации двух основных этапов: случайной генерации 1000 особей, образующих колонию, и выполнении 1000 итераций алгоритма оптимизации. Каждый набор параметров изменения шага хемотаксиса тестировался 100 раз, путём запуска процесса бактериальной оптимизации с соответствующими параметрами. Результаты выполнения каждого процесса сохранялись, а затем усреднялись. Полученные усреднённые результаты были отображены на рис. 1–5.

4. Детерминированный подход к автоматической корректировке шага хемотаксиса заключается в уменьшении исходного значения шага пропорционально проведенным итерациям. Такая стратегия позволяет бактериям в начале процедуры поиска оптимума исследовать большее пространство за счет длинного шага. Последующее искусственное снижение подвижности заставляет бактерии более подробно исследовать области ранее обнаруженных оптимумов. Результаты эксперимента показали, что при $\beta = 2$ алгоритм обеспечивает достаточно стабильный уровень точности решения (изменение погрешности не превышает 0,1), даже при увеличении начального шага в 5 раз.

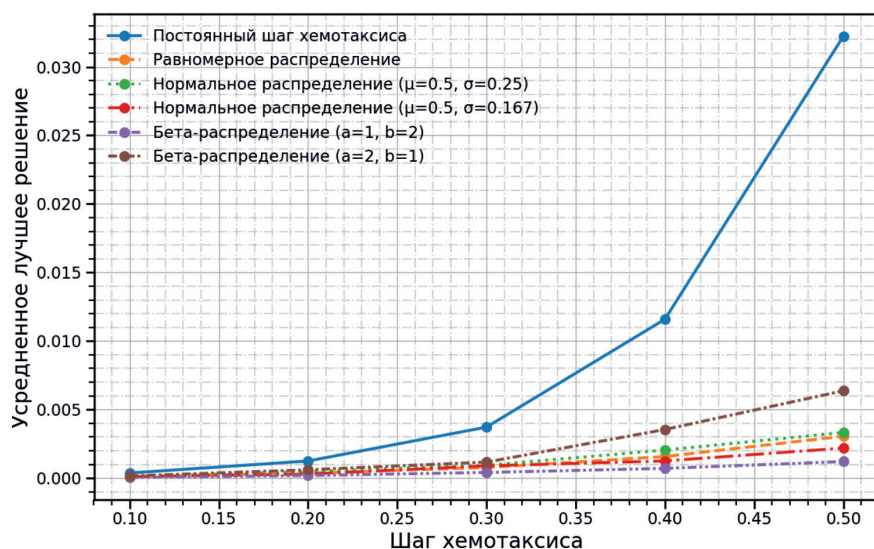


Рис. 5. Влияние закона распределения случайной величины шага на точность решения при параметре $\beta = 2$ в (3)

5. Стохастический подход заключается в выборе шага хемотаксиса для каждой бактерии случайным образом в интервале от нуля до значения, соответствующего параметру S_0 . Для этого в формулу расчета шага вносится некоторая случайная величина, распределенная по какому-либо закону. При оценке эффективности стохастического подхода использовались следующие, известные законы распределения случайных величин: равномерное распределение, нормальное распределение и бета-распределение. Нормальное распределение и бета-распределение тестировались на двух различных наборах параметров. Полученные результаты позволяют утверждать, что использование в ходе хемотаксиса формулы (2) с любым из рассмотренных законов распределения дает всегда лучшие результаты по сравнению с шагом постоянной величины. Из всех рассмотренных законов распределения с заданными параметрами

самые точные решения получаются при использовании бета-распределения с параметрами $\alpha = 1$ и $\beta = 2$.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 19-01-00357.

Список литературы

1. Kaur L., Joshi M.P. Analysis of Chemotaxis in Bacterial Foraging Optimization Algorithm. 2012. Vol. 46. № 4. P. 18–23.
2. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 446 с.
3. Das S., Biswas A., Dasgupta S., Abraham A. Bacterial foraging optimization algorithm: Theoretical foundations, analysis, and applications. Stud. Comput. Intell. 2009. Vol. 203. P. 23–55. DOI: 10.1007/978-3-642-01085-9_2.
4. Остроух Е.Н., Требухин А.В., Чернышев Ю.А., Панащенко П.А. Разработка и анализ гибридного алгоритма решения нелинейных задач оптимизации // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 10. С. 87–91.
5. Агибалов О.И. Оптимизация многомерных задач на основе комбинирования детерминированных и стохастических алгоритмов // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 9. С. 7–11.

УДК 004.9:517.546.14

МОДЕЛЬ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

¹Власов С.В., ²Власов В.И.

¹*Институт информационных технологий и телекоммуникаций Северо-Кавказского
федерального университета, Ставрополь, e-mail: vlasov_s.v@mail.ru;*

²*БОУ ВО СГПИ, Буденновск, e-mail: vlasov_v.i@rambler.ru*

В данной статье построена математическая модель влияния сигналов, модулированных QAM, причем сигналы представлены в виде сфер в сферических координатах, а их взаимное влияние представлено в декартовых системах координат. Взаимное влияние оценивается как расстояние между сферами в многопараметрическом пространстве. Даже несовпадение параметров модулированных сигналов может привести к существенному искажению или утере информации после демодуляции. Научная новизна заключается в том, что при использовании полученной модели обнаруживается эффект, когда различные передатчики, работающие на различных частотах, способны оказывать взаимное негативное влияние друг на друга при определенном значении их амплитуд и начальных фаз при использовании QAM, существенно искажая содержащуюся в них информацию. Анализ графиков, построенных на основе разработанной модели, показывает, что при определенных отношениях частот, амплитуд и фаз сигналов, «расстояния» между сигналами в виртуальном пространстве сокращаются, в отдельных точках сигналы явно пересекаются, то есть оказывают негативное влияние друг на друга. Представлена графическая модель различных сигналов, представленных в виде тора и сферы, обеспечивающих многомерное параметрическое уплотнение.

Ключевые слова: сигналы, частота, амплитуда, фаза, модель

INFORMATION SYSTEM SECURITY CONTROL MODEL

¹Vlasov S.V., ²Vlasov V.I.

¹*Information Technology and Telecommunications Of the North Caucasus Federal University,
Stavropol, e-mail: vlasov_s.v@mail.ru;*

²*Stavropol State Pedagogical Institute, Budennovsk, e-mail: vlasov_v.i@rambler.ru*

In this article, a mathematical model of the influence of signals modulated by QAM is constructed, with the signals represented as spheres in spherical coordinates, and their mutual influence is presented in Cartesian coordinate systems. The mutual influence is estimated as the distance between the spheres in a multi-parameter space. Even the mismatch of the parameters of the modulated signals can lead to significant distortion or loss of information after demodulation. The scientific novelty lies in the fact that when using the obtained model, an effect is detected when various transmitters operating at different frequencies are able to exert a mutual negative influence on each other at a certain value of their amplitudes and initial phases when using QAM, significantly distorting the information contained in them. An analysis of the graphs constructed on the basis of the developed model shows that for certain ratios of frequencies, amplitudes and phases of signals, the «distance» between signals in virtual space is reduced, the signals clearly intersect at individual points, that is, they have a negative effect on each other. A graphical model of various signals presented in the form of a torus and a sphere providing multidimensional parametric compaction is presented.

Keywords: signals, frequency, amplitude, phase, model

В современных системах контроля качества информационных процессов используется традиционный параметрический подход, который предусматривает анализ определенных параметров [1]. На этапе контроля делается вывод о пригодности информационного объекта к выполнению своих функций в рамках обеспечения деятельности общей информационной системы (ОИС). На этапе диагностирования определяется область и величина отклонения параметров исследуемого объекта (подсистемы) от номинальных значений, то есть наличие и виды дефектов, которые, в свою очередь, могут оказывать влияние на безопасность всей системы в целом [2].

Современные технологии диагностирования предусматривают использование комплексных показателей качества при

многопараметрическом анализе, однако они не обладают наглядностью и требуют значительных затрат в практической реализации [3, 4].

Цель исследования: разработка модели безопасности информационных систем, обеспечивающей определение взаимного влияния сигналов, представленных в виде геометрических фигур, на основе анализа их геометрического взаимодействия в многомерном метрическом пространстве.

Под безопасностью ИС понимается защищенность системы, т.е. ее способность противостоять различным воздействиям [5]. Безопасностью информационной системы можно считать обнаружение негативного влияния посторонних сигналов (помех) на полезные информационные сигналы, вызывающих искажение или потерю

информации полезных сигналов. Защита информации – это комплекс мероприятий, направленных на обеспечение информационной безопасности. Для обеспечения защиты информации необходимо определить показатель, который будет определять степень различных негативных воздействий на информационные сигналы информационной системы.

Предлагается в качестве комплексных показателей безопасности информационной системы использовать как геометрические объемные фигуры, так и их геометрическое взаимодействие [6, 7].

Проводя анализ взаимодействия геометрических фигур по изменению их координат в виртуальном пространстве, можно выделять обобщенную характеристику их различия (похожести) и степени их взаимодействия по удаленности фигур друг от друга [7].

Сферическими координатами называют систему координат для отображения геометрических свойств фигуры в трех измере-

ниях, посредством задания трех координат (r, θ, λ) , где r – расстояние от начала координат, θ – зенитный угол или полярное расстояние, которое иногда называют коширотой, λ – азимутальный угол или долгота, причем θ изменяется от 0^0 до 180^0 , а λ изменяется от 0^0 до 360^0 [8].

$$x = r \sin \theta \cos \lambda; \quad (1)$$

$$y = r \sin \theta \sin \lambda; \quad (2)$$

$$z = r \cos \theta. \quad (3)$$

Система уравнений представляет преобразование между сферической и декартовой системами координат [8]. Следовательно, функции f_1, f_2, f_3 равны

$$f_1 = r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad (4)$$

$$f_2 = \theta = \arctg \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}, 0 < \theta < \pi, \quad (5)$$

$$f_3 = \gamma = \begin{cases} \arctg \frac{y}{x}, & 0 \leq \lambda < \frac{\pi}{2}, \text{ если } x > 0, y \geq 0; \\ \pi + \arctg \frac{y}{x}, & \frac{\pi}{2} \leq \lambda < \frac{3\pi}{2}, \text{ если } x \leq 0; \\ 2\pi + \arctg \frac{y}{x}, & \frac{3\pi}{2} \leq \lambda < 2\pi, \text{ если } x > 0, y < 0. \end{cases} \quad (6)$$

Расстояние между точками $A(x_1, y_1)$ и $B(x_2, y_2)$ в декартовой системе координат вычисляется по формуле

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}. \quad (7)$$

Если представить значения координат точек A и B как центры сфер, а r_1 и r_2 как радиусы сфер в пространстве, то расстояния между сферами в пространстве будут вычисляться по формуле

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} - (r_1 + r_2). \quad (8)$$

Передачик обеспечивает передачу сигнала в среду распространения в заданном секторе пространства, путем создания электромагнитного поля или электрического тока, которые будут регистрироваться приемником. Данная среда характеризуется набором физических параметров, которые определяют необходимые условия передачи информационного сигнала.

Наиболее уязвимыми участками канала передачи данных являются: источник сигнала, среда передачи и приемник. Широкое распространение получила QAM – (Quadrature Amplitude Modulation – модуля-

ция методом квадратичных амплитуд) т.е. цифровой информационный поток передается в виде аналогового сигнала [9]. Данный метод осуществляется путем разделения несущей волны на две несущие одинаковой частоты, сдвинутые относительно друг друга на 90^0 , каждая из которых промодулирована по одному из двух или более дискретных уровней амплитуды. Комбинация всех уровней, в свою очередь, представляет собой бинарную битовую картину. Уровень QAM определяется в соответствии с точкой диаграммы канстелляции амплитудой, циклической частотой и начальной фазой гар-

монического колебания. Точка диаграммы канстелляции характеризует байт передаваемой цифровой последовательности. Поэтому для создания модели безопасности информационных систем правомерно использовать тривиальные уравнения гармонических колебаний.

Уравнение гармонического колебания имеет вид

$$S(t) = A \cos(\omega t + \varphi), \quad (9)$$

где S – отклонение колеблющейся величины в текущий момент времени t от среднего за период значения; A – амплитуда колебания; ω – циклическая частота; φ – начальная фаза колебаний.

Имеются 2 гармонических колебательных процесса, описываемых выражениями

$$S1(t) = A1 \cos(\omega 1 t + \varphi 1), \quad (10)$$

$$S2(t) = A2 \cos(\omega 2 t + \varphi 2). \quad (11)$$

В выражениях (1), (2), (3) если выразить радиус сферы r как значение амплитуды колебания A ; θ – зенитный угол, как значение ω – циклической частоты; λ – азимутальный угол, как значение φ – начальной фазы колебания, то получим выражения

$$x = r \sin \omega \cos \varphi; \quad (12)$$

$$y = r \sin \omega \sin \varphi; \quad (13)$$

$$z = r \cos \omega. \quad (14)$$

Подставим выражения (12), (13), (14) в выражение (8) и после несложных математических преобразований получим модель для определения расстояний $f(x_{01}, y_{01})$ между гармоническими колебаниями $S1(t)$ и $S2(t)$:

$$f(x_{01}, y_{01}) = \sqrt{\frac{A+B+C}{[(x_{01}-x_{02})^2 + (y_{01}-y_{02})^2 + (z_{01}-z_{02})^2]}}, \quad (15)$$

где

$$A - \left[(|x_{01}| - |x_{02}|) \times \left[\sqrt{(x_{01}-x_{02})^2 + (y_{01}-y_{02})^2 + (z_{01}-z_{02})^2} \right] - (r_1 + r_2) \right]^2;$$

$$B - \left[(|y_{01}| - |y_{02}|) \times \left[\sqrt{(x_{01}-x_{02})^2 + (y_{01}-y_{02})^2 + (z_{01}-z_{02})^2} \right] - (r_1 + r_2) \right]^2;$$

$$C - \left[(|z_{01}| - |z_{02}|) \times \left[\sqrt{(x_{01}-x_{02})^2 + (y_{01}-y_{02})^2 + (z_{01}-z_{02})^2} \right] - (r_1 + r_2) \right]^2.$$

На рис. 1, а, б, представлены сигналы, размещенные в декартовых системах координат, причем сами сигналы представлены в виде сфер, построенных в сферических системах координат. На рисунках видно, что при изменении параметров сигналов (амплитуда, частота и фаза), геометрическое расстояние в виртуальном пространстве между сигналами изменяется.

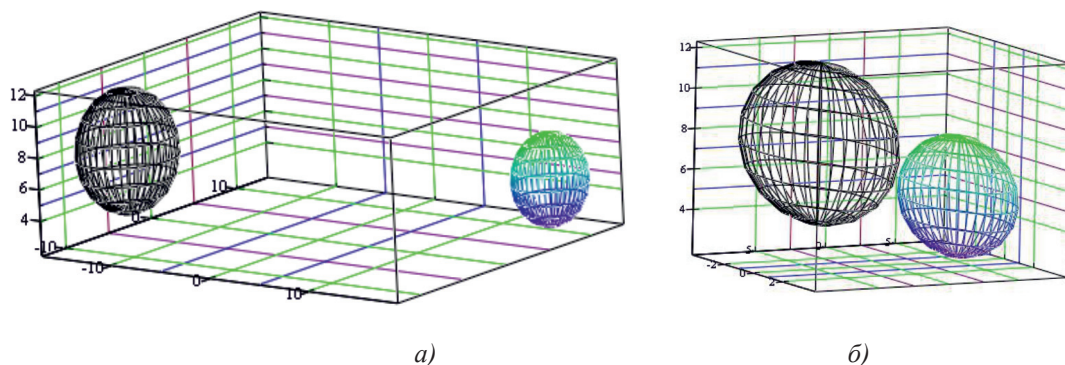


Рис. 1. Изометрическое представление сигналов в виде сфер в декартовых системах координат

Анализ рисунков позволяет сделать вывод, что при различных частотах, амплитудах и начальных фазах различных сигналов, геометрическое расстояние между сигналами может быть равным 0 (рис. 1, а).

Если использовать традиционный параметрический подход, то результат негативного воздействия на полезный сигнал других сигналов или помех может быть ложным. И достоверность такой оценки низка. Это обусловлено анализом каждого параметра в отдельности (рис. 2, а, б, в).

Рис. 2, в, наглядно показывает, что в виртуальном пространстве сигналы якобы взаимно влияют друг на друга, если анализ проводить по одному из параметров сигнала, однако рис. 2, а, и 2, б, показывают, что взаимное влияние отсутствует.

Пример взаимного влияния сигналов по двум параметрам представлен на рис. 3, а, б, в.

Результат исследования заключается в том, что при использовании полученной модели (15) обнаруживается эффект, когда различные передатчики, работающие

на различных частотах, способны оказывать взаимное негативное влияние друг на друга при определенном значении их амплитуд и начальных фаз при использовании QAM, искажая содержащуюся в них информацию. На рис. 4, а, б, представлены графики положений двух различных сигналов в виртуальном пространстве декартовых координат при изменении амплитуд, начальных фаз и частот (в соответствии с правой частью уравнения (15)), выраженных в сферических координатах. На графике (рис. 5, а) проведено совмещение виртуальных декартовых координат исследуемых сигналов, «расстояния» $f(x_{01}, y_{01})$ (15) между которыми больше нуля. Графики не пересекаются, таким образом, взаимное влияние сигналы друг на друга не оказывают. Анализ графика (рис. 5, б) показывает, что при определенных отношениях частот, амплитуд и фаз сигналов «расстояния» $f(x_{01}, y_{01})$ (15) между сигналами в виртуальном пространстве сокращаются, в отдельных точках сигналы явно пересекаются, то есть оказывают негативное влияние друг на друга.

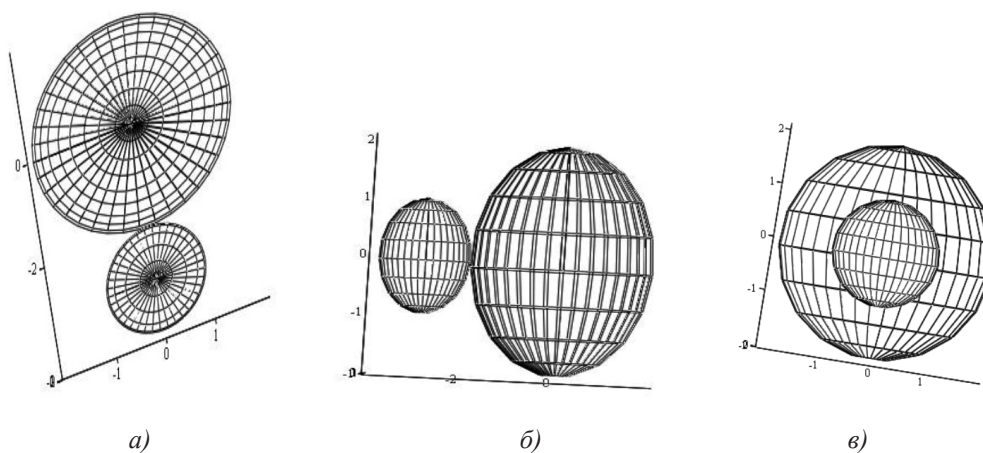


Рис. 2. Представление сигналов в виде сфер в декартовых системах координат при исключении одного из параметров сигнала

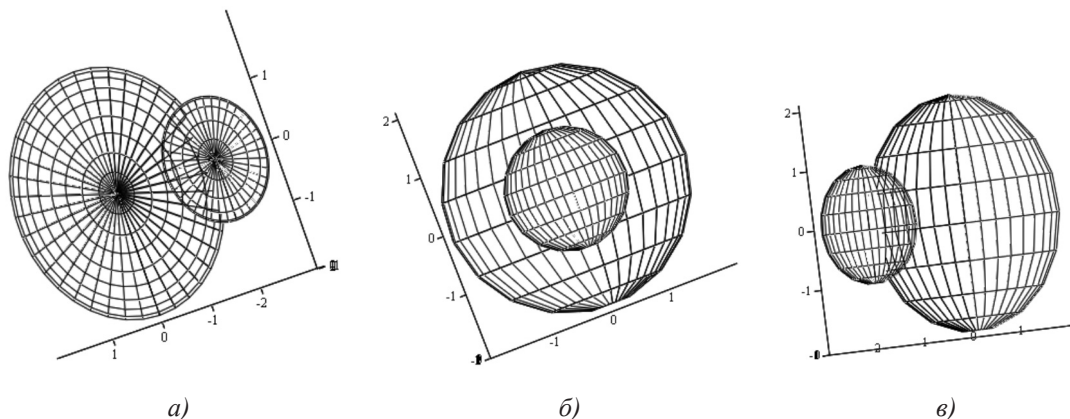


Рис. 3. Пример взаимного влияния сигналов по двум параметрам

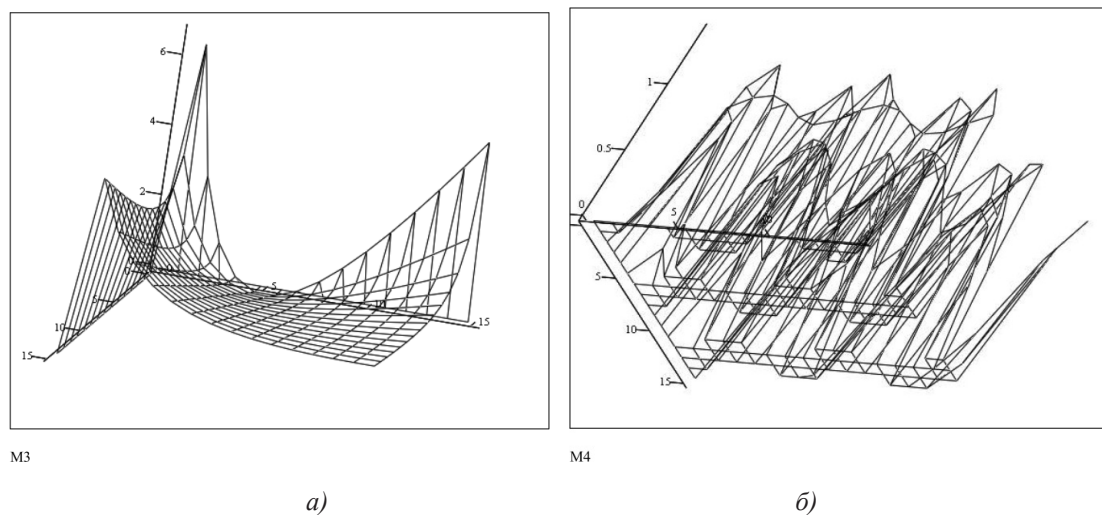


Рис. 4. Графики координат различных сигналов в виртуальном параметрическом пространстве

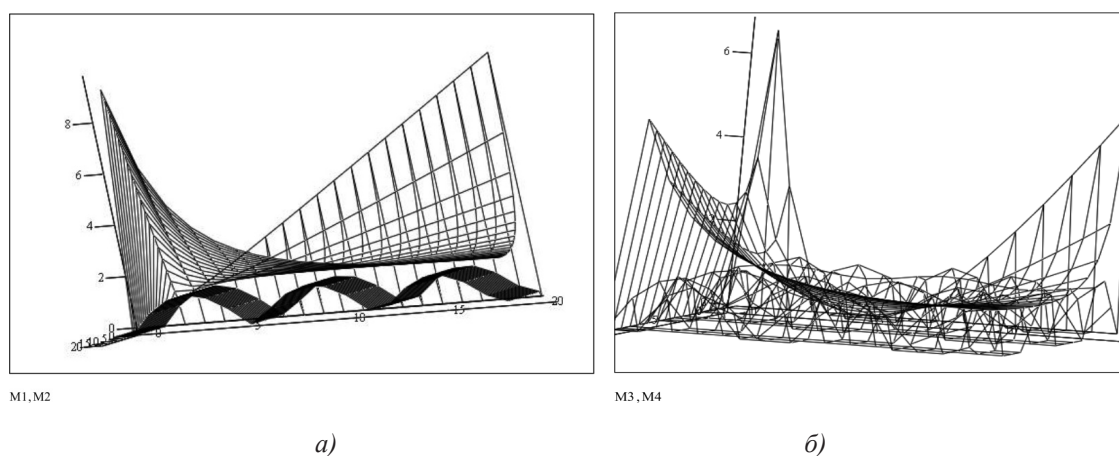


Рис. 5. Графики взаимного влияния различных сигналов в виртуальном параметрическом пространстве

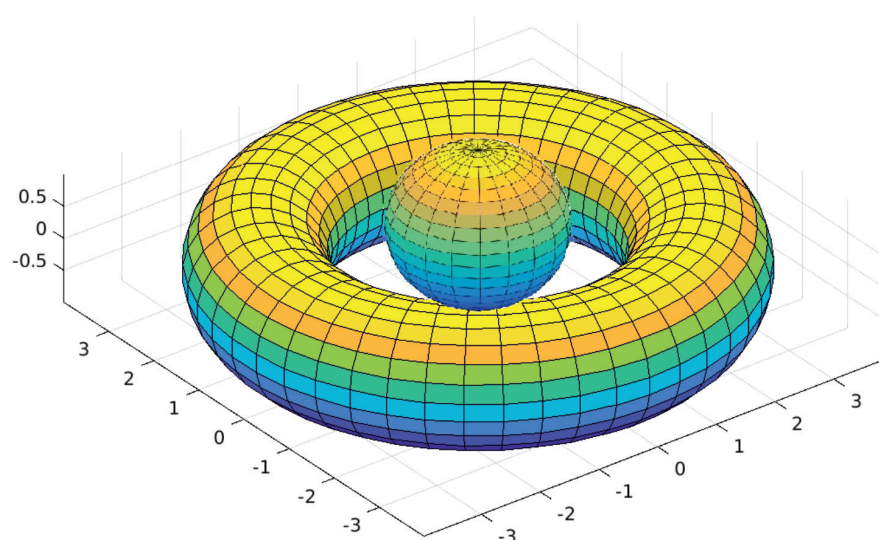


Рис. 6. Графическая модель различных сигналов, представленных в виде тора и сферы, обеспечивающих многомерное параметрическое уплотнение

Графически представив виртуальные координаты взаимодействия сигналов информационных систем, с учетом условного перевода сферических координат в параметры системы, можно проводить исследование по обнаружению причин искажений и потери информации после демодуляции сигналов передатчиков, работающих на разных частотах. Причем искажения этих сигналов будут обусловлены амплитудами и начальными фазами элементов диаграмм канстелляции QAM.

Научным выводом проведенных исследований является: передача информации на различных несущих частотах не исключает взаимного негативного влияния сигналов друг на друга при использовании QAM. И в то же время на одинаковых несущих частотах при определенных значениях фаз и амплитуд различных сигналов, использующих различные диаграммы канстелляции QAM, можно передавать различную информацию, обеспечивая расширение частотного ресурса. Данная возможность дает повод для определения нового вида уплотнения передаваемой информации и повышения скрытности передаваемых сигналов, которое можно назвать многомерным параметрическим уплотнением (рис. 6).

Таким образом, для наглядного представления меры «близости» между процессами, ввиду многопараметрической оценки качества функционирования систем при трехмерном наглядном графическом представлении очень сложно представить многомерные процессы в декартовых системах координат. Необходимо переходить в область многомерных метрических пространств. То есть совмещать различные координаты

параметрических пространств в виртуальные координаты исследуемых многомерных пространств. Таким образом, данное исследование дает возможность математически проследить последовательность «совмещений» трехмерных параметрических пространств в декартовых системах координат в многомерные пространства. Как следствие, можно определять влияние друг на друга сигналов различных информационных систем для выработки комплекса мероприятий по защите информации.

Список литературы

1. Матвеев Ю.Н., Симончик К.К., Тропченко А.Ю., Хитров М.В. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие. СПб.: СПбНИУ ИТМО, 2013. 166 с.
2. Дмитриев А.С., Юсупов Д.П. Диагностика и идентификация сложных систем. М.: ВИКА им. Можайского, 1994. 580 с.
3. Власов С.В., Власов В.И. Устройство для повышения качества каналов передачи данных Патент РФ № 2603493. Патентообладатели: Власов С.В., Власов В.И. 2016. Бюл. № 33.
4. Федоренко В.В., Сукманов А.В. Помехоустойчивость приема оцифрованных сообщений укороченной длительности в системах телесигнализации // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2014. № 9. С. 34–38.
5. Власов В.И., Власов С.В. Использование геометрических сфер для контроля качества информационных систем (статья) // Universum: Технические науки: научный журнал 2017. № 3 (36). С. 9–12. [Электронный ресурс]. URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/4514> (дата обращения: 19.05.2020).
6. Власов С.В., Власов В.И. Использование тел вращения для контроля качества информационных сигналов каналов передачи данных // Colloquiumjournal. 2020. № 6 (58). С. 12–14.
7. Попов В.Л., Сухоцкий Г.В. Аналитическая геометрия: учебник и практикум для академического бакалавриата. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2016. 232 с.
8. Лагутенко О.И. Современные модемы. М.: Эко-Трендз, 2002. 172 с.

УДК 621.01:539.4

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УРАВНОВЕШИВАНИЯ ОДНОЦИЛИНДРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Гоц А.Н., Клевцов В.С.

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, e-mail: hotz@mail.ru, tdieu@yandex.ru*

Рассмотрены варианты различных схем уравнивания одноцилиндровых двигателей от действия сил инерции первого порядка. Обычно это уравнивание проводят с помощью дополнительного уравнивающего вала, на который устанавливаются противовесы и привод которого осуществляется от коленчатого вала. Хотя при такой схеме уравнивания можно полностью уравновесить силы инерции первого порядка, но недостатком такой конструкции является появление дополнительного момента, который нагружает опоры двигателя. Опоры также нагружает опрокидывающий момент, который равен и противоположно направлен крутящему моменту и его действие на опоры двигателя ничем не уравнивается. Показано, что при определенном расположении уравнивающего вала с противовесами возникающий при этом дополнительный момент может быть направлен против уравнивающего момента, тем самым будет снижена виброактивность одноцилиндрового двигателя. Численным расчетом было показано, что наиболее рациональной схемой установки дополнительного уравнивающего вала является его расположение слева от коленчатого. При этом угол между осью цилиндра и линией, соединяющей ось коленчатого вала и дополнительного, не должен превышать 90° . В этом случае среднее значение уравнивающего момента может быть уменьшено на 12...16%. Кроме того, можно использовать в качестве балансирующего вала конструкцию, у которой средняя часть имеет проточку. Центр масс такой конструкции не совпадает с осью вращения, что вызывает большую величину центробежной силы на малом радиусе.

Ключевые слова: силы инерции, порядок сил инерции, уравнивание, противовесы, коленчатый вал, дополнительный вал

SELECTION OF THE OPTIMAL SCHEME OF STABILIZATION OF THE ONE-CYLINDER ENGINE

Gots A.N., Klevtsov V.S.

*Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolay Grigoryevich Stoletovs,
Vladimir, e-mail: hotz@mail.ru, tdieu@yandex.ru*

Variants of various schemes of balancing single-cylinder engines from the action of inertia forces of the first order are considered. Usually this balancing is carried out with the help of an additional balancing shaft, on which counterweights are installed and which is driven from the crankshaft. Although this balancing scheme can completely balance the inertia forces of the first order, but the disadvantage of this design is the appearance of an additional moment that loads the engine supports. The supports are also loaded by the tipping moment, which is equal to and opposite to the torque and its effect on the engine supports is not balanced by anything. It is shown that at a certain location of the balancing shaft with counterweights, the additional moment that occurs in this case can be directed against the balancing moment, thereby reducing the vibration activity of the single-cylinder engine. Numerical calculation has shown that the most rational scheme for installing an additional balancing shaft is its location to the right of the crankshaft. In this case, the angle between the cylinder axis and the line connecting the crankshaft axis and the additional one should not exceed 90° . In this case, the average value of the balancing moment can be reduced by 12...16%. In addition, use as a balance shaft design, which has a middle part of the groove. The center of mass of this design does not coincide with the axis of rotation, which causes a large amount of centrifugal force at a small radius.

Keywords: inertia forces, order of inertia forces, balancing, counterweights, crankshaft, additional shaft

Одноцилиндровые двигатели используются на мотоциклах, мотоблоках для средств малой механизации, а также для многоцелевого назначения. В таких двигателях возникает проблема уравнивания центробежных сил инерции неуравновешенных вращающихся масс кривошипа, а также сил инерции первого и второго порядков, вызванных возвратно поступательным движением масс поршневой группы. Обычно в таких двигателях уравнивают только центробежные силы вращающихся масс и силы инерции первого порядка [1, 2]. Если центробежные силы инерции вращающихся масс кривошипа уравниваются противовесами на продолжении шеек коленчатого вала, то использование таких

противовесов для уравнивания сил инерции первого порядка просто переводит их из вертикальной плоскости в горизонтальную [3–5]. Такой способ уравнивания используется на некоторых мотоциклетных двигателях.

Кроме того, для снижения виброактивности одноцилиндрового двигателя широко используется дополнительный уравнивающий вал, который располагается справа от коленчатого вала по ходу его вращения [5–7]. Привод дополнительного вала осуществляется через шестерню от коленчатого вала. На этом дополнительном валу устанавливаются противовесы, а такие противовесы устанавливаются на коленчатом валу. Поскольку коленчатый и дополнитель-

ный валы вращаются в противоположные стороны, то вертикальная составляющая сил инерции двух противовесов будет складываться и тем самым уравнивать силу инерции первого порядка [1, 2]. Горизонтальные составляющие направлены в противоположные стороны и уравнивают друг друга. Однако от вертикальной составляющей центробежной силы инерции сил противовеса на дополнительном валу возникает момент, который дополнительно нагружает опоры двигателя [1, 2].

Цель исследования: определить влияние дополнительного момента на опоры двигателя, наиболее рациональное место установки по отношению к коленчатому валу, на каких участках поворота коленчатого вала он направлен против опрокидывающего момента, а на каких участках – складывается с ним, тем самым повышает виброактивность одноцилиндрового двигателя. Кроме того, проанализируем, каким образом влияет расположение дополнительного вала на габаритные размеры самого двигателя.

Материалы и методы исследования

Представим, что уравнивающий вал располагается справа от коленчатого вала (по направлению вращения) так, что прямая, соединяющая оси коленчатого вала и дополнительного, располагается под углом α от вертикальной оси цилиндра (рис. 1). Если расстояние между осями коленчатого вала O и дополнительного – O_1 равно l , то проекция его на горизонтальную ось (ось x) равна $l_{bv} = l \sin \varphi$, а на вертикальную (ось y) – $l_{bf} = l \cos \varphi$ (рис. 1).

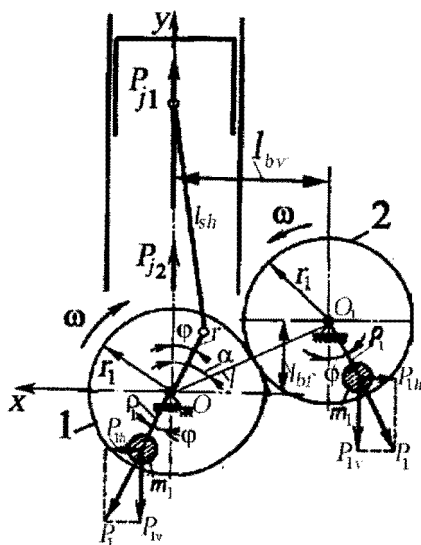


Рис. 1. Схема уравнивания сил инерции первого порядка в одноцилиндровом двигателе с дополнительным валом

На коленчатом валу установлена шестерня 1, которая приводит во вращение шестерню 2, расположенную на дополнительном валу. Шестерни 1 и 2 содержат на расстоянии ρ_1 от оси вращения противовесы массой m_1 и установлены так, что при любом повороте кривошипа положение радиуса ρ_1 полностью определяются углом поворота кривошипа.

Шестерни 1 и 2 вращаются в противоположные стороны, и при этом при вращении масс m_1 возникают силы инерции $P_1 = m_1 \rho_1 \omega^2$. Проекции этих сил на ось y равны $P_{1v} = m_1 \rho_1 \omega^2 \cos \varphi$ и складываются, тем самым уравнивая силу инерции первого порядка

$$P_j \cos \varphi = 2P_{1v} = 2m_1 \rho_1 \omega^2 \cos \varphi,$$

откуда масса m_1 определяется как

$$m_1 = m_j \frac{r}{2\rho_1}. \quad (1)$$

Здесь m_j – масса деталей, совершающих возвратно-поступательное движение.

Вместе с тем равнодействующая двух сил P_{1v} составляет пару с силой P_j , момент которой можно определить как (рис. 1);

$$M_v = m_1 \rho_1 \omega^2 l_{bv} \cos \varphi = m_1 \rho_1 \omega^2 l \sin \alpha \cos \varphi.$$

Решение получено из условия, что в соответствии с правилами теоретической механики воздействие сил P_1 на систему не изменится, если их перенести в точки O и O_1 . Заметим, что решение может быть получено, если найти момент сил P_{1v} относительно точки O (рис. 1, положительный момент выбирается, если его направление совпадает с направлением вращения коленчатого вала):

$$M_v = -P_{1v} \rho_1 \sin \alpha + P_{1v} (l_{bv} + \rho_1 \sin \alpha) = P_{1v} l_{bv},$$

или

$$M_v = m_1 \rho_1 \omega^2 l \sin \alpha \cos \varphi. \quad (2)$$

Составляющие силы P_1 по горизонтали $P_{1h} = m_1 \rho_1 \omega^2 \sin \varphi$ (рис. 1) направлены противоположно друг другу и составляют пару сил с моментом M_h (знак плюс выбираем аналогично по направлению вращения коленчатого вала):

$$M_h = m_1 \rho_1 \omega^2 l \cos \alpha \sin \varphi. \quad (3)$$

Оба момента действуют на опоры двигателя, как и опрокидывающий момент M_{up} , который, как известно, равен крутящему моменту M_{id} , но имеет противоположное направление, т.е. $M_{up} = -M_{id}$ [1].

Суммарный момент от действия силы инерции на дополнительном валу равен

$$M_s = m_1 \rho_1 \omega^2 l (\cos \alpha \sin \varphi + \sin \alpha \cos \varphi) = \\ = m_1 \rho_1 \omega^2 l \sin(\alpha + \varphi). \quad (4)$$

Поскольку возникающий дополнительный момент M_s может усиливать опрокидывающий момент M_{up} или, наоборот, уменьшать действие его опоры двигателя, то в связи с этим целесообразно провести исследования наиболее целесообразного расположения дополнительного вала. Заметим, что опрокидывающий момент M_{up} всегда равен и противоположно направлен крутящему моменту двигателя M_{id} .

В качестве оценочных показателей рационального расположения дополнительного вала примем:

– угол α между осью цилиндра и прямой, соединяющей оси валов коленчатого O и дополнительного – O_1 (рис. 1);

– среднее значение дополнительного момента $M_s = M_v + M_h$ при изменении угла α ;

– изменение среднего значения опрокидывающего момента ΔM_{ups} при наличии дополнительного вала;

– изменение размаха суммарного опрокидывающего и дополнительного моментов $\Delta M_{ups} = M_{ups \max} - M_{ups \min}$;

– изменение габаритных размеров двигателя при различных положениях дополнительного вала.

Проведем исследование по принятым оценочным показателям численно для реального одноцилиндрового дизеля с определением необходимых масс противовесов, так как в общем виде по зависимости (4) определить это невозможно.

Численный расчет проведем для дизеля ТМЗ-650Д (149,55/9,2) номинальной мощности 12 кВт при частоте вращения коленчатого вала $n = 3600$ мин⁻¹.

Для расчета сил инерции движущихся деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ) дизеля ТМЗ-650Д массы их

определялись в результате взвешивания в лаборатории кафедры «Тепловые двигатели и энергетические установки» ВлГУ, а также путем анализа чертежей по трехмерной модели, выполненной с помощью программного комплекса SolidWorks Simulation. Результаты взвешивания и расчетов приведены в табл. 1. Поскольку уравнивание центробежных сил вращающихся масс кривошипа – задача известная, то в данном случае рассматривается только уравнивание сил инерции первого порядка.

Определим силу инерции первого порядка P_{j1} на режиме номинальной мощности ($n = 3600$ мин⁻¹; $\omega = 376,8$ 1/с):

$$P_{j1} = m_j r \omega^2 \cos \varphi,$$

где $m_j = m_p + m_{pp} + m_{pr} + m_1 = 1,316$ кг (табл. 1) – массы, совершающие возвратно-поступательное движение (поршень, поршневой палец, поршневые кольца, часть массы шатуна, отнесенная к оси поршневого пальца); $r = 0,046$ м – радиус кривошипа.

Максимальная сила инерции первого порядка P_{j1} , действующая в плоскости, проходящей через ось коренных шеек и ось цилиндра (рис. 1), равна

$$P_{j1 \max} = 1,316 \cdot 0,046 \cdot 376,8^2 = 8594,8 \text{ Н.}$$

Она должна быть уравновешена вертикальными составляющими центробежных сил инерции двух противовесов массой m_1 , установленных на радиусе $\rho_1 = 0,046$ м от оси вращения. В соответствии с зависимостью (1) определяем

$$m_1 = m_j \frac{r}{2\rho_1} = 1,316 \frac{0,046}{2 \cdot 0,046} = 0,658 \text{ кг.}$$

Максимальная сила инерции при вращении противовеса массой $m_1 = 0,658$ кг на радиусе $\rho_1 = 0,046$ м равна

$$P_1 = m_1 \rho_1 \omega^2 = 0,658 \cdot 0,046 \cdot 376,8^2 = 4297,4 \text{ Н.}$$

Таблица 1

Массы деталей КШМ дизеля ТМЗ-650Д

Наименование детали или ее составной части	Массы деталей m_j , кг
1. Поршень m_p	0,645 (0,640)
2. Поршневой палец m_{pp}	0,241
3. Поршневые кольца m_{pr}	0,1
4. Шатун с вкладышами m_{sh}	0,950 ± 0,015
5. Часть массы шатуна, отнесенная к оси поршневого пальца m_1	0,33

По программе, разработанной на кафедре «Тепловые двигатели и энергетические установки», был проведен динамический расчет дизеля ТМЗ-650Д и определено значение крутящего и опрокидывающего момента в зависимости от угла поворота коленчатого вала. Результаты расчета приведены в табл. 2.

В табл. 2 M_{id} , Н·м – крутящий момент двигателя на режиме номинальной мощности. Для того чтобы определить, как влияет расположение дополнительного вала относительно коленчатого на величину дополнительного момента M_s (усиливает или уменьшает величину опрокидывающего момента), определим по зависимости (4) величину и направление M_s . Примем знак момента положительным, если его направление совпадает с направлением вращения коленчатого вала.

Результаты расчетов приведены в табл. 3. Поскольку крутящий момент двигателя M_{id} и, соответственно, равный ему и противо-

положно направленный опрокидывающий момент M_{up} имеют относительно большие значения только в конце такта сжатия и примерно до середины такта расширения, то для того, чтобы расчет был корректным, значения M_s подсчитывались через 5° ПКВ. Для экономии места в табл. 3 приведены результаты расчета через 30° ПКВ, хотя средние значения определялись через 5° ПКВ.

Результаты исследования и их обсуждение

Проанализируем полученные расчетным путем результаты. В соответствии с зависимостью (4) дополнительный момент изменяется по синусоидальному закону, а угол α , определяющий положение дополнительного вала относительно коленчатого, выступает в качестве начального. Поэтому, кроме положения дополнительного вала при $\alpha = 0$ (чистая синусоида) и $\alpha = 180^\circ$ (косинусоида), для момента M_s можно подсчитать среднее значение.

Таблица 2

Значение крутящего и опрокидывающего момента по данным динамического расчета

φ° , ПКВ	M_{id} , Н·м	M_{up} , Н·м	φ° , ПКВ	M_{id} , Н·м	M_{up} , Н·м	φ° , ПКВ	M_{id} , Н·м	M_{up} , Н·м
0	0	0	240	-106	106	480	188	-188
15	-90	90	255	-122	122	495	135	-135
30	-140	140	270	-96	96	510	82	-82
45	-130	130	285	-80	80	525	37	-37
60	-72	72	300	-28	28	540	0	0
75	5	-5	315	-44	44	555	30	-30
90	67	-67	330	-155	155	570	-57	57
105	97	-97	345	-315	315	585	-97	97
120	96	-96	360	0	0	600	-111	111
135	76	-76	375	893	-893	615	-129	129
150	49	-49	390	798	-798	630	-88	88
165	24	-24	405	503	-503	645	-29	29
180	0	0	420	360	-360	660	-56	56
195	-0,73	0,73	435	290	-290	675	-122	122
210	-0,154	0,154	450	261	-261	690	-126	126
225	-79	79	465	227	-227	705	-88	88
						720	0	0
Средние значения M_{id} и M_{up} , Н·м							37,9	-37,9

Таблица 3

Расчетные значения дополнительного момента M_s , Н·м

φ \ α°	Момент от дополнительных противовесов, массой $m_i = 0,658$ кг											Момент M_{up} , Н·м
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	
0	0	215,2	372,72	430,39	372,72	215,2	0	-215,2	-372,72	-430,39	-372,72	-215,2
30	215,2	372,73	430,38	372,73	215,19	0	-215,2	-372,73	-430,38	-372,73	-215,19	-0,01
60	372,73	430,38	372,73	215,2	0	-215,19	-372,73	-430,38	-372,73	-215,2	0,01	215,19
90	430,39	372,72	215,2	0	-215,2	-372,72	-430,39	-372,72	-215,2	0	215,2	372,72
120	372,73	215,19	0	-215,2	-372,73	-430,38	-372,73	-215,19	-0,01	215,2	372,73	430,38
150	215,2	0	-215,19	-372,73	-430,38	-372,73	-215,2	0,01	215,19	372,73	430,38	372,73
180	0	-215,2	-372,72	-430,39	-372,72	-215,2	0	215,2	372,72	430,39	372,72	215,2
210	-215,2	-372,73	-430,38	-372,73	-215,19	0	215,2	372,73	430,38	372,73	215,19	0,01
240	-372,73	-430,38	-372,73	-215,2	0	215,19	372,73	430,38	372,73	215,2	-0,01	-215,19
270	-430,39	-372,72	-215,2	0	215,2	372,72	430,39	372,72	215,2	0	-215,2	-372,72
300	-372,73	-215,19	0	215,2	372,73	430,38	372,73	215,19	0,01	-215,2	-372,73	-430,38
330	-215,2	0	215,19	372,73	430,38	372,73	215,2	-0,01	-215,19	-372,73	-430,38	-372,73
360	0	215,2	372,72	430,39	372,72	215,2	0	-215,2	-372,72	-430,39	-372,72	-215,2
390	215,2	372,73	430,38	372,73	215,19	0	-215,2	-372,73	-430,38	-372,73	-215,19	-0,01
420	372,73	430,38	372,73	215,2	0	-215,19	-372,73	-430,38	-372,73	-215,2	0,01	215,19
450	430,39	372,72	215,2	0	-215,2	-372,72	-430,39	-372,72	-215,2	0	215,2	372,72
480	372,73	215,19	0	-215,2	-372,73	-430,38	-372,73	-215,19	-0,01	215,2	372,73	430,38
510	215,2	0	-215,19	-372,73	-430,38	-372,73	-215,2	0,01	215,19	372,73	430,38	372,73
540	0	-215,2	-372,72	-430,39	-372,72	-215,2	0	215,2	372,72	430,39	372,72	215,2
570	-215,2	-372,73	-430,38	-372,73	-215,19	0	215,2	372,73	430,38	372,73	215,19	0,01
600	-372,73	-430,38	-372,73	-215,2	0	215,19	372,73	430,38	372,73	215,2	-0,01	-215,19
630	-430,39	-372,72	-215,2	0	215,2	372,72	430,39	372,72	215,2	0	-215,2	-372,72
660	-372,73	-215,19	0	215,2	372,73	430,38	372,73	215,19	0,01	-215,2	-372,73	-430,38
690	-215,2	0	215,19	372,73	430,38	372,73	215,2	-0,01	-215,19	-372,73	-430,38	-372,73
720	0	215,2	372,72	430,39	372,72	215,2	0	-215,2	-372,72	-430,39	-372,72	-215,2
Среднее значение M_{sm} , Н·м	0	8,61	14,91	17,22	14,91	8,61	0	-8,61	-14,91	-17,22	-14,91	-37,9

Таким образом, положительный знак (по направлению вращения) дополнительного момента M_s направлен против опрокидывающего момента M_{up} , а значит, он будет уменьшать величину M_{up} и тем самым уменьшит нагрузку на опоры двигателя. Из анализа первого оценочного параметра, принятого нами для выбора рационального расположения дополнительного вала, т.е. угла α , можно признать, что более рациональным является расположение уравновешивающего вала справа от коленчатого (вид с носка вала) по направлению вращения (рис. 1), т.е. $0 \leq \alpha \leq 180^\circ$. Если дополнительный вал установить на другом участке, то суммарный момент $M_{ups} = M_{up} + M_s$ будет увеличиваться, так как, когда $180^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$, среднее значение дополнительного момента $M_{sm} < 0$ (табл. 3), тем самым будет увеличена нагрузка на опоры двигателя.

Значение суммарного момента M_{ups} (опрокидывающего и дополнительного) определяли, как обычно:

$$M_{ups} = M_{up} + M_s. \quad (5)$$

Графики изменения опрокидывающего момента M_{up} (кривая 1), дополнительного момента M_s (кривая 2) и суммарного M_{ups} , определяемого по зависимости (5) (кривая 3), при двух значениях $\alpha = 45^\circ$ приведены на рис. 2.

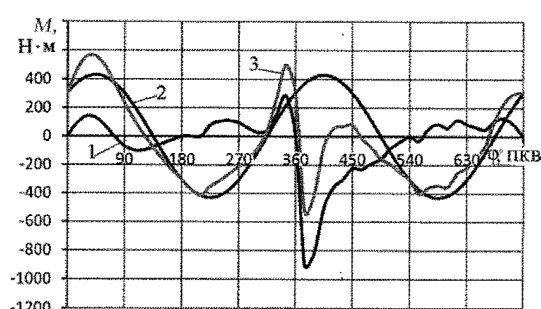


Рис. 2. Изменение моментов: опрокидывающего M_{up} (кривая 1), дополнительного M_s (кривая 2) и суммарного M_{ups} (кривая 3) при $\alpha = 45^\circ$

Для анализа еще трех оценочных показателей: изменение среднего значения

дополнительного момента M_{sm} , изменение среднего значения суммарного опрокидывающего и дополнительного моментов M_{upsm} , а также размаха суммарного опрокидывающего и дополнительного моментов $\Delta M_{ups} = M_{ups\max} - M_{ups\min}$ приведено на рис. 3 и 4.

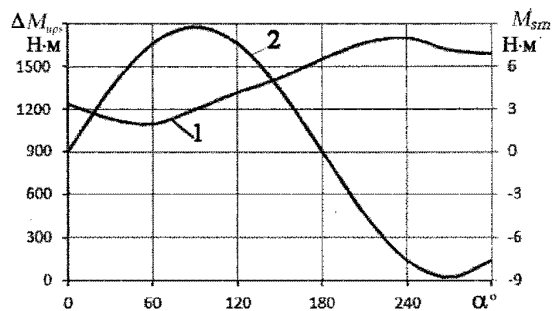


Рис. 3. Изменение размаха суммарного опрокидывающего и дополнительного моментов ΔM_{ups} (кривая 1) и среднего значения дополнительного момента M_s (кривая 2) в зависимости от угла α

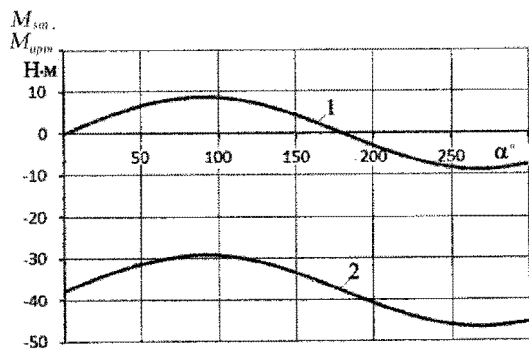


Рис. 4. Изменение среднего значения дополнительного момента M_{sm} (кривая 1) и среднего значения опрокидывающего и дополнительного момента M_{upsm} (кривая 2) в зависимости от угла α

Проанализируем полученные результаты. Как следует из рис. 1, при увеличении угла α размаха суммарного опрокидывающего и дополнительного моментов $\Delta M_{ups} = M_{ups\max} - M_{ups\min}$ увеличивается (кривая 1). При $\alpha = 240^\circ$ эта величина достигает максимального значения $\Delta M_{ups} = 1802$ Н·м. В дальнейшем рост его немного замедляется, но все равно остается достаточно большим. В то же время среднее значение дополнительного момента M_s (кривая 2) в зависимости от угла α при

$\alpha = 180^\circ$ меняет знак на отрицательный, тем самым усиливает величину опрокидывающего момента и размаха ΔM_{ups} . По сравнению с первым оценочным показателем можно значительно сузить изменения угла наклона α . Наиболее рациональным можно принять $30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$.

Показанные на рис. 3 графики: изменение среднего значения дополнительного момента M_{sm} (кривая 1) и среднего значения опрокидывающего и дополнительного момента M_{upsm} (кривая 2) в зависимости от угла α – показывают, что принятые нами ограничения угла α закономерны.

Среднее значение дополнительного момента M_{sm} при угле $\alpha \geq 180^\circ$ принимает отрицательное значение, тем самым увеличивает величину опрокидывающего момента.

Что касается изменения габаритных размеров двигателя при различных положениях дополнительного вала, то, как следует из рис. 1, при всех значениях $\alpha < 180^\circ$ в поперечном сечении габариты уменьшаются.

Заметим, что для уменьшения расстояния от оси вращения до центра масс противовесов обычно выполняют балансирные валы, средняя часть которых имеет проточку, как показано на рис. 5.

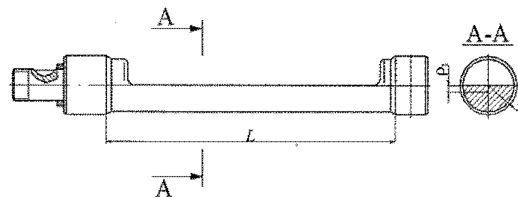


Рис. 5. Балансирный вал

При такой конструкции дополнительного вала значительно уменьшаются габариты двигателя. Такие валы использовались для уравнивания сил инерции первого порядка на двигателях ВАЗ-11113.

Выводы

На основе численного расчета сил инерции первого порядка для одноцилиндрового двигателя и их уравнивания с помощью дополнительного уравнивающего вала показано, что целесообразно располагать такой вал справа от оси коленчатого вала (по направлению вращения) так, чтобы угол наклона линии, соединяющей оси валов коленчатого и дополнительного $30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$.

Список литературы

1. Гоц А.Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей: учебное пособие. 3-е изд., испр. и доп. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. 384 с.
2. Луканин В.Н., Алексеев И.В., Хачиян А.С. Двигатели внутреннего сгорания. Кн. 2. Динамика и конструирование / Под ред. В.Н. Луканина. М.: Высшая школа, 2010. 368 с.
3. Гусаров В.В., Газиалиев С.В. Улучшение уравновешенности одноцилиндрового двигателя путем подбора положения его центра масс // Машиностроение и инженерное образование. 2012. № 3. С. 2–6.
4. Гусаров В.В. Динамика двигателей: уравновешивание поршневых двигателей: учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд. Юрайт, 2020. 131 с.
5. Газиалиев С.В. Разработка методов исследований и способов уравновешивания поршневых двигателей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2015. 21 с.
6. Хайдакин М.С. Классификация механизмов уравновешивания поршневых двигателей внутреннего сгорания // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2010. № 4. С. 38–43.
7. Автомобильный справочник / Под ред. В.В. Маслова. 3-е изд. М.: Изд. «За рулем ЗАО КЖИ», 2012. 1210 с.

УДК 004.052.2

АЛГОРИТМ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ОТВЕТА НА ЗАПРОС ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ СИСТЕМЫ ОПОЗНАВАНИЯ СПУТНИКА

Калмыков И.А., Чипига А.Ф., Калмыкова Н.И., Чистоусов Н.К.

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь,

e-mail: kia762@yandex.ru

Для организации связи с необслуживаемыми объектами, используемыми для добычи углеводородов, месторождения которых находятся за Полярным кругом, широко применяются низкоорбитальные системы спутниковой связи. Одним из решений, позволяющих повысить их информационную скрытность, является использование системы опознавания спутника. Применение протокола аутентификации, реализованного в полиномиальных модулярных кодах (ПМК), позволяет перед началом сеанса связи определить статус спутника при минимальных временных затратах. Данный результат достигается за счет параллельных вычислений, выполняемых с помощью ПМК. Однако полиномиальные модулярные коды способны осуществлять поиск и исправление ошибок. Данные ошибки могут появляться из-за отказов и сбоев вычислительных устройств системы опознавания. В классическом подходе для повышения отказоустойчивости в систему, функционирующую в ПМК, вводят дополнительные контрольные основания. Однако это может привести к снижению имитостойкости протокола, так как все остатки ПМК несут информацию о числе, которое представляется в этом коде. Поэтому необходимо разработать такой алгоритм поиска и коррекции ошибок в ПМК, в котором проверочные остатки представляли бы собой результат свертки, полученной с использованием информационных остатков. Цель работы – обеспечить возможность поиска и коррекции ошибок, возникающих при вычислении ответа на «вопрос» запросчика, на основе разработанного алгоритма.

Ключевые слова: система аутентификации спутника, полиномиальные модулярные коды, алгоритмы поиска и коррекции ошибок в модулярном коде

ALGORITHM FOR CORRECTING ERRORS THAT OCCUR WHEN CALCULATING THE RESPONSE TO A REQUEST FOR A FAULT-TOLERANT SATELLITE IDENTIFICATION SYSTEM

Kalmykov I.A., Chipiga A.F., Kalmykova N.I., Chistousov N.K.

North-Caucasian Federal University, Stavropol, e-mail: kia762@yandex.ru

Low-orbit satellite communication systems are widely used for organizing communications with non-maintenance facilities used for the production of hydrocarbons whose deposits are located beyond the Arctic Circle. One of the solutions to increase their information secrecy is the use of a satellite identification system. Using the authentication Protocol implemented in polynomial modular codes (PMC) allows you to determine the satellite status before starting a communication session with minimal time spent. This result is achieved by parallel calculations performed with the help of PMC. However, polynomial modular codes are capable of searching for and correcting errors. These errors may occur due to failures and failures of the identification system's computing devices. In the classic approach, additional control grounds are introduced into the system that functions in the PMK to increase fault tolerance. However, this can lead to a decrease in the Protocol's imitability, since all the remaining PMCs carry information about the number that is represented in this code. Therefore, it is necessary to develop an algorithm for searching and correcting errors in the PMK, in which the verification balances would be the result of a convolution, obtained using information balances. The purpose of this work is to provide the ability to search for and correct errors that occur when calculating the answer to the «question» of the requester, based on the developed algorithm.

Keywords: satellite authentication system, polynomial modular codes, algorithms for searching and correcting errors in the modular code

Освоение месторождений в районах прибрежной зоны Северного Ледовитого океана невозможно без использования низкоорбитальных систем спутниковой связи (НССС). Так как высота орбиты не превышает 1500 км, то для организации бесперебойной связи необходима группировка, в состав которой входит не менее 60 спутников [1, 2]. По мере увеличения числа НССС, используемых компаниями при освоении недр Крайнего Севера, возрастает вероятность навязывания перехваченной и задержанной команды, предназначенной для управления необслуживаемым объ-

ектом добычи углеводородов. В результате этого может возникнуть экологическая катастрофа.

Для предотвращения навязывания ретрансляционной помехи и повышения помехозащищенности НССС в работах [3, 4] предлагается развертывать на борту спутников систему опознавания «свой – чужой». При этом для уменьшения времени, необходимого на вычисление статуса спутника, в работах [5, 6] был разработан протокол аутентификации, который был выполнен с использованием полиномиальных модулярных кодов (ПМК). Известно,

что введение дополнительных оснований в ПМК позволяет проводить процедуры поиска и исправления ошибок, возникающих в процессе вычислений. Таким образом, использование ПМК позволит повысить отказоустойчивость системы опознавания, что является одной из наиболее важных задач. Однако применение известных алгоритмов обнаружения и коррекции ошибок в полиномиальных модулярных кодах может привести к снижению криптостойкости системы опознавания, так как контрольные остатки предоставляют дополнительную информацию о числе, представленном в ПМК. Поэтому разработка алгоритма поиска и коррекции ошибок в ПМК, в котором проверочные остатки представляли бы собой результат свертки, полученной с использованием информационных остатков, является актуальной задачей.

В основу работы системы опознавания спутника положен протокол аутентификации типа «запрос – ответ», обладающий нулевым разглашением сведений. В данном протоколе претендент с помощью ответа на поставленный вопрос должен доказать проверяющей стороне, что он относится к авторизованным абонентам. При этом его ответ должен зависеть как вопроса, так и от секретных сведений, которые известны только ему. Очевидно, что ошибки, которые могут возникнуть из-за отказа

оборудования ответчика, расположенного на борту спутника, приведут к искажению ответа. В результате этого проверяющая сторона воспримет спутник как «чужой» и не предоставит ему сеанс связи. Поэтому целью работы является обеспечение возможности коррекции ошибочного ответа на «вопрос» запросчика на основе разработанного алгоритма поиска и коррекции ошибок в ПМК.

Материалы и методы исследования

Полиномиальные модулярные коды относятся к группе непозиционных кодов [7, 8]. В таких кодах полином $Z(x)$, полученный из двоичного числа Z , заменяется кортежем остатков

$$Z(x) = (z_1(x), z_2(x), \dots, z_k(x)), \quad (1)$$

где $z_i(x) \equiv Z(x) \bmod p_i(x)$, $i = 1, 2, \dots, k$.

Из равенства (1) видно, что остатки получаются при делении многочлена $Z(x)$ на основания, в качестве которых выбраны неприводимые многочлены $p_i(x)$, которые определяют рабочий диапазон ПМК

$$P(x) = \prod_{i=1}^k p_i(x). \quad (2)$$

Использование ПМК позволяет эффективно выполнять модульные операции вида

$$|Z(x) + W(x)|_{P(x)}^+ = ((z_1(x) + w_1(x)) \bmod p_1(x), \dots, (z_k(x) \oplus w_k(x)) \bmod p_k(x)), \quad (3)$$

$$|Z(x) \cdot W(x)|_{P(x)}^+ = ((z_1(x) \cdot w_1(x)) \bmod p_1(x), \dots, (z_k(x) \cdot w_k(x)) \bmod p_k(x)), \quad (4)$$

где $w_i(x) \equiv W(x) \bmod p_i(x)$; $i = 1, 2, \dots, k$.

В работе [6] представлен протокол аутентификации с нулевым разглашением, который реализуется на основе ПМК. На его предварительном этапе определяются порождающий элемент $g = x$, значения секретного ключа спутника K , сеансового ключа для j -го сеанса $S(j)$, дополнительного параметра проверки $T(j)$, из условия

$$\log_2 \{K, S(j), T(j)\} < \deg P(x), \quad (5)$$

где $\deg P(x)$ – степень многочлена $P(x)$, определяемого равенством (2).

Учитывая разрядность оснований ПМК, выбираются блоки $K_i = \deg p_i(x)$, $S_i^j = \deg p_i(x)$, $T_i^j = \deg p_i(x)$, где $i = 1, 2, \dots, k$. Это позволяет получить следующие результаты

$$K = (K_1 \parallel K_2 \parallel \dots \parallel K_k), \quad S^j = (S_1^j \parallel S_2^j \parallel \dots \parallel S_k^j), \quad T^j = (T_1^j \parallel T_2^j \parallel \dots \parallel T_k^j), \quad (6)$$

На первом этапе протокола ответчиком производится вычисление истинного статуса

$$C^j(x) = \left(\left| g(x)^{K_1} g(x)^{S_1^j} g(x)^{T_1^j} \right|_{p_1(x)}^+, \dots, \left| g(x)^{K_k} g(x)^{S_k^j} g(x)^{T_k^j} \right|_{p_k(x)}^+ \right). \quad (7)$$

На втором этапе ответчиком производится определение «зашумленных» параметров. На основе сгенерированных чисел $\{\Delta K_i, \Delta S_i^j, \Delta T_i^j\} < L$, где $L = 2^{\deg p_i(x)} - 1$, получаются

$$\tilde{K}_i^j = |K_i + \Delta K_i^j|_L^+, \tilde{S}_i^j = |S_i^j + \Delta S_i^j|_L^+, \tilde{T}_i^j = |T_i^j + \Delta T_i^j|_L^+. \quad (8)$$

На третьем этапе ответчик получает значение «зашумленного» статуса борта

$$\tilde{C}^j(x) = \left(\left| g(x)^{\tilde{K}_1^j} g(x)^{\tilde{S}_1^j} g(x)^{\tilde{T}_1^j} \right|_{p_1(x)}^+, \dots, \left| g(x)^{\tilde{K}_k^j} g(x)^{\tilde{S}_k^j} g(x)^{\tilde{T}_k^j} \right|_{p_k(x)}^+ \right). \quad (9)$$

На четвертом этапе запросчик генерирует случайное число-вопрос $d^j = (d_1^j, d_2^j, \dots, d_k^j)$, где $d_i^j \equiv d^j \bmod L$, $L = 2^{\deg p_i(x)} - 1$, $i = 1, 2, \dots, k$, которое передается на борт спутника.

На пятом этапе ответчик, используя выражения (3) и (4), вычисляет ответы на вопрос

$$r_i^1(j) = |\tilde{K}_i^j - d_i^j - K_i^j|_L^+, r_i^2(j) = |\tilde{S}_i^j - d_i^j - S_i^j|_L^+, r_i^3(j) = |\tilde{T}_i^j - d_i^j - T_i^j|_L^+. \quad (10)$$

Тогда ответный сигнал спутника имеет вид

$$\{(C_1^j(x), \dots, C_k^j(x)), (\tilde{C}_1^j(x), \dots, \tilde{C}_k^j(x)), (r_1^1, \dots, r_k^1), (r_1^2, \dots, r_k^2), (r_1^3, \dots, r_k^3)\}.$$

На шестом этапе процесса аутентификации запросчик проверяет ответы

$$Y_i^j(x) = \left| C_i^j(x) g(x)^{r_i^1} g(x)^{r_i^2} g(x)^{r_i^3} g^{3d_i} \right|_{p_i(x)}^+. \quad (11)$$

Космический аппарат получит статус «свой», при выполнении выражения

$$\{Y_1^j(x) = \tilde{C}_1^j(x), Y_2^j(x) = \tilde{C}_2^j(x), \dots, Y_k^j(x) = \tilde{C}_k^j(x)\}.$$

Очевидно, что аутентификация спутника в первую очередь зависит от правильности ответов на вопросы запросчика, которые вычисляются на борту спутника. В рассмотренном протоколе ответы $r_i^1(j), r_i^2(j), r_i^3(j)$ вычисляются по одному модулю $L = 2^{\deg p_i(x)} - 1$. Значит, классические алгоритмы поиска и коррекции ошибок в модулярных кодах применять нельзя. Устранить данный недостаток позволяет разработанный алгоритм взвешенной свертки кода, в котором для коррекции ошибки в одном остатке вычисляются два контрольных остатка

$$r_{k+1}(j) = \sum_{i=1}^k r_i(j) \bmod 2_i^{\deg p_i(x)} - 1, \\ r_{k+2}(j) = \sum_{i=1}^k 2^{i-1} r_i(j) \bmod 2_i^{\deg p_i(x)} - 1, \quad (12)$$

где $R(j) = (r_1(j), r_2(j), \dots, r_k(j))$, – ответ на j -й вопрос.

Результаты исследования и их обсуждение

Пусть в ПМК выбраны модули $p_1(x) = x^5 + x^4 + x^3 + x + 1$, $p_2(x) = x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$, $p_3(x) = x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$. Тогда диапазон $P(x) = \prod_{i=1}^3 p_i(x) = x^{15} + x^{11} + x^{10} + x^2 + 1$. Из условия (5) выбираем секретный ключ $K = 31063$, параметры $S = 12002$, $T = 24001$. Воспользуемся выражением (6) и представим их в двоичном коде, который разобьем на блоки по 5 бит.

$$K = 31063 = 111100101010111_2 = 11110 \ 01010 \ 10111 = 30_{10} \parallel 10_{10} \parallel 23_{10} = K_1 \parallel K_2 \parallel K_3.$$

$$S = 12002 = 010 \ 1110 \ 1110 \ 0010_2 = 01011 \ 10111 \ 00010 = 11_{10} \parallel 23_{10} \parallel 2_{10} = S_1 \parallel S_2 \parallel S_3.$$

$$T = 24001 = 101 \ 1101 \ 1100 \ 0001_2 = 10111 \ 01110 \ 00001 = 23_{10} \parallel 14_{10} \parallel 1_{10} = T_1 \parallel T_2 \parallel T_3.$$

1. Определение истинного статуса космического аппарата согласно (7)

$$C_1^j(x) = \left| g(x)^{K_1} g(x)^{S_1^j} g(x)^{T_1^j} \right|_{p_1(x)}^+ = \left| x^{30} \cdot x^{11} \cdot x^{23} \right|_{p_1(x)}^+ = \left| x^2 \right|_{p_1(x)}^+ = 00100 = 4,$$

$$C_2^j(x) = \left| x^{10} \cdot x^{23} \cdot x^{14} \right|_{p_2(x)}^+ = \left| x^{16} \right|_{p_2(x)}^+ = 01011 = 11,$$

$$C_3^j(x) = \left| x^{23} \cdot x^2 \cdot x^1 \right|_{p_3(x)}^+ = \left| x^{26} \right|_{p_3(x)}^+ = 10100 = 20.$$

2. Для определения «зашумленных» параметров воспользуемся равенствами (8). Тогда при выбранных $\Delta K = 3332$, $\Delta S = 10353$, $\Delta T = 2441$ получаем

$$\tilde{K}^j = \left(\left| 30 + 3 \right|_{31}^+ \parallel \left| 10 + 8 \right|_{31}^+ \parallel \left| 23 + 4 \right|_{31}^+ \right) = (2 \parallel 18 \parallel 27) = (\tilde{K}_1 \parallel \tilde{K}_2 \parallel \tilde{K}_3),$$

$$\tilde{S}^j = \left(\left| 11 + 10 \right|_{31}^+ \parallel \left| 23 + 3 \right|_{31}^+ \parallel \left| 17 + 2 \right|_{31}^+ \right) = (21 \parallel 26 \parallel 19) = (\tilde{S}_1 \parallel \tilde{S}_2 \parallel \tilde{S}_3),$$

$$\tilde{T}^j = \left(\left| 23 + 2 \right|_{31}^+ \parallel \left| 14 + 12 \right|_{31}^+ \parallel \left| 1 + 9 \right|_{31}^+ \right) = (25 \parallel 26 \parallel 10) = (\tilde{T}_1 \parallel \tilde{T}_2 \parallel \tilde{T}_3).$$

3. Определение «зашумленного» статуса космического аппарата согласно (9)

$$\tilde{C}_1^j(x) = \left| g(x)^{\tilde{K}_1} g(x)^{\tilde{S}_1^j} g(x)^{\tilde{T}_1^j} \right|_{p_1(x)}^+ = \left| x^2 \cdot x^{21} \cdot x^{25} \right|_{p_1(x)}^+ = \left| x^{17} \right|_{p_1(x)}^+ = 01011_2 = 11,$$

$$\tilde{C}_2^j(x) = \left| x^{18} \cdot x^{26} \cdot x^{26} \right|_{p_2(x)}^+ = \left| x^8 \right|_{p_2(x)}^+ = 11100 = 28,$$

$$\tilde{C}_3^j(x) = \left| x^{27} \cdot x^{19} \cdot x^{10} \right|_{p_3(x)}^+ = \left| x^{25} \right|_{p_3(x)}^+ = 01010 = 10.$$

4. Запросчик передает число-вопрос $d^j = 00111 \parallel 00100 \parallel 10110 = 7 \parallel 4 \parallel 22$.

5. Ответчик определяет ответы на поставленный вопрос, используя выражения (10). Тогда для первого модуля имеем

$$r_1^1(j) = \left| \tilde{K}_1^j - d_1^j - K_1 \right|_{31}^+ = 27, \quad r_1^2(j) = \left| 21 - 7 - 11 \right|_{31}^+ = 3, \quad r_1^3(j) = \left| 25 - 7 - 23 \right|_{31}^+ = 26.$$

Для второго основания ответы на вопрос будут определяться как

$$r_2^1(j) = \left| \tilde{K}_2^j - d_2^j - K_2 \right|_{31}^+ = 4, \quad r_2^2(j) = \left| 26 - 4 - 23 \right|_{31}^+ = 30, \quad r_2^3(j) = \left| 26 - 4 - 14 \right|_{31}^+ = 8.$$

Для третьего основания ответы на вопрос будут определяться как

$$r_3^1(j) = \left| \tilde{K}_3^j - d_3^j - K_3 \right|_{31}^+ = 13, \quad r_3^2(j) = \left| 19 - 22 - 2 \right|_{31}^+ = 26, \quad r_3^3(j) = \left| 10 - 22 - 1 \right|_{31}^+ = 18.$$

Ответчик осуществляет передачу двух статусов и ответов представленных ПМК.

6. Запросчик, используя выражение (11), определяет статус спутника

$$Y_1^j(x) = \left| x^2 \cdot x^{27} \cdot x^3 \cdot x^{26} \cdot x^{7 \cdot 3} \right|_{p_1(x)}^+ = \left| x^{17} \right|_{p_1(x)}^+ = 01011,$$

$$Y_2^j(x) = \left| (x^3 + x + 1)x^4 x^{30} x^8 x^{12} \right|_{p_2(x)}^+ = 11100, \quad Y_3^j(x) = \left| (x^4 + x^2)x^{17} x^6 x^{19} x^{66} \right|_{p_3(x)}^+ = 01010.$$

Так как $\{ Y_i^j(x) = \tilde{C}_i^j(x) \}$, то спутник получает статус «свой».

Рассмотрим реализацию алгоритма коррекции ошибок, определяемого равенствами (12). Для этого вычислим два контрольных остатка вопроса $d^j = (7, 4, 22)$. Получаем

$$d_4^j = \left| \sum_{i=1}^3 d_i^j \right|_{31}^+ = |7 + 4 + 22|_{31}^+ = 2, d_5^j = \left| \sum_{i=1}^3 2^{i-1} d_i^j \right|_{31}^+ = |7 + 2 \cdot 4 + 4 \cdot 22|_{31}^+ = 10.$$

Вычислим два контрольных остатка для секретного ключа $K_j = (30, 10, 23)$. Получаем

$$K_4^j = \left| \sum_{i=1}^3 K_i^j \right|_{31}^+ = |30 + 10 + 23|_{31}^+ = 1, K_5^j = \left| \sum_{i=1}^3 2^{i-1} K_i^j \right|_{31}^+ = |20 + 2 \cdot 10 + 4 \cdot 23|_{31}^+ = 18.$$

Вычислим два контрольных остатка для параметра $S^j = (11, 23, 2)$. Получаем

$$S_4^j = \left| \sum_{i=1}^3 S_i^j \right|_{31}^+ = |11 + 23 + 2|_{31}^+ = 5, S_5^j = \left| \sum_{i=1}^3 2^{i-1} S_i^j \right|_{31}^+ = |11 + 2 \cdot 23 + 4 \cdot 2|_{31}^+ = 3.$$

Вычислим два контрольных остатка для $T^j = (23, 14, 1)$. Получаем

$$T_4^j = \left| \sum_{i=1}^3 T_i^j \right|_{31}^+ = |23 + 14 + 1|_{31}^+ = 7, T_5^j = \left| \sum_{i=1}^3 2^{i-1} T_i^j \right|_{31}^+ = |23 + 2 \cdot 14 + 4 \cdot 1|_{31}^+ = 24.$$

Аналогичным образом получаем

$$\tilde{K}^j = (2, 18, 27, 16, 22), \tilde{S}^j = (21, 26, 19, 6, 27), \tilde{T}^j = (25, 26, 10, 30, 24).$$

Тогда получаем значения ответов на вопрос $d^j = (7, 4, 22, 2, 10)$.

$$r^1(j) = \left| \tilde{K}^j - d^j - K^j \right|_L^+ = (2, 18, 27, 16, 22) - (7, 4, 22, 12, 10) - (30, 10, 23, 1, 18) = (27, 14, 13, 13, 25).$$

$$r^2(j) = \left| \tilde{S}^j - d^j - S^j \right|_{31}^+ = (5, 30, 26, 30, 14), r^3(j) = \left| \tilde{T}^j - d^j - T^j \right|_{31}^+ = (26, 8, 18, 21, 21).$$

Вычислим контрольные остатки по значениям информационных вычетов. Тогда

$$\ddot{r}_4^1(j) = |27 + 14 + 13|_{31}^+ = 13, \ddot{r}_5^1(j) = \left| \sum_{i=1}^3 2^{i-1} d_i^j \right|_{31}^+ = |27 + 2 \cdot 14 + 4 \cdot 13|_{31}^+ = 25.$$

$$\ddot{r}_4^2(j) = |5 + 30 + 26|_{31}^+ = 30, \ddot{r}_5^2(j) = \left| \sum_{i=1}^3 2^{i-1} d_i^j \right|_{31}^+ = |5 + 2 \cdot 30 + 4 \cdot 26|_{31}^+ = 14.$$

$$\ddot{r}_4^3(j) = |26 + 8 + 18|_{31}^+ = 21, \ddot{r}_5^3(j) = \left| \sum_{i=1}^3 2^{i-1} d_i^j \right|_{31}^+ = |26 + 2 \cdot 8 + 4 \cdot 18|_{31}^+ = 21.$$

В этом случае получаем синдром ошибки

$$\sigma_4^1(j) = \left| r_4^1(j) - \ddot{r}_4^1(j) \right|_{31}^+ = |13 - 13|_{31}^+ = 0, \sigma_5^1(j) = \left| r_5^1(j) - \ddot{r}_5^1(j) \right|_{31}^+ = |25 - 25|_{31}^+ = 0.$$

$$\sigma_4^2(j) = \left| r_4^2(j) - \ddot{r}_4^2(j) \right|_{31}^+ = |30 - 30|_{31}^+ = 0, \sigma_5^2(j) = \left| r_5^2(j) - \ddot{r}_5^2(j) \right|_{31}^+ = |14 - 14|_{31}^+ = 0.$$

$$\sigma_4^3(j) = \left| r_4^3(j) - \ddot{r}_4^3(j) \right|_{31}^+ = |21 - 21|_{31}^+ = 0, \sigma_5^3(j) = \left| r_5^3(j) - \ddot{r}_5^3(j) \right|_{31}^+ = |21 - 21|_{31}^+ = 0.$$

Так как синдром ошибки равен нулю, то это означает, что ответы не содержат ошибку. Пусть ошибка глубиной $\Delta K_1^j = 29$ произошла при считывании зашумленного образа ключа. Значит, ошибочный остаток равен $K_1^j = |K_1^j + \Delta K_1^j|_{31}^+ = |30 + 29|_{31}^+ = 28^*$. Тогда

$$\hat{r}^1(j) = (2, 18, 27, 16, 22) - (7, 4, 22, 12, 10) - (28^*, 10, 23, 1, 18) = (25^*, 14, 13, 13, 25).$$

Вычислим контрольные остатки по значениям информационных вычетов. Тогда

$$\ddot{r}_4^1(j) = |25 + 14 + 13|_{31}^+ = 11, \ddot{r}_5^1(j) = \left| \sum_{i=1}^3 2^{i-1} d_i^j \right|_{31}^+ = |25 + 2 \cdot 14 + 4 \cdot 13|_{31}^+ = 23.$$

Тогда синдром ошибки для первого ответа равен

$$\sigma_4^1(j) = |\hat{r}_4^1(j) - \ddot{r}_4^1(j)|_{31}^+ = |13 - 11|_{31}^+ = 2, \sigma_5^1(j) = |\hat{r}_5^1(j) - \ddot{r}_5^1(j)|_{31}^+ = |25 - 23|_{31}^+ = 2.$$

Так как синдромы ошибки совпали, то это свидетельствует о том, что ошибка произошла в первом остатке, а ее вектор $\bar{e}(j) = (29, 0, 0, 0, 0)$. Тогда получаем

$$r^1(j) = \hat{r}^1(j) - \bar{e}(j) = (25^*, 14, 13, 13, 25) - (29, 0, 0, 0, 0) = (27, 14, 13, 13, 25).$$

Ошибка исправлена.

Представленный в статье алгоритм позволяет корректировать ошибки в коде, состоящем из остатков по одному модулю. При этом для реализации приведенного примера кроме шести LUT-таблиц, реализующих вычисление ответа, потребуется дополнительно ввести 4 LUT-таблицы для вычисления двух контрольных остатков, две LUT-таблицы для вычисления синдрома ошибки и одну LUT-таблицу для хранения вектора ошибки. При использовании метода троированного резервирования потребуется 18 LUT-таблиц, реализующих вычисление ответа. Таким образом, разработанный алгоритм требует в 1,38 раза меньше схемных затрат, чем при использовании метода коррекции ошибок «2 из 3».

Выводы

В статье рассмотрен метод построения системы опознавания космического аппарата для низкоорбитальной группировки спутников, использующий полиномиальные модулярные коды. Показана актуальность коррекции искаженных ответов на вопросы запросчика, которые могут возникнуть из-за отказа оборудования ответчика, расположенного на борту. Для решения данной задачи был разработан алгоритм коррекции ошибок на основе свертки информационных остатков. Представленный пример показал эффективность разработанного алгоритма для кода, в котором все остатки получены по одному модулю,

по обнаружению и коррекции однократной ошибки. При этом разработанный алгоритм при использовании трех информационных оснований ПМК требует в 1,38 раза меньше схемных затрат чем метод коррекции ошибок «2 из 3».

Список литературы

1. Анпилогов В.Р. Эффективность низкоорбитальных систем спутниковой связи на основе малых космических аппаратов // Технологии и средства связи. 2015. № 4. С. 62–67.
2. Кукк К.И. Спутниковая связь: прошлое, настоящее, будущее. М.: Горячая линия – Телеком, 2017. 256 с.
3. Пашинцев В.П., Калмыков М.И., Вельц О.В. Методы защиты передаваемой информации для системы удаленного контроля и управления высокотехнологическими объектами // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2014. № 2. С. 30–35.
4. Pashintsev V.P., Kalmykov I.A., Zhuk A.P., Kalmykov M.I., Rezenkov D.N. Application of spoof resistant authentication protocol of spacecraft in low earth orbit systems of satellite communication. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9. Issue 5. P. 958–965.
5. Степанова Е.П., Чистоусов Н.К., Тынчеров К.Т. Метод построения системы аутентификации спутника для низкоорбитальной системы спутниковой связи на основе целочисленных алгебраических структур полей Галуа // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 7. С. 35–40.
6. Kalmykov I.A., Pashintsev V.P., Zhuk A.P., Chistousov N.K., Olenov A.A. Development of Satellite Authentication System for Low Earth Orbit Satellite Communication System on the Basis of Polynomial Residue Number System. International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Vol. 8. Issue 5. P. 2557–2562.
7. Omondi A., Premkumar B. Residue Number Systems: Theory and Implementation. Imperial College Press. UK, 2016. 293 p.
8. Червяков Н.И., Коляда А.А., Ляхов П.А. Модулярная арифметика и ее приложения в инфокоммуникационных технологиях. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. 400 с.

УДК 621.91.01

МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ ПО КРИТЕРИЮ НАИБОЛЬШЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Карпов А.В.

*Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Муром, e-mail: krash75@mail.ru*

Статья продолжает цикл работ автора, в которых предлагается и исследуется безразмерный энергетический критерий эффективности стружкообразования. Новый критерий может быть применён для создания или совершенствования технологических процессов обработки резанием в условиях автоматизированных машиностроительных производств. Предложенный показатель представляет собой энергетический КПД стружкообразования, поскольку относит удельную энергоёмкость материала заготовки, характеризующую его обрабатываемость, к суммарной удельной энергоёмкости резания, определяемой конкретными условиями осуществления обработки (параметрами инструмента, размерами срезаемого слоя, режимом резания). Существенное влияние на величину показателя энергетической эффективности оказывает мощность, развиваемая в зоне стружкообразования, а также закономерность её изменения во времени, обусловленная геометрическими и кинематическими особенностями конкретного вида обработки. Учёт фактора неустойчивости мощности осуществлён с помощью типовых схем её периодического изменения во времени и соответствующих им коэффициентов аппроксимации, позволяющих рассчитать работу инструмента за каждый цикл изменения мощности. На примере операций продольного и поперечного точения, цилиндрического фрезерования и разрезания заготовок дисковыми пилами получены теоретико-эмпирические выражения для расчёта величины предложенного показателя энергетической эффективности через управляемые (задаваемые) и управляемые (оптимизируемые) факторы процесса резания. Использование нового показателя энергетической эффективности в качестве критерия эффективности позволило разработать обобщённую модель параметрической оптимизации механической обработки как комплекс входных, управляющих и выходных технологических параметров каждого рабочего хода инструмента.

Ключевые слова: оптимизация, критерий оптимизации, точение, фрезерование, режимы резания, удельная энергоёмкость, энергетическая эффективность стружкообразования

MODEL FOR PARAMETRIC OPTIMIZATION OF CUTTING OPERATIONS BASED ON THE HIGHEST ENERGY EFFICIENCY CRITERION

Karpov A.V.

*The Murom Institute (branch) of the Federal state budgetary educational institution of higher education
«The Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs»,
Murom, e-mail: krash75@mail.ru*

This article continues the cycle of the author's works, in which a dimensionless energy criterion for the efficiency of chip formation is proposed and studied. The new criterion can be applied to create or improve cutting processes in automated machine-building industries. The proposed indicator represents the energy efficiency of chip formation, since it relates the specific energy intensity of the workpiece material, which characterizes its workability, to the total specific energy intensity of cutting, determined by processing conditions (tool parameters, size of the cut layer, cutting parameters). A significant influence on the value of the energy efficiency indicator is provided by the power developed in the chip formation zone, as well as the regularity of its change over time, due to the geometric and kinematic features of a particular type of processing. The factor of power instability is taken into account using typical schemes of its periodic change over time and corresponding approximation coefficients, which allow calculating the cutting power consumption for each cycle of power change. On the example of longitudinal and transverse turning, cylindrical milling and cutting of blanks with circular mills, theoretical and empirical expressions are obtained for calculating the value of the proposed energy efficiency indicator through unmanaged and controlled cutting parameters. The use of a new energy efficiency indicator as an optimization criterion allowed us to develop a generalized model of parametric optimization of machining as a set of input, control and output technological parameters for each working stroke of the tool.

Keywords: optimization, optimization criterion, turning, milling, cutting parameters, specific energy intensity, energy efficiency of chip formation

С использованием термодинамических закономерностей пластической деформации и разрушения твёрдых материалов в [1] нами предложен и проанализирован безразмерный показатель K , позволяющий количественно оценивать энергетическую эффективность рабочего хода режущего

инструмента – базового элемента технологического перехода, технологической операции, технологического процесса обработки заготовок деталей машин резанием. Показатель K записан в виде отношения удельной энергоёмкости обрабатываемого материала Δw , Дж/мм³, к удельной энерго-

ёмкости (удельной работе) резания e , Дж/мм³, и выражает, таким образом, энергетический КПД стружкообразования:

$$K = \frac{\Delta w}{e}. \quad (1)$$

Удельная энергоёмкость материала Δw обобщённо характеризует его обрабатываемость [2] и определяется комплексом физико-механических и теплофизических свойств. Значение Δw было предложено определять в зависимости от механизма разрушения сплошности срезаемого слоя (пластическое, квазихрупкое, хрупкое), рода преобладающих напряжений в зоне резания, типа стружки и назначения технологического воздействия (черновое, получистовое, чистовое).

Удельная работа резания e характеризует конкретные условия, в которых осуществляется стружкообразование, и, помимо свойств материала, зависит от вида обработки, параметров срезаемого слоя, материала и геометрии режущей части инструмента, элементов режима резания и других технологических факторов (управляемых и неуправляемых). В общем случае величина e соответствует отношению работы $A_{\text{рез}}$, совершённой режущим инструментом за время рабочего хода T_o , к объёму V срезаемого слоя, превращенного в стружку:

$$e = \frac{A_{\text{рез}}}{V} = \frac{N}{\Pi}, \quad (2)$$

где N – мощность, развиваемая в зоне резания; Π – производительность стружкообразования (минутный съём стружки).

Достоинство показателя удельной энергоёмкости состоит в наличии его устойчивой корреляции с большим количеством неуправляемых и управляемых параметров, описывающих рабочий ход инструмента. За рубежом при аттестации производственных процессов часто используют схожий критерий – съём металла на единицу мощности [3].

Выбор, назначение или расчёт величины управляемых технологических параметров (при заданных значениях неуправляемых) есть актуальная производственная задача при планировании, осуществлении и совершенствовании механической обработки заготовок на машиностроительных предприятиях. Для её решения могут и должны применяться оптимизационные алгоритмы и методики [4].

Цель исследования: разработать методику оптимизации технологических процессов обработки резанием на иерархическом уровне «рабочий ход» с использованием критерия наибольшей энергетической эффективно-

сти стружкообразования $K \rightarrow 1$ (на примере операций точения и фрезерования).

Материалы и методы исследования

Определение показателя энергетической эффективности стружкообразования с учётом нестабильности мощности резания во время рабочего хода

Встречающееся в известных исследованиях [3] выражение (2) позволяет рассчитать величину удельной работы резания e при условии постоянства мощности N и производительности Π в течение времени рабочего хода инструмента T_o , что справедливо лишь для стационарного характера обработки и на практике встречается редко. В общем случае будем исходить из того, что значение мощности N при различных видах и параметрах обработки может либо оставаться условно постоянным ($N = \text{const}$), либо однократно или периодически меняться по некоторой функциональной зависимости $N = N(T)$.

Колебания мощности резания обусловлены, в первую очередь, закономерными изменениями геометрических и кинематических характеристик обработки во время работы инструмента. Например, при поперечном точении и отрезке резцом меняются мгновенные значения диаметра обработанной поверхности и скорости резания; при фрезеровании является переменной толщина срезаемого слоя, приходящаяся на зуб фрезы; при разрезании круглого проката дисковой пилой меняется периметр торцового перекрытия инструмента с заготовкой и число зубьев пилы, участвующих в резании. Кроме объективных причин, вызванных геометрией и кинематикой обработки, на непостоянство мощности резания влияют и случайные факторы: неравномерность физико-механических свойств (в первую очередь, поверхностной твёрдости) материала по длине срезаемого слоя; колебания чернового припуска на отливках и поковках; погрешность установки и закрепления инструмента и т.п. В силу тех же объективных и субъективных причин не остаётся постоянной и величина производительности (минутного съёма стружки) Π .

Если обозначить через n_u число повторяющихся циклов изменения мощности $N = N(T)$ за время рабочего хода T_o , и через A_u – работу стружкообразования за время T_u одного цикла изменения мощности, то выражения (2) и (1) приобретают развёрнутый вид:

$$e = \frac{n_u \cdot A_u}{V} = \frac{n_u \cdot \int_0^{T_u} N(T) dT}{V}, \quad (3)$$

$$K = \frac{\Delta w}{e} = \frac{\Delta w \cdot V}{n_{\text{ц}} \cdot A_{\text{ц}}} = \frac{\Delta w \cdot V}{n_{\text{ц}} \cdot \int_0^{T_{\text{ц}}} N(T) dT}. \quad (4)$$

Суммарное время рабочего хода T_0 может быть разбито на циклы изменения мощности в зоне резания: $T = n \cdot T_{\text{ц}}$. Подынтегральное выражение в (3), (4) представляет собой работу резания $A_{\text{ц}}$ за каждый такой цикл. Для его раскрытия многообразие реальных закономерностей изменения мощности $N = N(T)$, присущих различным видам и условиям обработки резанием, нами приведено к четырём наиболее показательным (типовым) схемам [2]:

– *типовая схема 1*: стационарный режим, при котором мощность резания остаётся условно постоянной в течение всего времени рабочего хода инструмента ($N = N_{\text{max}} = \text{const}$);

– *типовая схема 2*: мощность в пределах цикла своего изменения постепенно возрастает до максимального значения N_{max} , а затем резко убывает;

– *типовая схема 3*: мощность в пределах цикла своего изменения резко возрастает до N_{max} , а затем постепенно убывает;

– *типовая схема 4*: мощность в пределах цикла своего изменения меняется по параболическому закону, постепенно возрастающая от нуля до N_{max} , а затем постепенно убывая до нуля.

Первая типовая схема свойственна наружному и внутреннему продольному точению, сверлению, протягиванию, продольному строганию и другим операциям, при которых колебания значений геометрических и кинематических параметров и, как следствие, мощности резания не значительны. Вторая и третья схемы встречаются соответственно при встречном и попутном фрезеровании применительно к каждому зубу фрезы, а также при поперечном точении и подрезке торцовых поверхностей заготовок резцами. Четвёртая схема присуща, в частности, операции разрезания круглого проката дисковой пилой на фрезерно-отрезных полуавтоматах, а также при обработке плоскостей и пазов на поперечно-строгальных станках с кулисным приводом.

Каждую типовую схему будем характеризовать коэффициентом аппроксимации k_N , величина которого определяется таким образом, чтобы произведение $k_N \cdot N_{\text{max}} \cdot T_{\text{ц}}$ численно соответствовало площади под кривой $N = N(T)$ рассматриваемой типовой схемы, т.е. величине работы резания $A_{\text{ц}}$ за один цикл изменения мощности. Для представленных выше типовых схем 1; 2 и 3; 4 зна-

чение коэффициента аппроксимации соответственно равно $k_N = 1; 1/2; 2/3$.

Введение типовых схем $N = N(T)$ и коэффициентов их аппроксимации k_N позволяет раскрыть подынтегральное выражение в (3), (4) и определять коэффициент энергетической эффективности стружкообразования следующим образом:

$$K = \frac{\Delta w \cdot V}{n_{\text{ц}} \cdot \int_0^{T_{\text{ц}}} N(T) dT} = \frac{\Delta w \cdot V}{n_{\text{ц}} \cdot k_N \cdot N_{\text{max}} \cdot T_{\text{ц}}} = \frac{\Delta w \cdot \Pi}{k_N \cdot N_{\text{max}}}. \quad (5)$$

Следует отметить, что значение N_{max} можно достаточно точно находить аналитически или эмпирически, а также измерять и контролировать непосредственно во время каждого рабочего хода при осуществлении технологического процесса обработки заготовки на металлорежущем станке.

Теоретико-эмпирические выражения показателя энергетической эффективности при точении и фрезеровании

На основе различных методик аналитического расчёта удельной энергоёмкости материалов [1], касательных и нормальных напряжений в зоне резания [3; 5], зависимостей силовых показателей (тангенциальной силы, крутящего момента, мощности) от параметров инструмента, срезаемого слоя и элементов режима резания [6] были получены теоретико-эмпирические выражения показателя K для операций получения точения и фрезерования некоторых групп конструкционных материалов, расчёты по которым демонстрируют хорошее совпадение с экспериментальными результатами (табл. 1, 2).

Наибольшее влияние на величину показателя K оказывают: 1) физико-механические свойства обрабатываемого материала (временное сопротивление σ_b , МПа, модуль упругости E , МПа, твёрдость HB , относительное равномерное поперечное сужение ψ_b , относительное удлинение δ); 2) вид инструментального материала и геометрия режущего лезвия (коэффициенты $k_{\text{фр}}$, $k_{\text{гр}}$, $k_{\text{рп}}$ [6]); 3) диаметр заготовки D (при точении), $d_{\text{заг}}$ (при разрезании) или инструмента D (при фрезеровании), мм; 4) подача на оборот s , мм/об (при точении) или минутная подача $s_{\text{м}}$, мм/мин (при фрезеровании); 5) глубина резания t , мм; 6) частота вращения шпинделя n , мин⁻¹; 7) число зубьев фрезы z ; 8) ширина фрезерования B , мм.

Таблица 1

Теоретико-эмпирические выражения показателя K при точении

Операция (вид обработки резанием)	Инструменталь- ный материал	Обрабатываемый материал	Расчётное выражение показателя K
Точение продольное	Твёрдый сплав Sandvik GC4225	Конструкционная сталь (ISO-P, СМС 01.1 – 01.3)	$K \approx \frac{2,2 \cdot 10^{-2}}{k_{\phi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{rp}} \cdot \frac{\sigma_b^{0,25}}{1 - 1,7 \psi_b} \cdot \frac{s^{0,25} \cdot n^{0,15} \cdot (D - t)}{D^{0,85}}$
	Твёрдый сплав BK6	Серый чугун (ISO-K, СМС 08.1)	$K \approx \frac{1,14 \cdot 10^{-2}}{k_{\phi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{rp}} \cdot \frac{\sigma_b^2}{E \cdot HB^{0,4}} \cdot s^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{t}{D}\right)$
		Ковкий чугун (ISO-K, СМС 07.2)	$K \approx \frac{1,17 \cdot 10^{-2}}{k_{\phi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{rp}} \cdot \frac{\sigma_b \cdot \delta}{HB^{0,4}} \cdot s^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{t}{D}\right)$
Точение поперечное (торцовое)	Твёрдый сплав Sandvik GC4225	Конструкционная сталь (ISO-P, СМС 01.1 – 01.3)	$K \approx \frac{2,2 \cdot 10^{-2}}{k_{\phi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{rp}} \cdot \frac{\sigma_b^{0,25}}{1 - 1,7 \psi_b} \cdot (D n)^{0,15} \cdot s^{0,25}$
	Твёрдый сплав BK6	Серый чугун (ISO-K, СМС 08.1)	$K \approx \frac{1,14 \cdot 10^{-2}}{k_{\phi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{rp}} \cdot \frac{\sigma_b^2}{E \cdot HB^{0,4}} \cdot s^{0,25}$
		Ковкий чугун (ISO-K, СМС 07.2)	$K \approx \frac{1,17 \cdot 10^{-2}}{k_{\phi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{rp}} \cdot \frac{\sigma_b \cdot \delta}{HB^{0,4}} \cdot s^{0,25}$

Таблица 2

Теоретико-эмпирические выражения показателя K при фрезеровании

Операция (вид обработки резанием)	Инструменталь- ный материал	Обрабатываемый материал	Расчётное выражение показателя K
Фрезерование цилиндрическое	Быстрорежущая сталь P6M5	Конструкционная сталь (ISO-P, СМС 01.1 – 01.2)	$K \approx 3,15 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sigma_b^{0,25}}{1 - 1,7 \psi_b} \cdot \frac{t^{0,14} \cdot s_m^{0,28}}{D^{0,14} \cdot z^{0,28} \cdot n^{0,28}}$
		Серый чугун (ISO-K, СМС 08.1 – 08.2)	$K \approx 3,44 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\sigma_b^2}{E \cdot HB^{0,55}} \cdot \frac{t^{0,17} \cdot s_m^{0,35}}{D^{0,17} \cdot z^{0,35} \cdot n^{0,35}}$
		Ковкий чугун (ISO-K, СМС 07.2)	$K \approx 3,02 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\sigma_b \cdot \delta}{HB^{0,55}} \cdot \frac{t^{0,14} \cdot s_m^{0,28}}{D^{0,14} \cdot z^{0,28} \cdot n^{0,28}}$
	Твёрдый сплав T5K10	Конструкционная сталь (ISO-P, СМС 01.1 – 01.2)	$K \approx 2,13 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sigma_b^{0,7}}{1 - 1,7 \psi_b} \cdot \frac{t^{0,12} \cdot s_m^{0,35}}{D^{0,13} \cdot z^{0,25} \cdot n^{0,25}}$
	Твёрдый сплав BK8	Серый чугун (ISO-K, СМС 08.1 – 08.2)	$K \approx 0,53 \cdot \frac{\sigma_b^2}{E \cdot HB} \cdot \frac{t^{0,1} \cdot s_m^{0,2}}{D^{0,1} \cdot z^{0,2} \cdot n^{0,2}}$
Разрезание кругло- го проката диско- вой пилой	Быстрорежущая сталь P9K5	Конструкционная сталь (ISO-P, СМС 01.2)	$K \approx 6,34 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sigma_b^{0,7}}{1 - 1,7 \psi_b} \cdot \frac{d_{\text{заг}}^{0,14} \cdot s_m^{0,28}}{D^{0,14} \cdot z^{0,28} \cdot n^{0,28}}$
	Твёрдый сплав T5K10	Конструкционная сталь (ISO-P, СМС 01.2)	$K \approx 1,71 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sigma_b^{0,7}}{1 - 1,7 \psi_b} \cdot \frac{d_{\text{заг}}^{0,1} \cdot D^{0,1} \cdot s_m^{0,2}}{B^{0,1} \cdot z^{0,2} \cdot n^{0,1}}$

Результаты исследования и их обсуждение

Выражения показателя энергетической
эффективности K , полученные на примере

точения, цилиндрического фрезерования
и разрезания заготовок, показали наличие
устойчивых функциональных связей это-
го показателя с векторами неуправляемых
и управляемых технологических факторов,

которые в конкретных производственных условиях могут быть сформулированы или уточнены для соответствующей операции, перехода, рабочего хода. Путём приведения выражений, содержащихся в табл. 1, 2 (или аналогичных выражений для других видов обработки), к целевой функции вида $K \rightarrow 1$ можно построить модель параметрической оптимизации отдельного рабочего хода, технологического перехода, технологической операции и всего технологического процесса по критерию наибольшей энергетической эффективности.

Модель параметрической оптимизации операций точения и фрезерования по критерию $K \rightarrow 1$ представлена на рисунке как комплекс взаимосвязанных параметров трёх различных классов: входных, ограничивающих и выходных.

Ко входным (задаваемым, неуправляемым) параметрам отнесены: 1) физико-механические свойства обрабатываемого материала, позволяющие рассчитать его удельную энергоемкость Δw [1]: временное сопротивление σ_b , твёрдость HB , относительное удлинение δ , относительное равномерное поперечное сужение ψ_b , модуль упругости E , удельная теплоёмкость C_p , плотность ρ , температура плавления T_s ; 2) способ обработки, тип инструментального материала; 3) условия обработ-

ки: глубина резания t , размеры заготовки (L – длина образующей, l – длина направляющей), способ закрепления заготовки или инструмента, геометрические параметры приспособлений.

Ограничивающими (управляющими) параметрами являются: 1) требования к обработанной поверхности (допуск на размер $[\Delta]$, шероховатость Ra); 2) требуемый период стойкости инструмента $[T]$; 3) мощность станка $[N]$; 4) допустимый крутящий момент на шпинделе $[M_{кр}]$; 5) максимально допустимое основное технологическое время $[\tau_{очн}]$. Значения ограничивающих параметров устанавливаются в конкретных производственных условиях по рабочим чертежам детали, операционным эскизам, паспортным данным оборудования, такту выпуска изделий (серийности производства).

Выходные (оптимизированные) параметры включают в себя оптимальные значения геометрических характеристик инструмента ($D, z, \gamma, \alpha, r, \phi, \phi_1, \omega, B, H$)_{opt} и режимов резания ($n_{opt}, v_{opt}, s_{opt}$), а также соответствующие им значения податливости заготовки или инструмента Δ , шероховатости Ra , стойкости T , мощности N , крутящего момента $M_{кр}$, основного времени $\tau_{очн}$, удельной работы резания $e = e_{min}$ и показателя энергетической эффективности $K = K_{max}$.



Модель параметрической оптимизации операций обработки резанием по критерию $K \rightarrow 1$

Выводы

1. Показатель энергетической эффективности стружкообразования K [1; 2], связывающий обрабатываемость материала с условиями его обработки, может рассматриваться как комплексная энергетическая характеристика и критерий оптимизации управляемых параметров резания на базовом иерархическом уровне «рабочий ход», лежащем в основе любого технологического перехода, технологической операции и всего технологического процесса изготовления конкретной детали в условиях машиностроительного предприятия.

2. Для операций точения и фрезерования различных конструкционных материалов получены теоретико-эмпирические выражения, связывающие критерий K с управляемыми (оптимизируемыми) и неуправляемыми (задаваемыми) технологическими параметрами.

3. Предложена обобщенная модель параметрической оптимизации по условию $K \rightarrow 1$ как комплекс входных, ограничивающих и выходных параметров рабочего

хода. Чем больше значение показателя K , тем эффективнее технологический вариант обработки (сочетание инструментально-го материала, параметров режущей части инструмента, режима резания) с позиций предложенного энергетического критерия.

Список литературы

1. Карпов А.В. К вопросу повышения энергетической эффективности технологических процессов обработки резанием // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 3. С. 43–47.
2. Карпов А.В. Ускоренный метод определения обрабатываемости конструкционных материалов с использованием показателя удельной работы резания // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 11–2. С. 183–187.
3. Старков В.К. Физика и оптимизация резания материалов. М.: Машиностроение, 2012. 640 с.
4. Рыжов Э.В., Аверченков В.И. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Под ред. А.П. Гавриш. Киев: Научная мысль, 1989. 192 с.
5. Кожевников Д.В., Кирсанов С.В. Резание материалов. М.: Машиностроение, 2012. 304 с.
6. Косилова А.Г., Мешеряков Р.К., Суслев А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Изд. 6-е, перераб. и доп. / Под ред. А.М. Дальского. М.: Инновационное машиностроение, 2018. 1574 с.

УДК 624.073.1

ИЗГИБ СОСТАВНОЙ ПЛАСТИНЫ ИЗ РАЗНОМОДУЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. КРАЕВЫЕ УСЛОВИЯ

Кривчун Н.А., Уманская О.Л.

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, e-mail: Natalya.krivchun@mail.ru

В настоящее время в строительстве, машиностроении, авиастроении используют композитные материалы. Многие из них обладают свойством разномодульности, т.е. имеют различные модули упругости на растяжение-сжатие. К материалам, обладающим такими свойствами, относятся конструкционные стали, специальные чугуны, графиты, оргстекло, бетон и т.д. Помимо этого, при строительстве используются составные многослойные пластины, в которых материалы слоев тоже могут обладать свойством разномодульности. При рассмотрении составных пластин необходимо учитывать не только свойства материала слоев, но и влияние связей между слоями. Необходимо совершенствовать методы расчета составных конструкций, выполненных из таких материалов. Математическая модель включает в себя уравнения, описывающие работу швов, соединяющих слои; уравнение равновесия для всей составной пластины в целом; уравнения неразрывности срединной поверхности для каждого слоя. Авторы рассматривают изгиб трехслойной пластины, у которой материал среднего слоя обладает разномодульностью, а слои соединяются анкерами или клеем. Такое соединение слоев обеспечивает конечную жесткость на сдвиг. Предлагается решение задачи изгиба трехслойной пластины с учетом связей между слоями и разносопротивляющихся свойств слоев.

Ключевые слова: составная пластина, разномодульные материалы, интегральные характеристики жесткости, напряжения, деформации

BENDING A COMPOSITE PLATE MADE OF MULTI-MODULUS MATERIALS. BOUNDARY CONDITION

Krivchun N.A., Umanskaya O.L.

Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: natalia.krivchun@mail.ru

Currently, composite materials are used in construction, engineering, and aircraft construction. Many of them have the property of multi-modularity, i.e. they have different elastic modulus for tension-compression. Materials with these properties include structural steels, special cast iron, graphite, plexiglass, concrete, etc. In addition, composite multi-layer plates are used in construction, in which the materials of the layers can also have the property of multi-modularity. When considering composite plates, it is necessary to take into account not only the material properties of the layers, but also the influence of connections between the layers. It is necessary to improve methods for calculating composite structures made of such materials. The mathematical model includes equations describing the operation of the seams connecting the layers; the equation of equilibrium for the entire composite plate as a whole; the equations of continuity of the middle surface for each layer. The authors consider the bending of a three-layer plate, in which the material of the middle layer has a different modularity, and the layers are connected by anchors or glue. This combination of layers provides the final shear stiffness. A solution to the problem of bending a three-layer plate is proposed, taking into account the properties of the connections between the layers and the multi-module properties of the layers.

Keywords: a multi-layer plate, multimodulus materials, integral characteristics of rigidity, strain (stress), deformation

В современном строительстве широко и многофункционально используются многослойные пластины. Слои пластин выполняют как из новых, так и традиционных материалов, в том числе композитных. Эти материалы в основном характеризуются свойством разномодульности, то есть имеют различные модули упругости при растяжении и сжатии [1]. Решая задачи изгиба составных конструкций, необходимо учитывать особенности их деформирования в реальных условиях за счёт взаимного проскальзывания слоёв. Перераспределение усилий между слоями обеспечивается переменной жёсткостью швов. При расчёте напряжённо-деформированного состояния необходимо учитывать влияние жёсткости межслойных связей. Построение математической модели подробно изложено в [2].

Цель исследования: математическая модель изгиба многослойных составных пластин из разномодульных материалов включает систему дифференциальных уравнений и граничные условия. В результате интегрирования уравнений равновесия, неразрывности и работы шва, искомые функции W , φ^i , T должны удовлетворять крайним условиям, которые соответствуют конкретному закреплению контура.

Материалы и методы исследования

Построение математической модели и последующие исследования выполнялись методами математического моделирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассматривается изгиб составных пластин, у которых материал среднего слоя

имеет различные модули Юнга на растяжение и сжатие, определяющим является знак главного напряжения [3], разномодульность связана с положением главных площадок [4]. Рассмотрим составную трехслойную симметричную пластину. Размеры пластины 1200×1200 мм. Толщины крайних стальных листов $h^{(1)} = h^{(3)} = 1$ мм, общая толщина 120 мм. Модули упругости $E^{(1)} = E^{(3)} = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; $E^{(2)} = 8 \cdot 10^3$ МПа, коэффициенты Пуассона $\nu^{(1)} = \nu^{(3)} = 0,3$; $\nu^{(2)} = 0,2$. Нагрузка интенсивностью $q = 1$ МПа прикладывалась в центре пластины на площадке 200×200 мм по нормали.

Слои в составной пластине соединены связями, которые предполагают сдвиг одного слоя по отношению к другому вдоль оси пластин. Поперечные связи абсолютно жесткие. Такое соединение слоев обеспечивает одинаковый прогиб.

Интегральные характеристики жесткости для i -го слоя составной пластины запишем с учётом разномодульных свойств материала [1], в декартовых координатах. Переход от направлений главных площадок к координатам X, Y осуществляем через преобразование матрицы податливостей, в отличие от [5].

Математическую модель изгиба составной конструкции из разномодульных материалов запишем в виде системы дифференциальных уравнений [1]. Стремясь к смешанной форме уравнений, введем в рассмотрение функцию усилий $\varphi(x, y)$, действующих в срединной поверхности i -го слоя. Запишем усилия, действующие в i -м слое:

$$\begin{aligned} N_x^i &= \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2} - \int_0^x \tau_x^i dx + \int_0^x \tau_x^{i-1} dx; \\ N_y^i &= \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x^2} - \int_0^y \tau_y^i dy + \int_0^y \tau_y^{i-1} dy; \\ S^i &= -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}. \end{aligned} \quad (1)$$

Обозначим $\int_0^x \tau_x^i dx = T_x^i$, $\int_0^y \tau_y^i dy = T_y^i$, где T_x^i , T_y^i – усилия от сдвигающих напряжений в межслойных связях i -го шва.

Уравнение равновесия получим из рассмотрения элемента i -го слоя пластины в смешанном виде [1]:

$$L_1(D^*, w) = q - L_2(D^*, w) + \Lambda(\varphi, T_x^i, T_y^i) + L(c, T_x^i, T_y^i). \quad (2)$$

Уравнение неразрывности для срединной поверхности i -го слоя в операторной форме [1]:

$$L_1(B^*, \varphi) + L_2(B^*, \varphi) - L_1(B^*, T_x^i, T_y^i) - L_2(B^*, T_x^i, T_y^i) - \Lambda^i(c, w) = 0. \quad (3)$$

Чтобы замкнуть систему, запишем уравнения, отражающие работу i -го шва. В этих уравнениях учитывается совместная работа слоев, прилегающих к i -му шву.

В каждом шве выделим осевую линию, по обе стороны которой происходят продольные смещения слоев. Разности этих смещений запишутся как

$$\Delta u^i = u^{i+1} - u^i + \frac{\partial w}{\partial x} c^i; \quad \Delta v^i = v^{i+1} - v^i + \frac{\partial w}{\partial y} c^i, \quad (4)$$

где $u^i(x, y)$, $v^i(x, y)$, $w^i(x, y)$ – продольные и поперечные смещения точек срединной поверхности i -го слоя; $c^i(x, y)$ – расстояние между срединными поверхностями смежных слоев, при переменной толщине слоев.

Связь между Δu^i , Δv^i и сдвигающими напряжениями в i -м шве представим в виде [2]:

Напряжения сдвига записываются через функции T_x^i и T_y^i , учитывающие работу i -го шва:

$$\tau_x^i = \frac{\partial T_x^i}{\partial x}; \quad \tau_y^i = \frac{\partial T_y^i}{\partial y}. \quad (5)$$

Выразим из (5) Δu^i и Δv^i , подставим их в (4). Продифференцируем первое уравнение (4) по x , второе по y . Запишем полученные уравнения [1]:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\eta_x^i} \frac{\partial^2 T_x^i}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\eta_x^i} \right) \frac{\partial T_x^i}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(c^i \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial u^{i+1}}{\partial x} - \frac{\partial u^i}{\partial x}; \\ \frac{1}{\eta_y^i} \frac{\partial^2 T_y^i}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\eta_y^i} \right) \frac{\partial T_y^i}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial y} \left(c^i \frac{\partial w}{\partial y} \right) + \frac{\partial v^{i+1}}{\partial y} - \frac{\partial v^i}{\partial y}. \end{aligned} \quad (6)$$

Математическая модель изгиба многослойных составных пластин из разнородных материалов состоит из системы дифференциальных уравнений и граничных условий.

В результате интегрирования (2), (3) и (6) искомые функции W , φ^i и T^i должны удовлетворять краевым условиям, которые соответствуют конкретному закреплению контура.

В общем случае можно выделить две группы граничных условий: на контуре опирания (для всего пакета) и на торцах пакета (для каждого i -го слоя и шва). При этом условия на контуре формулируются независимо от условий на торцах слоев и швов.

Варианты опирания на контуре:

1. Шарнир.
2. Жесткая заделка.
3. Свободный край.

Условия на торцах слоев:

А – торцы слоев скреплены гибкой лентой;

В – торцы скреплены абсолютно жесткой лентой;

С – свободные торцы.

Полагая, что на всех четырех кромках составной пластины условия одинаковы, приступим к рассмотрению случаев опирания по кромкам $x = 0$ и $x = a$:

1 – А. Пластина опирается на шарнир, подвижный по нормали к контуру и неподвижный вдоль контура, а торцы слоев скреплены гибкой лентой. Граничные условия имеют вид

$$W = 0; V^i = 0; M_x = 0;$$

$$N_x^i = 0; T_x^i = 0; T_y^i = 0. \quad (7)$$

Из первого условия следует

$$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0. \text{ Из (1), если } N_x^i = T_x^i = T_y^i = 0,$$

$$\text{то } \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = 0. \text{ Из (7) искомые функ-}$$

ции, должны удовлетворять следующим условиям:

$$\begin{aligned} V^i = \int_0^y \varepsilon_y dy = \int_0^y \left(B_{22}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x^2} - B_{21}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2} - B_{22}^{*i} (T_y^i - T_y^{i-1}) + B_{21}^{*i} (T_x^i - T_x^{i-1}) - B_{26}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x \partial y} - \right. \\ \left. - \left(\bar{C}_{21}^i \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \bar{C}_{22}^i \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2\bar{C}_{26}^i \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \right) dy = 0; \\ M_x = \sum_{i=1}^{n+1} \left(-D_{11}^{*i} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - D_{12}^{*i} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - 2D_{16}^{*i} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \left(C_{11}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2} + C_{12}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x^2} - C_{11}^{*i} (T_x^i - T_x^{i-1}) - \right. \right. \\ \left. \left. - C_{12}^{*i} (T_y^i - T_y^{i-1}) + C_{16}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x \partial y} \right) \right) = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

1 – В. При шарнирном опирании пластины торцы скреплены абсолютно жесткой лентой. Граничные условия имеют вид

$$W = 0; U^i = 0; V^i = 0; \int_0^b M_x dy = 0; \frac{\partial T^i}{\partial x} = 0. \quad (9)$$

Так как W принимает на кромке нулевое значение, то и производная $\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0$ вдоль этой кромки.

Распишем условия (9):

$$\begin{aligned} U^i = \int_0^x \varepsilon_x dx = \int_0^x \left(B_{11}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2} - B_{12}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x^2} - B_{11}^{*i} (T_x^i - T_x^{i-1}) + B_{12}^{*i} (T_y^i - T_y^{i-1}) - B_{16}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x \partial y} - \right. \\ \left. - \left(\bar{C}_{11}^i \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \bar{C}_{12}^i \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2\bar{C}_{16}^i \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \right) dx = 0; \end{aligned} \quad (10)$$

$$V^i = \int_0^y \varepsilon_y^i dy = \int_0^y \left(B_{22}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x^2} - B_{21}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2} - B_{22}^{*i} (T_y^i - T_y^{i-1}) + B_{21}^{*i} (T_x^i - T_x^{i-1}) - B_{26}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x \partial y} - \right. \\ \left. - \left(\bar{C}_{21}^i \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \bar{C}_{22}^i \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2\bar{C}_{26}^i \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right) \right) dy = 0;$$

$$\int_0^b M_x dy = \int_0^b \left(-D_{11}^{*i} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - D_{12}^{*i} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - 2D_{16}^{*i} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \left(C_{11}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2} + C_{12}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x^2} - C_{11}^{*i} (T_x^i - T_x^{i-1}) - \right. \right. \\ \left. \left. - C_{12}^{*i} (T_y^i - T_y^{i-1}) + C_{16}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x \partial y} \right) \right) dy = 0.$$

Далее система (9) расписывается относительно $\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2}$.

1 – С. Составная пластина со свободными торцами слоев опирается на шарнир. Краевые условия для этого случая:

$$W = 0; M_x = 0; N_x^i = 0; S^i = 0; T^i = 0. \quad (11)$$

Равенство нулю прогиба на кромке приводит к условию $\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = 0$, $\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0$.

$$M_x = \sum_{i=1}^{n+1} \left(-D_{11}^{*i} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - D_{12}^{*i} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} - 2D_{16}^{*i} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \left(C_{11}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2} + C_{12}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x^2} - C_{11}^{*i} (T_x^i - T_x^{i-1}) - \right. \right. \\ \left. \left. - C_{12}^{*i} (T_y^i - T_y^{i-1}) + C_{16}^{*i} \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x \partial y} \right) \right) = 0;$$

$$N_x^i = \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2} - T_x^i + T_x^{i-1} = 0; \quad (12)$$

$$S^i = -\frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x \partial y} = 0.$$

Окончательно получим $\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0$;

$$T^i = 0; \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \varphi^i}{\partial x \partial y} = 0. \quad (13)$$

Заключение

Представленные дифференциальные уравнения позволяют решать, в отличие от существующих моделей, задачи изгиба многослойных пластин из разносопротивляющихся материалов с учетом влияния жест-

кости межслойных связей на напряженно-деформированное состояние конструкции. Свойство разномодульности материала учтено при записи интегральных характеристик жесткости. Тот факт, что дифференциальные уравнения имеют высокий порядок, позволяет учитывать сложные и разноо-

бразные кинематические и статические условия закрепления слоев оболочки. Граничные условия для функции, которая отражает условия, связанные с внешней статической неопределимостью, должны записываться для каждого слоя, для функции, отвечающей за внутреннюю статическую неопределимость конструкции, для каждого шва.

Список литературы

1. Кривчун Н.А., Уманская О.Л. Интегральные характеристики жесткости составных пластин из разносопротивляющихся материалов // Фундаментальные исследования. 2016. № 3–3. С. 505–508.
2. Якубовский Ю.Е., Гуляев Б.А., Колосов В.И., Кривчун Н.А., Якубовская С.В. Изгиб составных пластин и полых оболочек. Тюмень, 2016. 185 с.
3. Амбарцумян С.А. Разномодульная теория упругости. М.: Наука, 1982. 320 с.
4. Пахомов Б.М. Вариант модели изотропного разномодульного материала // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. 2017. № 6. С. 35–48. DOI: 10.18698/0236-3941-2017-6-35-48.
5. Якубовский Ю.Е., Гуляев Б.А., Донкова И.А., Кузев А.Г. Моделирование и расчет составных пластин, полых и цилиндрических оболочек. Тюмень: ТИУ, 2018. 170 с.

УДК 004.94

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ РЕГИОНАЛЬНОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Медведев А.В.

*Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Кемеровский институт (филиал),
Кемерово, e-mail: alexm_62@mail.ru*

В статье описана концепция создания цифрового социально-экономического двойника территории для поддержки принятия решений в сфере регионального социально-экономического развития. Введено понятие цифрового социально-экономического двойника территории, описаны особенности, отличающие его от понятий цифрового двойника и цифровой модели территории. Обоснована необходимость взаимодействия информационных баз данных показателей территории с комплексом методологического, аналитического и информационно-технологического инструментария, с одной стороны, выявляющего экономический и социальный потенциалы развития территории и оценивающего эффективность мероприятий по устранению различных рисков развития территории, а с другой стороны, обеспечивающего результативную и оперативную обработку циркулирующей в территориальной системе социально-экономической информации. Отмечена необходимость комбинирования имитационных и оптимизационных моделей и методов территориального социально-экономического анализа. Перечислены некоторые классы задач в сфере регионального социально-экономического развития, которые могут решаться с использованием социально-экономических цифровых двойников территорий. Приведена краткая систематизация подходов к разработке и наполнению информационных баз данных показателей, характеризующих территорию как социально-экономический объект, а также описаны требования к использованию цифрового двойника территории и некоторые организационные инструменты поддержки принятия решений при управлении социально-экономической территорией путем использования ее цифрового двойника.

Ключевые слова: цифровой двойник территории, стратегия регионального социально-экономического развития, планирование и прогнозирование территориального развития, комплексный инструментарий социально-экономического анализа территорий

DIGITAL TWINS OF TERRITORIES TO SUPPORT DECISION-MAKING IN THE FIELD OF REGIONAL SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT

Medvedev A.V.

*Russian Economic University named after G.V. Plekhanov, Kemerovo Institute (branch), Kemerovo,
e-mail: alexm_62@mail.ru*

The article describes the concept of creating a digital socio-economic twin of the territory to support decision-making in the field of regional socio-economic development. The concept of a socio-economic digital twin of the territory is introduced, the features that distinguish it from the concepts of a digital double and a digital model of a territory are described. The necessity of the interaction of information databases of territory indicators with a complex of methodological, analytical and information technology tools, which, on the one hand, reveals the economic and social potentials of the development of the territory and evaluates the effectiveness of measures to eliminate various risks of the development of the territory, and, on the other hand, ensures effective and efficient processing of socio-economic information which circulates in the territorial system. The necessity of combining simulation and optimization models and methods of territorial socio-economic analysis is noted. Some classes of problems in the field of regional socio-economic development are listed that can be solved using the socio-economic digital twins of territories. A brief systematization of approaches to the development and filling of information databases of indicators characterizing the territory as a socio-economic object is given, as well as the requirements for the use of a digital twin of the territory and some organizational tools for decision support in managing the socio-economic territory by using its digital twin are described.

Keywords: digital twin of territories, strategy of regional socio-economic development, planning and forecasting of territorial development, comprehensive tools for socio-economic analysis of territories

Интенсивное развитие цифровых информационных технологий в настоящее время делает актуальным и вполне реализуемым решение ряда сложных задач поддержки принятия управленческих решений в сфере социально-экономического развития регионов. Регион, как совокупность территорий, является сложной системой с циркулирующими в нем материальными, финансовыми, информационными потоками, характеризующимися своими географическими, экономическими, социальными, ландшафтными, транспортными и прочими характеристиками и показателями, сбор, хранение и обработка информации о которых представляет собой сложную задачу системного анализа.

Основной целью статьи является обоснование гипотезы о возможности создания и использования социально-экономического цифрового двойника территории (СЭЦДТ) как комплекса информационно-

Основной целью статьи является обоснование гипотезы о возможности создания и использования социально-экономического цифрового двойника территории (СЭЦДТ) как комплекса информационно-

технологических, аналитических и организационных инструментов автоматизированного накопления, хранения, обработки информации о территориях для поддержки принятия управленческих решений в сфере регионального социально-экономического развития и рассмотрение некоторых подходов к решению данной задачи.

Материалы и методы исследования

Под цифровым двойником (ЦД) понимается специфическая модель реального физического объекта, группы изделий или процесса, относительно которых осуществляется сбор, обработка и повторное использование цифровой информации. Согласно такому пониманию цифрового двойника, ЦДТ можно рассматривать как совокупность процессов мониторинга, анализа состояния, прогнозирования и планирования развития территории с целью поддержки решений по управлению этой территорией. Цифровой двойник должен обладать «...предсказательным потенциалом, в отличие от множества датчиков, которые лишь помогают сформировать «память» об уже случившихся событиях и не позволяют осуществлять те или иные прогнозы сложных явлений и ситуаций» [1]. Одной из основных целей создания ЦД является возможность проведения экспериментов над оригиналом, ориентированных на принятие решений по достижению определенных целей (критериев) существования оригинала, например оптимальной структуры, оптимальных пропорций развития, сохранения целостности, эффективности, «здоровья организма» и т.п. Очевидно, что анализ территорий с помощью цифровых двойников должен включать самую разнообразную информацию: базы данных и карты ландшафтов, водных бассейнов, транспортных путей, видов земель и почв, кадастровые карты и прочую информацию, полномасштабная системная и результативная обработка и анализ которой в настоящее время вряд ли возможны как по причине отсутствия соответствующей концепции, так и по причине имеющихся ограничений на вычислительные мощности и объемы хранимой информации о территории. В этой связи в данной работе акцентируется рассмотрение частного случая ЦДТ, содержащего только социально-экономическую информацию о территории – базы данных и карты административного деления, транспортной инфраструктуры, социальные, экономические и экологические характеристики, объекты производственных, финансовых, туристических и других территориальных кластеров. Назовем ука-

занный частный случай ЦДТ социально-экономическим ЦДТ или СЭЦДТ. Следует отметить, что приведенная выше концепция СЭЦДТ отсутствует, например, в достаточно общем определении ЦД из работы [1]. Описанное понятие СЭЦДТ будет принципиально отличаться от понятия «цифровая модель территории» (исследование которой может ограничиться, например, своим теоретическим анализом или оценкой свойств ее информационной базы) не только использованием уже разработанного комплекса методологических, аналитических и информационно-технологических инструментов поддержки принятия решений в сфере управления территорией, но и, прежде всего, принципиальной ориентацией на решение еще не сформулированных, перспективных, потенциально возможных в будущем задач наполнения информационной базы, анализа территориальных социально-экономических процессов, в том числе позволяющих «дополнять», «доставлять», «формировать» социально-экономическую реальность территории.

Социально-экономическая территория характеризуется многочисленными показателями ее функционирования. Это могут быть экономические показатели (инвестиционные, производственные, финансовые), показатели транспортной инфраструктуры, структуры земель и другие. С социальной точки зрения территории характеризуются, например, показателями демографии (численность, плотность населения и др.), развитости социальной инфраструктуры (количество организаций здравоохранения, образования, культуры и др.), социальной защищенности (в частности, в правовой, экологической сферах и пр.). Очевидно, имеют место и смешанные (социально-экономические, эколого-экономические) показатели, например показатели экологического состояния территорий, связанные одновременно как с уровнем развития и структурой производства, так и с количеством мероприятий, общественных организаций экологической направленности на ней. Другими примерами таких показателей являются показатели уровня безработицы, уровня заработной платы, как сложные зависимости численности населения и развитости производства товаров и/или услуг на территории, показатели научно-технического развития, как сложные зависимости научной и образовательной инфраструктуры территории и ее, к примеру, эколого-экономического состояния.

Из вышесказанного следует, что предполагаемый функционал СЭЦДТ невозможно реализовать без наличия информационных

баз данных о социально-экономических характеристиках территории и информационно-технологического инструментария сбора, хранения и обработки соответствующих массивов информации. В этой связи выделяется несколько обобщенных подходов к решению данного вопроса.

Первый подход основан на концепции агент-ориентированных моделей. При таком подходе территория может рассматриваться, например, как система управленческих, производственных, социальных, финансовых, коммерческих агентов, функционирующих на территории в соответствии с заранее сформулированными правилами поведения и целевыми установками агентов в системе. Сильной стороной данного подхода является возможность изучать сложную систему, задавая указанные правила поведения агентов в территориальном разрезе и выявляя глобальные законы функционирования региона как результат взаимодействия агентов. Указанный подход широко проработан ведущими учеными нашей страны (например, [2]) и предлагается в качестве основного инструмента оценки управленческих решений в системе распределенных ситуационных центров. Вместе с тем в настоящее время существует проблема наличия открытых источников и стандартов представления достаточной для использования СЭЦДТ информации о функционировании перечисленных экономических агентов.

Ко второму подходу интегрирующего типа, который может быть положен в основу разработки информационной базы СЭЦДТ, относится подход, позволяющий ориентироваться на сбор и обработку законодательно определенных статистических данных о территории, закрепленных некоторыми государственными стандартами, например, в разрезе специально выделенных направлений экономической деятельности [3]. В данном случае территория характеризуется крупными направлениями экономической и социальной деятельности, структурируемыми в самых разнообразных разрезах ее информационного описания – управленческом, инвестиционном, производственном, финансовом, социальном, имущественном и других. Сильной стороной данного подхода является факт, что в открытом доступе уже существуют социально-экономическая информация и стандарты ее представления (например, сайт Федеральной службы государственной статистики [4]), что значительно облегчает задачу формирования необходимых для построения и использования СЭЦДТ информационных баз данных относительной полноты и репрезентативности.

Еще одним интегральным подходом, который мог бы лежать в основе построения информационной базы СЭЦДТ, является подход, ориентированный на использование статистической базы экономики территории в отраслевом разрезе. Однако аналитический инструментарий обработки больших объемов информации (например, теоретические и практические разработки В.В. Леонтьева по межотраслевому балансу экономики) апробирован для достаточно крупных территорий (страна, регион мира) и, по-видимому, малоприменим для использования на уровне менее крупных территорий, например, субъектов федерации или составляющих их муниципальных образований.

Очевидно, что наличие информационных баз данных для мониторинга состояния и развития территории является необходимым, но недостаточным условием применения СЭЦДТ для управления территорией, которое подразумевает разработку и совершенствование основанного на использовании информационных баз данных методологического, аналитического и информационно-технологического инструментария (методик, моделей, алгоритмов, пакетов прикладных программ, систем поддержки принятия решений), направленного как на выявление экономического и социального потенциала территории, так и на оценку эффективности мероприятий по устранению социально-экономических, эколого-экономических и других рисков развития территории, в том числе в геовизуальном формате.

Для управления (мониторинга, анализа состояния, развития и т.п.) такой сложной системой, как регион, необходимо использовать методы математического моделирования, а также сбора, хранения и обработки циркулирующей в моделях информации средствами автоматизированных информационных систем (АИС). Указанные АИС должны ориентироваться на решение задач различного типа – от создания информационных баз данных, документооборота, учета, планирования и прогнозирования до задач оптимального управления, искусственного интеллекта и прочих, модельной, аналитической и информационно-технологической основой решения которых может стать ЦДТ.

Аналитический инструментарий СЭЦДТ представляет собой совокупность математических моделей различного типа и соответствующих им алгоритмов анализа, которые условно можно разбить на две категории – имитационные и оптимизационные. Под имитационными моделями

в широком смысле понимается использование для описания функционирования социально-экономической системы алгебраических, дифференциальных, разностных соотношений, а также их систем, описывающих либо состояние оригинала, либо траекторию движения (деградации или развития), либо ограничения функционирования, налагаемые внешними или внутренними факторами. При этом, в отличие от оптимизационных моделей, имитационные не предполагают, вообще говоря, решения задач оптимизации (максимизации и/или минимизации) одного или нескольких критериев качества функционирования территории, в частности критериев ее экономических агентов/подсистем. В случае использования имитационных моделей существуют эффективные численные методы решения задач, содержащих соотношения связи многих переменных, в том числе имеющих нелинейный вид. Большинство задач автоматизированной обработки социально-экономической информации в этом случае могут быть, с достаточной для практики точностью, описаны в виде линейных дифференциальных уравнений первого порядка, численное решение которых в общем случае не представляет проблем даже при очень большой размерности искомых векторных переменных. Чего нельзя сказать в случае использования оптимизационных моделей, анализ которых связан с решением качественно другого класса задач оптимального управления. Решение реальных задач управления территориями с использованием оптимизационных моделей ограничено размерностью векторов искомых переменных, часто на пределе возможностей их численного анализа, особенно при использовании динамических и тем более нелинейных моделей.

Одной из ключевых задач, решаемых при управлении территориями и требующих применения оптимизационных методов, является задача оценки социально-экономической привлекательности территории, определяющей ее социально-экономическое «здоровье». Социально-экономическая привлекательность территории может трактоваться как комбинация выраженных в стоимостном измерении экономического потенциала территории и осуществляемых затрат на устранение социально-экономических рисков (выражаемых, например, в затратах на мероприятия, ориентированные на защиту интересов населения территории в направлениях образования, здравоохранения, экологии, юстиции и пр.) [5]. Для решения задачи выявления социально-экономической привлекательности территории

необходимо наличие автоматизированного аналитического инструментария двух типов: 1) выявляющего на основе оптимизационного подхода экономический потенциал (максимум возможностей, добавленной стоимости и пр.) территории; 2) осуществляющего мониторинг и оценку эффективности мероприятий по устранению рисков развития территорий, в том числе в геовизуальном формате.

Информационно-технологический инструментарий, разрабатываемый для использования СЭЦДТ, должен быть сориентирован на решение различных по масштабу управленческих задач – от управления исходным оригиналом (территорией) в целом до управления его подсистемами. Не претендуя на полноту списка, отметим некоторые классы задач, решаемых в современных публикациях и практике управления территориями.

1. Задачи оценки инвестиционного потенциала территории, ориентированные на выявление добавленной к инвестициям оценочной стоимости оригинала в форме суммы приносимой прибыли и оценки имущественного комплекса, требующие использования оптимизационных моделей и методов решения.

2. Задачи оценки инвестиционных рисков территории, ориентированные на мониторинг и анализ информации по количеству мероприятий по защите инвестиционных вложений на территории. Такие задачи требуют разработки алгоритмов и методов анализа влияния выбранных совокупностей мероприятий по защите инвестиций, уровня инвестиционных затрат, построения инвестиционных карт, а также формирования больших массивов (баз) данных об инвестиционных рисках.

3. Задачи оценки инвестиционной привлекательности территории, постановка которых может быть сведена к различным комбинациям решения первых двух типов задач.

4. Задачи оценки уровня безопасности территорий [6] по различным социально-экономическим направлениям (видам, кластерам) – экономическому, экологическому, продовольственному, социальному, правовому и др., являющиеся важным классом задач управления территориями, которые также могут успешно решаться по технологиям задач, описанных в пункте 2.

5. Задачи планирования и прогнозирования развития социально-экономических систем, оценки их конкурентоспособности [7–10], требующие использования, как правило, сформированной информационной базы о состоянии и развитии террито-

рий в разрезе направлений их экономической деятельности или отраслевом разрезе, моделей, методов и алгоритмов их анализа, а также построения соответствующих карт.

6. Задачи оценки уровня и качества пространственного взаимодействия территорий региона, например, на основе индексов Морана [11].

7. Задачи оптимального распределения ресурсов в выбранных территориальных кластерах, отраслях, направлениях экономической деятельности, как задачи вспомогательного характера для указанных выше классов задач.

8. Транспортные задачи, как частные задачи размещения и оптимизации производства или логистики продаж продукции.

Очевидно, для решения задач управления территориями-оригиналом, путем использования СЭЦДТ, необходимо иметь статистическую базу социально-экономических показателей во временной динамике, что накладывает высокие требования на объемы информационных хранилищ, методы извлечения и анализа такой информации, включая решения задач корректного устранения «информационных дыр», заключающихся в отсутствии статистических данных о территории за некоторые периоды наблюдения.

Результаты исследования и их обсуждение

Ранее было отмечено, что оптимизационные задачи класса извлечения знаний (knowledge discovery), к которым можно отнести задачи, перечисленные выше в пунктах 1, 3, 5, 7, 8, имеют ограничения на их реальную размерность и скорость автоматизированного анализа. В работе [12], в частности, представлены линейные многошаговые оптимизационные модели регионального экономического развития, а также алгоритмы их преобразования в одношаговые задачи линейного программирования, сохраняющие основные агрегированные свойства исходных моделей (по крайней мере, с точки зрения классов задач, сформулированных здесь в пунктах 1, 3, 5), которые допускают применение эффективных численных методов для их оперативного анализа инструментами СЭЦДТ.

Описанная выше совокупность условий создания и использования СЭЦДТ может быть названа принципом информационной и инструментальной сбалансированности. При этом изложенная краткая концепция СЭЦДТ требует наличия и сбалансированных методов взаимодействия информационной базы данных территории с методологическим, аналитическим и ин-

формационно-технологическим инструментарием ее социально-экономического анализа как при планировании и прогнозировании, так и при оперативном анализе их состояния и развития территории. Кроме того, указанные методы должны обеспечивать результативную и в достаточной мере оперативную обработку циркулирующей в территориальной системе социально-экономической информации и соответствовать атрибутам удобного человеко-машинного интерфейса.

Взаимодействие различных инструментальных составляющих СЭЦДТ реализуется, например, в форме специальных экспертных центров (помещений) [13], имеющих аппаратное и программное обеспечение поддержки принятия решений по управлению территорией путем «протигрывания» сценариев ее развития. Одним из организационных механизмов оперативного использования ЦДТ могут являться существующие ситуационные комнаты [14] или ситуационные центры [15] социально-экономического анализа, представляющие собой комплексы, содержащие соответствующие специализированные помещения, аппаратное и программное обеспечение, команду аналитиков и операторов, ориентированные на сбор, аналитическую обработку и поддержку принятия решений по управлению территориями, в том числе с использованием их цифровых двойников. В Кемеровском институте (филиале) РЭУ им. Г.В. Плеханова функционирует ситуационный центр регионального социально-экономического развития, в котором разработаны автоматизированные средства оценки экономической эффективности инвестиционно-производственных проектов предприятий, проектов развития территорий, ориентированные, в рамках принципа информационной и инструментальной сбалансированности, на их оперативный кратко-, средне- и долгосрочный анализ. Кроме того, в центре разработаны удобные для пользователя инструменты геовизуального анализа территорий, включая автоматизированные средства геовизуализации объектов и построения карт социально-экономических показателей по сложным поисковым запросам. Разработанные инструменты позволяют применять СЭЦДТ при проведении социально-экономических экспериментов для оценивания состояния, динамики развития, а также других характеристик территории, на базе которых осуществляется принятие обоснованных управленческих решений по планированию и прогнозированию регионального социально-экономического развития.

Выводы

Таким образом, в настоящее время имеются основания утверждать наличие методологического, информационно-технологического, аналитического, организационного инструментария поддержки принятия решений по управлению региональным социально-экономическим развитием. Указанный инструментарий обеспечивает функционал такого понятия, как социально-экономический цифровой двойник территории. При этом его аналитическая и информационно-технологическая составляющие должны соответствовать принципу информационной и инструментальной сбалансированности, а аппаратные и программные средства – обеспечивать эффективную поддержку принятия индивидуальных и коллективных экспертных решений, с учетом как имеющихся, так и перспективных задач управления территориями региона. В этом случае СЭЦДТ может реализовать свою экономическую функцию замены реального прототипа цифровым двойником без рисков нарушения функционирования прототипа и значительной экономией затрат на организацию социально-экономических экспериментов, превращаясь в реальный инструмент управления региональным социально-экономическим развитием.

Список литературы

1. Государство как платформа: люди и технологии. Доклад РАНХиГС на X Гайдаровском форуме. [Электронный ресурс]. URL: <https://technet-nti.ru/news/6852> (дата обращения: 20.05.2020).
2. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Инструменты оценки управленческих решений в системе распределенных ситуационных центров // Инновационные технологии управления социально-экономическим развитием регионов России: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Уфа, 24–25 мая 2018). Уфа: Институт социально-экономических исследований УФИЦ РАН, 2018. С. 50–58.
3. Общероссийский классификатор направлений экономической деятельности. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/185134> (дата обращения: 20.05.2020).
4. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 20.05.2020).
5. Медведев А.В. Математическая модель оценки инвестиционной привлекательности региона // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8–2. С. 357–361.
6. Тырсин А.Н., Никулина Н.Л., Печеркина М.С. Оптимизационное моделирование как инструмент управления экономической безопасностью региона // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2018. № 4. С. 99–107.
7. Зандер Е.В., Инюхина Е.В., Старцева Ю.И. Исследование конкурентоспособности социально-экономических систем (на примере Сибирского федерального округа) // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 10. С. 6–17.
8. Суспицын С.А. Методы и модели координации долгосрочных решений в системе «национальная экономика – регионы». Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2017. 296 с.
9. Хасаев Г.Р., Цыбаев В.А. Технология прогнозирования регионального развития: опыт разработки и использования // Проблемы прогнозирования. 2002. № 3. С. 65–84.
10. Гурман В.И., Матвеев Г.А., Трушкова Е.А. Социально-экономическая модель региона в параллельных вычислениях // Управление большими системами: сборник трудов. 2011. № 32. С. 109–130.
11. Павлов Ю.В., Королева Е.Н. Пространственные взаимодействия: оценка на основе глобального и локального индексов Морана // Пространственная экономика. 2014. № 3. С. 95–110.
12. Медведев А.В. Применение z-преобразования к исследованию многокритериальных линейных моделей регионального экономического развития. Красноярск: Изд-во СибГАУ имени академика М.Ф. Решетнева, 2008. 228 с.
13. Райков А.Н. Ситуационная комната для поддержки корпоративных решений // Открытые системы. 1999. № 7–8. С. 56–66.
14. Маслов В.Ю., Тарасова О.В., Бульонков М.А. Ситуационная комната как элемент организации экспертного сообщества: задачи планирования и прогнозирования / Под ред. Г.А. Унтуры. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2018. 260 с.
15. Медведев А.В. Ситуационные центры социально-экономического развития как инструмент оперативного анализа и поддержки принятия управленческих решений // Социогуманитарный вестник. 2018. № 1 (18). С. 93–98.

УДК 004.5

ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМЫ «ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ВИДЕОПОТОКОВ»

¹Миссаров М.Д., ¹Шустова Е.П., ²Шустова К.П.

¹ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань,
e-mail: moukadas.missarov@kpfu.ru, evgeniyashustova@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Казань,
e-mail: kseniyashustova@yandex.ru

В настоящей статье разработан интерфейс главного окна системы «Обработка и анализ изображений и видеопотоков». Он представлен на UML-диаграмме классов интерфейса с использованием основных идей шаблона проектирования Model-View-Controller. Наряду с известными принципами проектирования информационных систем, такими как системность, развитие, совместимость, стандартизация, унификация и эффективность, с помощью предложенного интерфейса реализуются также принципы обучаемости, многопрофильности, научности, открытости. Эта система позволяет пользователям тестировать классические, современные (опубликованные в научных журналах) и персональные методы обработки и анализа изображений и видеопотоков; сравнивать качество работы разных методов для решения одной задачи; использовать при анализе качества работы методов известные репозитории данных. Разрабатываемая система является как инструментом улучшения методов обработки и анализа изображений (видеопотоков), так и средством ознакомления с прикладными модулями, отчетами о качестве работы алгоритмов методов и прикладных модулей. Это может осуществляться с помощью применения базы данных, поставляемой с системой, с использованием своих материалов или с помощью общения через интернет-страницу системы с другими пользователями этой системы.

Ключевые слова: интерфейс системы, принципы проектирования, UML, диаграммы классов интерфейсов, обработка изображений, анализ изображений, прикладные модули, качество методов

INTERFACE OF SYSTEM «PROCESSING AND ANALYSIS OF IMAGES AND VIDEO STREAMS»

¹Missarov M.D., ¹Shustova E.P., ²Shustova K.P.

¹Kazan (Volga region) federal university, Kazan, e-mail: moukadas.missarov@kpfu.ru,
evgeniyashustova@yandex.ru;

²Kazan State Energy University, Kazan, e-mail: kseniyashustova@yandex.ru

In this article, the interface of the main window of the system «Processing and analysis of images and video streams» is developed. It is presented on the UML diagram of the interface classes using the basic ideas of the Model-View-Controller design pattern. Along with the well-known principles of designing information systems, such as: systemicity, development, compatibility, standardization and unification, efficiency, the following principles are also implemented using the proposed interface: learning ability, versatility, science, openness. This system allows users to: test classic, modern (published in scientific journals) and personal methods of processing and analysis of images and video streams; compare the quality of work of different methods to solve one problem; use well-known data repositories when analyzing the quality of work of methods. The system under development is both a tool for improving image processing and analysis methods (video streams), and a means of familiarizing oneself with application modules, reports on the quality of work of method algorithms and application modules. This can be done by using both the database supplied with the system and using its materials or by communicating through the system's web page with other users of this system.

Keywords: system interface, design principles, UML, interface class diagrams, image processing, image analysis, application modules, quality of methods

В настоящее время имеется большой объем информации о методах обработки и анализа изображений и видеопотоков. Но вся эта информация содержится в разных научных журналах, диссертациях и учебных пособиях в текстовом формате. Отметим, что в разработанных в настоящее время системах компьютерной алгебры и языках программирования (например, Python, C++, C#) есть возможность работать с методами обработки и анализа изображений. Но в них реализованы уже давно известные методы, причем в них

есть много недостатков: не отражены новые достижения в области методов обработки и анализа изображений и видеопотоков, что тормозит развитие научной мысли в этой области [1]. Отметим и другой аспект. Степень сотрудничества вузов России с фирмами – производителями информационных технологий как в области обработки и анализа изображений и видеопотоков, так и в области управления качеством такого анализа невысока.

Как показало изучение рынка существующих программ, на данный момент еще

нет системы, которая могла бы позволить пользователям:

- тестировать классические, современные (опубликованные в научных журналах) и персональные методы обработки и анализа изображений и видеопотоков (например, [2, 3]);
- сравнивать качество работы разных методов для решения одной задачи;
- использовать при анализе качества работы методов известные репозитории данных (например, [4]).

Поэтому создание такой системы носит инновационный характер. В настоящей работе разрабатывается интерфейс главного окна именно такой системы. Принципы проектирования и ее архитектура описаны в статье [1].

Разрабатываемая система является как инструментом улучшения методов обработки и анализа изображений (видеопотоков), так и средством ознакомления с прикладными модулями, отчетами о качестве работы алгоритмов методов и прикладных модулей. Это может осуществляться с помощью использования как базы данных (БД), поставляемой с системой, так и с применением своих материалов или с помощью общения через интернет-стра-

ницу системы с другими пользователями этой системы.

Цель исследования: создание системы поддержки принятия решений, которая способствовала бы ускорению развития научной мысли в области обработки и анализа изображений и видеопотоков, а также разработке прикладных решений в этой области.

Объекты исследования: изображения, видеопотоки, методы обработки изображений, методы анализа изображений и видеопотоков.

Интерфейс главного окна системы «Обработка и анализ изображений и видеопотоков»

Рассмотрим принципы проектирования и архитектуру системы «Обработка и анализ изображений и видеопотоков», описанные в статье [1]. Ниже представим объекты, которыми надо управлять через интерфейс согласно этой архитектуре, и их взаимосвязи в виде схемы (рис. 1).

Поясним приведенную схему. Пользователь должен иметь возможность работать через систему управления интерфейсом с системой управления базой данных (СУБД) и системой управления базой моделей (СУБМ) следующим образом.

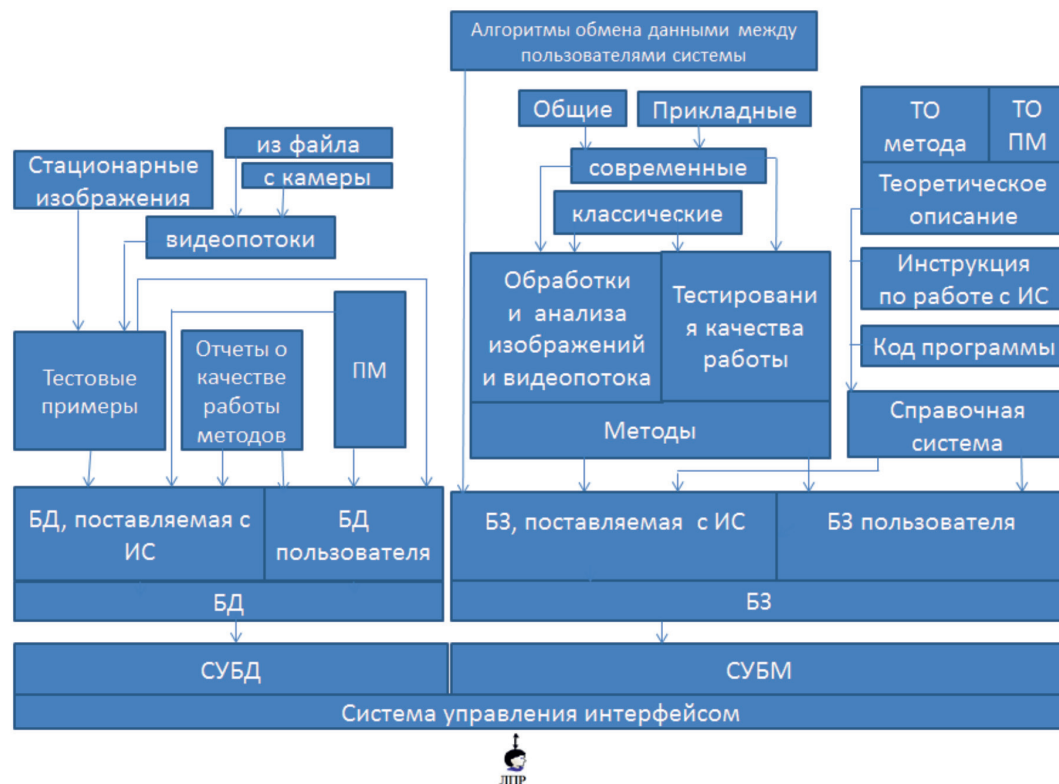


Рис. 1. Объекты ИС «Обработка и анализ изображений и видеопотоков»

Интерфейс для работы с СУБД должен содержать виджеты для извлечения информации из БД, поставляемой с системой, и обновления БД пользователя. В свою очередь обе эти БД должны иметь одинаковую архитектуру, а именно должны состоять из тестовых примеров, отчетов о качестве работы методов и прикладных модулей. Тестовые же примеры – это стационарные изображения и видеопотоки. Причем интерфейс должен позволять работать с видеопотоками как из файла, так и с камеры.

Интерфейс для работы с СУБМ должен содержать виджеты для извлечения информации из базы знаний (БЗ), поставляемой с системой, и обновления БЗ пользователя. В свою очередь обе эти БЗ должны иметь одинаковую архитектуру, а именно должны состоять из методов и справочной системы. Методы же подразделяются на методы тестирования качества работы алгоритмов и методы обработки и анализа (изображений и видеопотоков). Причем интерфейс СУБМ должен позволять работать с видеопотоками как из файла, так и с камеры и давать возможность работать как с классическими, так и с современными методами. В справочной системе должны быть приведены: теоретическое описание (метода, прикладного модуля), инструкция по работе с ИС и код программы для описываемого метода.

Реализуем проектирование интерфейса главного окна такой системы с использованием основных идей шаблона проектирования Model-View-Controller. Ниже приведем разработанную диаграмму классов этого интерфейса (рис. 2).

Поясним приведенную диаграмму. Диаграмма разработана с помощью ArgoUML. При ее разработке классы контроллера на схеме в силу возможности мы размещали друг относительно друга именно там, откуда на форме пользователь будет отправлять соответствующие команды. Поэтому блок «Контроллер» одновременно сообщает нам и дизайн главного окна. В блоке «Представление» расположение классов тоже соответствует порядку размещения соответствующих разделов. Согласно этой диаграмме главное окно системы (класс `cMainWindow`) разбиваем на левую и правую части. В левой части располагаем навигационную панель ИС (класс `cNavigationBar`), где пользователь выбирает нужный раздел, а в правой части (класс `cWorkSpace`):

– в верхней подобласти (класс `cMetaField`) слева отображается этот выбранный раздел (класс `cSelectedSection`), спра-

ва – всегда кнопка с разворачивающимся меню (класс `cUserMenu`) для настройки цвета (`FontColor`) и размера шрифта (`FontSize`) на формах пользователя, установки способа выделения (`metSelectedSection`) выбранного раздела (жирный шрифт, подчеркивание, подсветка и установка цвета подцветки), установки порядка отображения разделов на навигационной панели (`OrderSections`), а также вставки своего изображения на эту кнопку (`Download`) (например, своего фото) и текста слева от нее (`NameEntry`) (например, своего имени);

– в нижней части подобласти отображается сама выбранная форма (класс `cSelectedForm`).

Здесь везде буква «с» в начале наименования класса означает, что это класс контроллера.

Из диаграммы видим, что класс представлений `View_IS` наследует методы двух классов: класса представления меню пользователя `vUserMenu` и класса представления навигационной панели `vNavigationBar`.

Класс `vUserMenu` наследует свойства классов `vUserMapping` и `vColorFontManagement`, отвечающих соответственно за:

– отображение пользователя на кнопке меню и его имени в правом верхнем углу формы главного окна;

– управление цветом форм и шрифтом во всех окнах системы.

Это означает, что в интерфейсе в правом верхнем углу пользователь будет видеть кнопку с разворачивающимся меню. В этом разворачивающемся меню он увидит две строки:

– отображение пользователя (класс `vUserMapping`);

– управление цветом форм и шрифтом (класс `vColorFontManagement`).

Из блока представления навигационной панели `vNavigationBar` видим, что на навигационной панели пользователь может выбрать разделы:

– Личный кабинет пользователя (класс `vUserAccount`);

– Методы (класс `vMethods`);

– Репозиторий данных (класс `vDataRepository`);

– Тестирование работы методов (класс `vMethodTesting`);

– Отчеты о качестве работы методов (Reports on the quality the working of methods) (класс `vReportsQuality`);

– Прикладные модули (Application modules) (класс `vApplicationModules`);

– Справка (класс `vHelp`).

Каждый из этих разделов пользователь может выбрать (метод `SelectedSection`), развернуть и свернуть (метод `ExpandCurtail`).

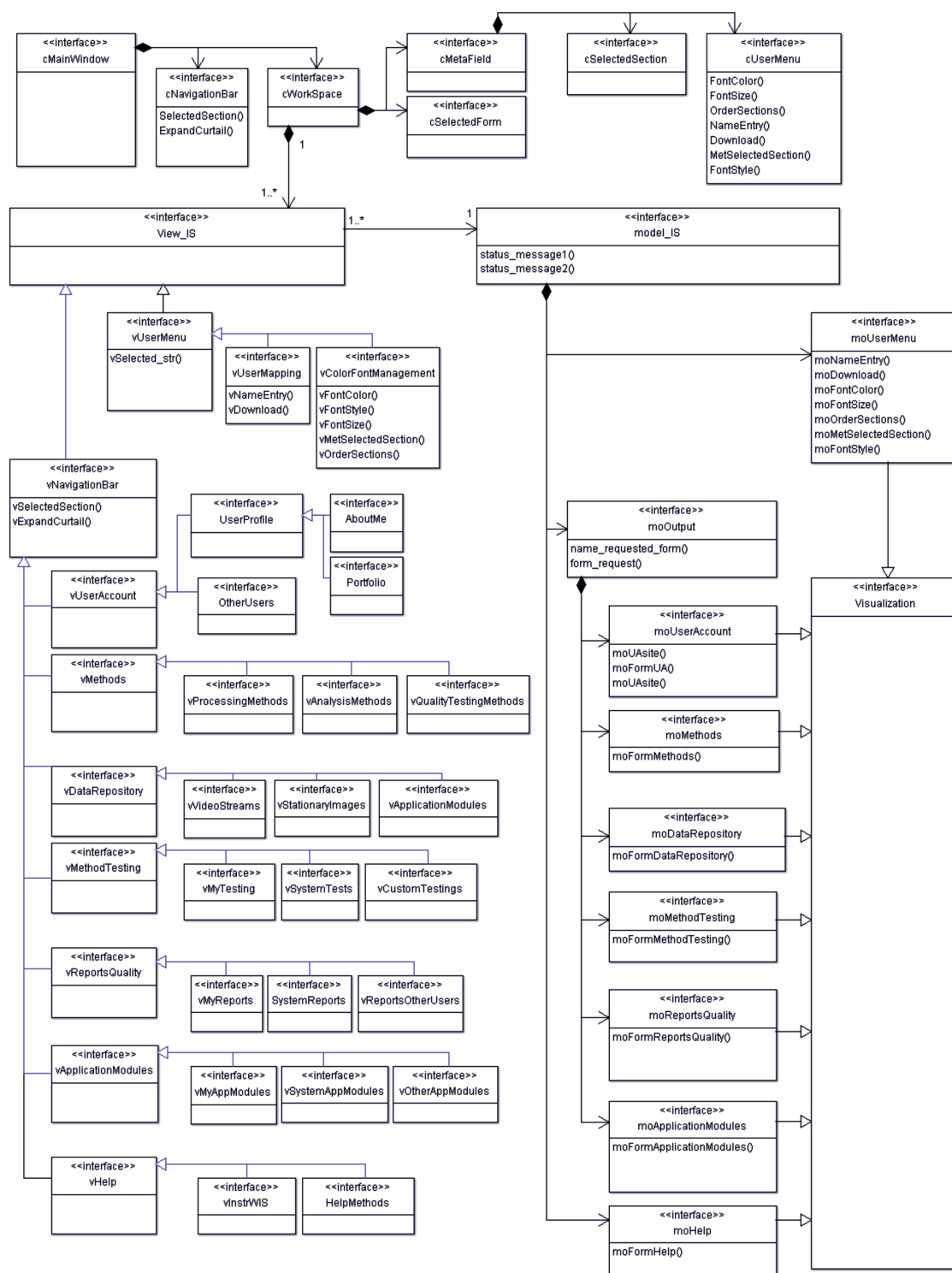


Рис. 2. Диаграмма классов интерфейса главного окна системы
«Обработка и анализ изображений и видеопотоков»

Раздел «Личный кабинет пользователя» можно развернуть на два подраздела:
– профиль пользователя (UserProfile);
– другие пользователи ИС (OtherUsers).

Подраздел «Профиль пользователя» в свою очередь можно развернуть на два подраздела:
– о себе (класс AboutMe);

– портфель (Portfolio).

Каждому подразделу раздела UserAccount соответствуют два ресурса: интернет-страница и форма в рамках ИС, которые формируются при срабатывании методов moUASite и moFormUA из класса moUserAccount соответственно. Все изменения, которые внесены в «Личный кабинет пользователя» в рамках локальной ИС, считываются соответственно и на интернет-страницу, если пользователь установил опцию: отобразить на сайте (см. метод moUASite).

В рамках локальной ИС на форме «Профиль пользователя» пользователь:

- вводит краткую информацию о себе (имя, e-mail, области интересов);
- открывает или закрывает доступ другим пользователям системы к материалам своего портфеля;
- фильтрует информацию своего портфеля согласно его запросу [1].

Портфель пользователя – его собственные файлы изображений и видеопотоков, отчетов о качестве работы методов, собственные методы и прикладные модули [1]. Информация о виде открытости материала портфеля синхронно отображается и на всех других формах ИС. Если эта информация будет изменена непосредственно на этих других формах, то она так же синхронно изменится и в «Портфеле пользователя»;

- система отображает открытые для использования другим пользователям материалы владельца личного кабинета с указанием их вида открытости: для всех или по требованию.

Подразделу «Другие пользователи ИС» соответствует форма, на которой отображены другие пользователи системы, их материалы, блок общения с конкретным пользователем, форум.

Раздел «Методы» можно развернуть на три подраздела:

- методы обработки изображений и видеопотоков (класс vProcessingMethods);
- методы анализа изображений и видеопотоков (класс vAnalysisMethods);
- методы тестирования качества работы алгоритма метода (класс vQualityTestingMethods).

Раздел «Репозиторий данных» можно развернуть на три подраздела:

- видеопотоки (класс vVideoStreams);
- стационарные изображения (класс vStationaryImages);
- прикладные модули (класс vApplicationModules).

Раздел «Тестирование работы методов» можно развернуть на три подраздела:

- мои тестирования (класс vMyTesting);
- тестирования, поставляемые с системой (tests supplied with the system) (класс vSystemTests);

- пользовательские тестирования (класс vCustomTestings).

Раздел «Отчеты о качестве работы методов» можно развернуть на подразделы:

- мои отчеты (класс vMyReports);
- отчеты, поставляемые с системой (reports supplied with the system) (класс SystemReports);
- отчеты других пользователей (reports of other users) (класс vReportsOtherUsers).

Раздел «Прикладные модули» можно развернуть на подразделы:

- мои прикладные модули (класс vMyAppModules);
- прикладные модули, поставляемые с системой (класс vSystemAppModules);
- прикладные модули других пользователей (класс vOtherAppModules).

Раздел «Справка» можно развернуть на подразделы:

- инструкция по работе с ИС (класс vInstrWIS);
- справка по методам (класс HelpMethods).

Выбранный пользователем раздел по умолчанию выделяется системой жирным шрифтом.

Контроллер (Controller) – классы, воспринимающие команды пользователя. Он интерпретирует действия пользователя, оповещая модель о необходимости изменений. Класс главного окна cMainWindow полностью владеет остальными классами. Он отвечает за весь их жизненный цикл, включая создание и уничтожение. Поэтому тип отношений – композиция.

Контроллер принимает команды пользователя и в соответствии с ними изменяет состояние модели. Всякий раз, когда состояние модели изменяется, модель шлет об этом уведомление представлению. Получив уведомление о том, что состояние модели изменилось, представление обновляет визуализацию, перерисовывая ее в соответствии с состоянием модели. И, наконец, пользователь, видя эти изменения, воспринимает их как реакцию приложения на свои действия. При этом сама модель ничего не знает ни о представлениях, которые ее визуализируют, ни об используемых этими представлениями способах визуализации.

У нас каждое представление имеет ссылку на модель и само решает, какие части модели и каким образом визуализировать. Это показано на диаграмме при помощи ссылки на модель из базового класса представлений View_IS в класс model_IS. Каждое представление зависит от модели.

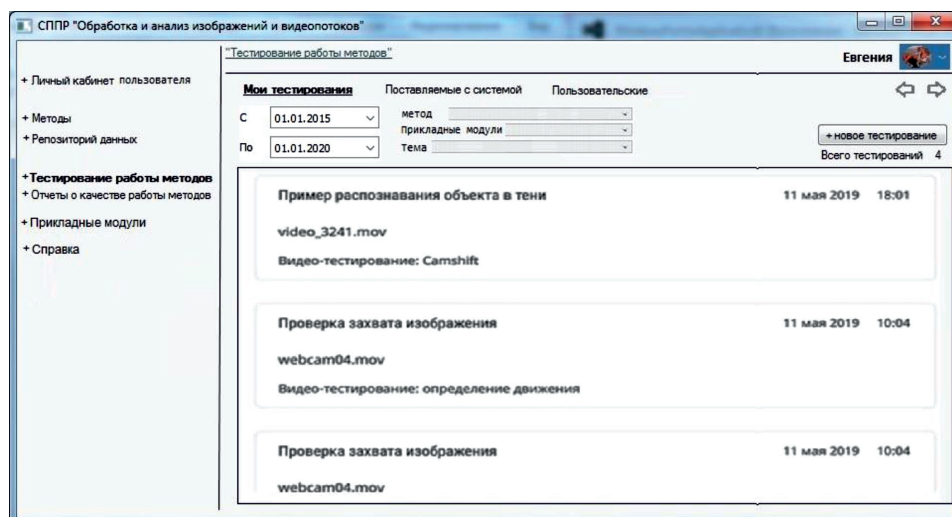


Рис. 3. Интерфейс главного окна системы «Обработка и анализ изображений и видеопотоков» с выбранным разделом

При клике на подразделы срабатывают соответствующие методы из модели и открывается соответствующая форма. Методы из модели помечены на диаграмме символами «mo» в начале наименования метода, а соответствующие им методы представления – символом «v». Все формы, кроме форм для меню пользователя и раздела «Справка», открываются в нижней части рабочей области, а пока они еще не открылись, на этом месте вращается кружок, который сигнализирует о том, что запрос принят и идет обработка (см. метод `status_message1`). Формы для меню пользователя и раздела «Справка» открываются в своих отдельных окнах. Состояние системы при клике на раздел «Справка» или на меню пользователя отмечается вращающимся кружком около них (см. метод `status_message2`).

Заметим, что мы поместили всю функциональность контроллера, отвечающую за выдачу наименования (метод `name_requested_form`) и самой формы выбранного раздела навигационной панели (метод `form_request`), в один класс срабатывания `moOutput`. Мы сделали это с целью избежать дублирования кода для этих операций.

Заметим, что система разрабатывается для русскоязычного пользователя. Ниже представим соответствующий этой диаграмме примерный вид формы главного окна с выбранным пользователем разделом «Тестирование работы методов» на навигационной панели (рис. 3). Интерфейс формы этого раздела описан в работе А.Ю. Соловьяненко [5] и встроен в эту систему.

Заключение

Наряду с известными принципами проектирования информационных систем, такими как системность, развитие, совместимость, стандартизация, унификация и эффективность, с помощью предложенного интерфейса реализуются также принципы обучаемости, многопрофильности, научности, открытости. Заметим, что разработанный нами интерфейс позволяет реализовать принцип открытости системы двумя способами: без выхода в интернет и с выходом в него, а именно: без выхода в интернет можно использовать модули для добавления (удаления, обновления) пользовательских баз тестовых примеров изображений и видеопотоков, методов, прикладных модулей и отчетов о качестве исполнения алгоритмов; с выходом на сайт этой системы – работать в своем личном кабинете. В своем профиле пользователь увидит новости и других пользователей этой системы, если они в своем личном кабинете разрешили видимость себя и своих сообщений на этой странице. Эта информация может быть использована для общения и обмена материалами между пользователями. Доступ к своим материалам пользователь открывает по своему усмотрению и на тех условиях, которые будут обговорены вне нашей системы.

Пользователь может получать (давать) доступ к пользовательским (соответственно своим) разработанным методам обработки или анализа изображений и видеопотоков, методам тестирования алгоритмов, при-

кладным модулям, отчетам по результатам тестирований, а также тестовым изображениям или видео. Прикладные модули могут быть использованы также и как самостоятельные системы.

Разрабатываемая система внесет весомый вклад в обеспечение интеграции образования, науки и производства, что является залогом успешного выполнения управления качеством и, как следствие, обеспечения конкурентоспособности отечественных систем интеллектуального видеоанализа. В этой системе отражены новые достижения в области методов обработки и анализа изображений и видеопотоков (со ссылками на современные научные статьи и репозитории), что будет способствовать ускорению развития научной мысли в этой области.

Список литературы

1. Shustova E.P. Design principles and architecture of the system «Processing and analysis of images and video streams». Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1158(4):042017. DOI: 10.1088/1742-6596/1158/4/042017.
2. Белим С.В., Ларионов С.Б. Алгоритм сегментации изображений, основанный на поиске сообществ на графах // Компьютерная оптика. 2016. Т. 40. № 6. С. 904–910. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-6-904-910.
3. Шаталин Р.А., Фидельман В.Р., Овчинников П.Е. Обнаружение нехарактерного поведения в задачах видеонаблюдения // Компьютерная оптика. 2017. Т. 41. № 1. С. 37–45. DOI: 10.18287/2412-6179-2017-41-1-37-45.
4. Princeton Tracking Benchmark. [Электронный ресурс]. URL: <http://tracking.cs.princeton.edu/dataset.html> (дата обращения: 20.05.2020).
5. Соловяненко А.Ю. Система тестирования качества работы методов обработки и анализа изображений и видеопотоков // XXIV Туполевские чтения: материалы Международной молодежной научной конференции (Казань, 7–8 ноября 2019 г.). Казань: Изд. ИП Сагиева А.Р., 2019. Т. 4. С. 417–423.

УДК 004.852

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫРУЧКИ ПРЕДПОЛАГАЕМОЙ ТОРГОВОЙ ТОЧКИ СЕТИ МЕДИЦИНСКИХ ТОВАРОВ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ

Пахомова К.И., Пересунько П.В., Виденин С.А.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: svidenin@sfu-kras.ru

Вследствие стремительного роста популярности применения методов машинного обучения в практической среде инженеры по работе с данными сталкиваются с рядом вопросов, касающихся определенной узкой прикладной области. В данной работе подчеркивается специфика задачи, а именно предсказание предполагаемого дохода точки торговой сети. Точность предсказания строится на наборе факторов, в большей или меньшей мере влияющих на конечный результат. Таким образом, в данной работе были задействованы признаки, описывающие специфику работы торговой точки (время или площадь торгового помещения), а также акцент делался на геопространственных данных (например, количество конкурентов в радиусе 200 м). С учетом таких признаков у исследователей возникают дополнительные условия и варианты комбинаций уже существующих методов интеллектуального анализа данных. Таким образом, в данной работе были сравнены регрессионные модели, а именно лассо и гребневая. Также применены методы предобработки данных, выполнена операция шкалирования, построена корреляционная матрица признаков. В результате работы были определены признаки, которые в большей степени влияют на доход торговых точек, а также вычислена математическая формула модели прогнозирования.

Ключевые слова: искусственный интеллект, задача прогнозирования, регрессия, машинное обучение, геоинформационные системы, торговая сеть

PREDICTION OF THE PROPOSED RETAIL MEDICAL NETWORK INCOME BASED ON GIS DATA

Pakhomova K.I., Peresynko P.V., Videnin S.A.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: svidenin@sfu-kras.ru

Due to the rapidly growing popularity up of machine learning methods in a variety of spheres, so data engineers are confronted with a number of issues relating to a specific application field. This paper focused on the specific issue, namely, predicting the income of the retail network. The accuracy of the prediction is based on a set of features that more or less affect the prediction result. Thus, in this paper, features were used that describe not only the specifics of the retail outlet, such as working time or area of the retail but the emphasis was on geospatial data, for instance, the number of competitors within a radius of 200 meters. Given these features, researchers have additional information and a variety of existing data mining methods. Thus, in this paper, regression models were compared, namely, the lasso and ridge. Data preprocessing and scaling were also applied on the dataset, in addition, a correlation matrix of features was computed. In conclusion, features were identified that affected the income of retail outlets, as well as the mathematical formula of the prediction model, was calculated.

Keywords: artificial intelligence, prediction, regression, machine learning, geographic information systems, retail network

В настоящее время внедрение методов искусственного интеллекта становится все более актуальным в коммерческих и научных сферах. С целью оптимизации бизнес-процессов современные компании нуждаются в детальном статистическом анализе. Одним из релевантных вопросов для предпринимателей является прогнозирование их дохода на некоторое время вперед. На текущий момент существует множество решений, основанных на анализе предпринимательской деятельности [1–3]. Однако при задании определенных условий требуется наиболее подходящее решение, которое целиком и полностью будет соответствовать конкретному бизнес-процессу. Таким образом, данная работа ориентирована на решение проблемы прогнозирования дохода при открытии новой точки торговой сети. В ситуации выбора прибыльного местора-

сположения предприниматель учитывает нахождение других собственных функционирующих торговых точек, а также ряд условий, описывающих предполагаемое месторасположение. В ситуации неизвестности человек опирается на свою интуицию и ограниченное количество информации. В данной работе предполагается использовать подходы интеллектуального анализа данных для принятия решения о выборе будущей торговой точки, в частности прогнозирование выручки в условиях оценки уже существующих торговых точек. Имеющиеся торговые точки характеризуются рядом признаков, которые так или иначе могут отразиться на рентабельности месторасположения. Таким образом, в данной задаче будут учитываться геопространственные данные и конкретные характеристики каждого месторасположения.

В работе [1] авторы для оценки месторасположения вводят простую линейную регрессию, затем множественную регрессию и после описывают алгоритм нейронной сети, который применяется на розничном наборе данных из «Google Places API».

Ранее задача прогнозирования доходов розничной торговли была исследована в работах [3, 4].

Авторы работы [3] используют пространственно-временную эвристику с целью предсказать «идеальное» месторасположение торговой точки, которое в конечном итоге приведет к увеличению прибыли компании. В данной работе экспериментальный набор данных представлял собой объединение демографических и экономических данных, а сам подход состоял из двух этапов: машинное обучение и применение эконометрических методов. В работе [4] авторы уже описывали подход, в котором возможно рассчитать предполагаемую выручку торговой точки медицинской сети. Помимо этого, ими была описана диаграмма информационной системы, в которой одной из ее частей являлся модуль, выполняющий расчет предполагаемой выручки. Однако в данной работе авторы с целью уменьшения ошибки предсказания предложили иной подход к решению задачи предсказания выручки.

Область машинного обучения предоставляет широкий выбор алгоритмов интеллектуального анализа данных, реализация которых помогает решать теоретические и практические задачи. Примерами таких задач являются: отбор значимых признаков, рекомендации, прогнозирование, кластеризация, классификация и пр. [5, 6]. В данной работе будет описан ряд шагов, включающий предобработку данных, обучение математических моделей и выбор релевантной модели прогнозирования. Относительно шага предобработки данных будет выполнена операция шкалирования. Обучение математической модели реализовано с помощью подходов: лассо, гребневой регрессии и деревьев решений. В результате данной работы будет представлена математическая формула, описывающая поведение выхода модели (прибыль торговой точки), и набор значимых признаков с подобранными коэффициентами, влияющими на этот выход.

Материалы и методы исследования

Для реализации эксперимента были проанализированы данные определенной торговой сети медицинских товаров. Количество признаков, влияющих на результат выручки, составляет 121 единицу, а торго-

вая сеть располагает 67 розничными торговыми точками. Полученные признаки характеризуют каждую торговую розничную точку одной сети: площадь помещения, количество ступенек, наличие окна, количество касс, количество рабочих часов, тип торгового помещения: отдельно стоящее, или торговый центр, или находится в лечебном учреждении.

К геоинформационным данным относятся следующие признаки: количество квартир; средний возраст зданий; количество остановок общественного транспорта; количество дорожных развязок; количество станций метро; размер трафика в метро; количество супермаркетов; количество торговых центров; количество конкурентов; количество магазинов и пр.

Особенностью геоинформационных данных является то, что каждый признак имеет дополнительный атрибут, выраженный в расстоянии, а именно радиусе. Таким образом, от предполагаемой торговой точки откладывается радиус в 100, 200, 300, 400, 500 и 800 м, в данном радиусе измеряется количество тех или иных объектов, соответствующих вышеописанным признакам. Примером может служить признак «transport_stops_200», который обозначает количество транспортных остановок в радиусе 200 м от предполагаемой торговой точки.

Программная реализация эксперимента включает в себя три основных шага, на первом из них происходит предобработка данных. На втором шаге в ходе вычислительного эксперимента определяется оптимальное количество признаков, влияющих на доход торговых точек, и на последнем шаге происходят обучение моделей и сравнение результатов предсказания моделей относительно их ошибок.

В ходе предобработки данных выбросы были сглажены с помощью правила межквартильных размахов. Из-за малого количества точек вместо удаления точки с выбросами сглаживание происходило с помощью значений 0,05 и 0,95 квантиля. Помимо этого, была применена операция шкалирования по причине того, что все признаки имели разный диапазон значений, в конечном счете все значения были приведены к диапазону от 0 до 1. Значения категориальных признаков (количество кассиров, тип здания) приводились к значениям 0 и 1, так как они являются бинарными и нет необходимости вводить фиктивные переменные. Неинформативные признаки были удалены с помощью метода «near zero-variance predictors» [7]. Признаки, которые имеют малые колебания, были исключены. На-

пример, если признак принимает значение 0 или 1 и при этом в 95 % случаях он принимает только значение 1, то он считается неинформативным. Также для того, чтобы исключить экспоненциальную зависимость, была использована трансформация бокса-кокса [8].

Особенный интерес для анализа представляют интерпретируемые модели. Важная особенность этой задачи состоит в том, что данные содержат более 100 признаков и всего 67 кортежей значений. В этом случае обучать обычную линейную регрессию не имеет смысла, по этой причине были обучены линейные модели с регуляризацией, а именно: гребневая регрессия [9] и регрессия лассо [10]. Данные модели имеют параметр регуляризации λ – гиперпараметр, который был подобран путем поиска перебором по значениям {400, 200, 100, 50, 40, 30, 20, 10, 5, 2, 1, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001, 0}. Для выбора оптимальной модели использовалась процедура эмпирического оценивания обобщающей способности алгоритмов – скользящий контроль по отдельным объектам. В качестве меры ошибки применялась средняя абсолютная ошибка. Для добавления нелинейности данных был использован алгоритм построения дерева решений M5 [11] с линейной регрессией на узлах. В качестве линейной регрессии использовалась лассо-регрессия для уменьшения количества признаков и предотвращения переобучения.

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 1 представлены результаты построения регрессии лассо и гребневой регрессии. Как видно, обе эти модели плохо описывают данные. Вероятно, простая линейная регрессия не способна описать зависимость между спрогнозированным доходом и признаками торговой точки.

Таблица 1
Результаты сравнения
точности прогноза моделей

Модель	MAE	MAPE	Процент точек, где точность более 80
Лассо	453,46	40,14%	33,3%
Гребневая	523,2	51,66%	32,0%
Дерево M5	249,34	19,23	71,32%

При реализации алгоритма «M5» первым признаком, по которому построилось дерево, было количество квартир в радиусе 500 м. Если его нормированное значение больше 0,5, то прогноз осуществляется по формуле:

$$\text{income_rate} = -0.28 * \text{avg_buildings_age_100} - 0.04 * \text{transport_stops_500} + 0.1 * \text{wifi_traffic_100} + 0.09 * \text{malls_300} - 0.2 * \text{rubric_360_500} + 0.18 * \text{rubric_399_300} + 0.05 * \text{pharmacies_100} + 0.01 * \text{street_retail_200} + 0.01 * \text{competitors_400}$$

Если значение было меньше 0,5, то для прогноза использовалась формула:

$$\text{income_rate} = +0.07 * \text{transport_stops_300} + 0.06 * \text{transport_stops_400} + 0.18 * \text{transport_stops_500} + 0.04 * \text{supermarkets_300} + 0.01 * \text{malls_100} + 0.04 * \text{malls_800} + 0.07 * \text{rubric_399_400} + 0.17 * \text{rubric_410_200} + 0.1 * \text{rubric_418_800}$$

Интерпретация наименований признаков модели представлена в табл. 2. На рис. 1 показана матрица корреляции, где цветом обозначен переход от положительной корреляции к отрицательной. Стоит отметить, что на размер дохода торговых точек (признак «income_rate») влияют признаки «avg_buildings_age_100» и «rubric_360_500» в большей степени, что и было доказано при вычислении формулы модели, отражено в коэффициентах выражения. Можно заметить, что и сами признаки, влияющие на выход модели (признак «income_rate»), коррелируют между собой, это видно на примере признаков «rubric_360_500» и «transport_stops_400», а также «rubric_360_500» и «transport_stops_300».

Таблица 2
Интерпретация наименований признаков моделей

Наименование признака в БД	Перевод	Наименование признака в БД	Перевод
income_rate	Доходность торговой точки	pharmacies	Количество аптек
avg_buildings_age	Средний возраст зданий	street_retail	Количество точек розничной торговли
transport_stops	Количество остановок общественного транспорта	competitors	Количество конкурентов
wifi_traffic	Проходимость торговой точки	supermarkets	Количество продовольственных магазинов
malls	Количество торговых центров	rubric_360, 399, 410, 418	Количество медицинских учреждений (поликлиник, больниц, стоматологий, медицинских центров и т.д.)

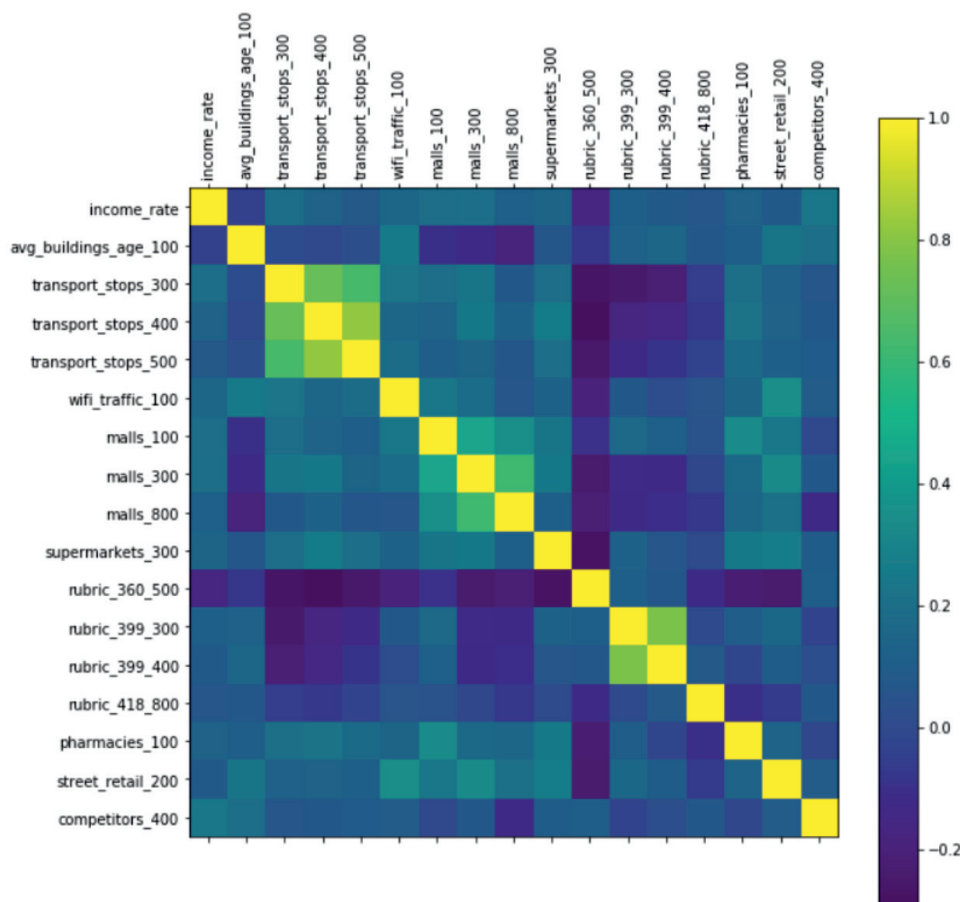


Рис. 1. Корреляционная матрица признаков моделей

Результаты прогноза модели «M5» приведены на рис. 2. Звездочками показаны настоящие значения прибыльности точек, упорядоченные в порядке возрастания.

Красной линией показан прогноз для соответствующих точек. Для каждой точки модель переобучалась без использования этой точки, и только после этого делался прогноз. Следовательно, модель эту точку еще «не видела». Как видно, средняя относительная ошибка прогноза стала меньше в несколько раз. Более глубокие модели показали ошибку на скользящем контроле более чем M5. При этом интерпретировать модель довольно легко. Если количество квартир в радиусе 500 м больше среднего, то имеют сильное отрицательное влияние возраст зданий и рубрика «gubric_360», зато положительно влияет рубрика «gubric_399» в радиусе 300 м. Также положительно влияют «wifi_traffic» и количество торговых центров в радиусе 300 м. Если количество квартир в радиусе 300 м меньше среднего, то на доходность торговой точки положи-

тельно влияют «gubric_410» и «gubric_418». Также положительно влияет количество транспортных остановок в радиусе 500 м, что логично, так как, если квартир мало, для точки важно, есть ли рядом остановки, на которые люди могут приезжать.

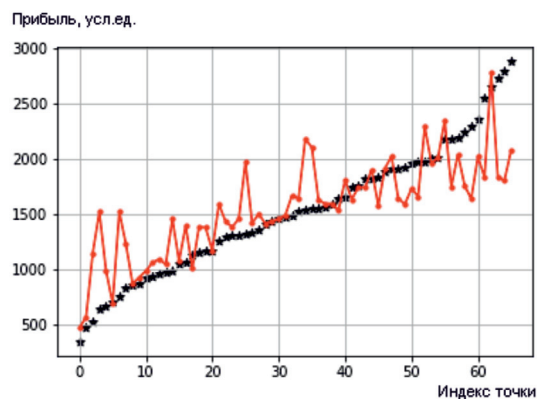


Рис. 2. Результат прогноза модели M5

Заключение

Как можно заметить, модель 5 раз завысила результат предсказания доходности торговых точек с малой прибылью и в несколько раз завысила прогноз для торговых точек со средней прибылью, занизила прибыльность торговых точек с большой прибылью. Стоит отметить, что на точность прогноза могут влиять и другие признаки, которые не были охвачены данным экспериментом, например человеческий фактор – оценка качества работы продавцов. Обзор работ по данной тематике позволяет говорить о том, что набор признаков, который анализируется специалистами по работе с данными, может включать в себе как геопространственные, так и данные экономических показателей, описывающих возможную привлекательность торговой точки или места предоставления разного рода услуг. Очень важно отобрать признаки, которые способны в той или иной мере повлиять на результат предсказания, причем не стоит пренебрегать тематикой сферы торговой сети. Таким образом, поиск признаков, описывающих привлекательность торговой точки, остается одной из актуальных задач для исследователей. Кроме того, на результат предсказания могут повлиять специфика торговой сети и качество предоставляемых услуг. В будущем авторы планируют расширять текущую работу за счет поиска признаков, описывающих данную предметную область, в частности фармацевтическую отрасль. Вследствие этого полученные релевантные признаки смогут оказать положительное влияние на результат прогноза, а именно повлиять на уменьшение ошибки.

Список литературы

1. Satman M.H., Altunbey M. Selecting Location of Retail Stores Using Artificial Neural Networks and Google Places API. *International Journal of Statistics and Probability*. 2014. vol. 3. P. 67–77. DOI: 10.5539/ijsp.v3n1p67.
2. Ferreira K., Lee B.H., Simchi-Levi D. Analytics for an Online Retailer: Demand Forecasting and Price Optimization. *Manufacturing & Service Operations Management*. 2016. vol. 18. P. 69–88. DOI: 10.1287/msom.2015.0561.
3. Glaeser C.K., Fisher M., Su X. Optimal Retail Location: Empirical Methodology and Application to Practice. *SSRN Electronic Journal*. 2016. P. 1–28. DOI: 10.1287/msom.2018.0759.
4. Pakhomova K., Peresunko P., Videnin S., Soroka E. The income prediction module of the retail store's network. *Applied methods of statistical analysis. Statistical computation and simulation – AMSA'2019. Proceedings of the International Workshop*. 2019. P. 428–435.
5. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R*. Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2013. P. 59–332. DOI: 10.1007/978-1-4614-7138-7.
6. Kuhn M., Johnson K. *Applied Predictive Modeling*. Springer-Verlag, New York, 2013. P. 101–223. DOI: 10.1007/978-1-4614-6849-3.
7. Kuhn M. Building Predictive Models in R Using the caret Package. *Journal of Statistical Software*. 2008. vol. 28. P. 1–26. DOI: 10.18637/jss.v028.i05.
8. Hossain M. The Use of Box-Cox Transformation Technique in Economic and Statistical Analyses. *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences*. 2011. vol. 2. P. 32–39.
9. Aloraini A. On the Prediction Accuracies of Three Most Known Regularizers: Ridge Regression, The Lasso Estimate and Elastic Net Regularization Methods. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*. 2017. vol. 8. P. 29–36. DOI: 10.5121/ijaia.2017.8603.
10. Tibshirani R. Regression shrinkage selection via the LASSO. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*. 2011. vol. 73. P. 273–282. DOI: 10.2307/41262671.
11. Solomatine D., Yunpeng X. M5 Model Trees and Neural Networks: Application to Flood Forecasting in the Upper Reach of the Huai River in China. *Journal of Hydrologic Engineering*. 2004. vol. 9. P. 1–10. DOI: 10.1061/(ASCE)1084-0699(2004)9:6(491).

УДК 519.6

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НУЛЕЙ И ЭКСТРЕМУМОВ ФУНКЦИЙ НА ОСНОВЕ СОРТИРОВКИ С ПРИЛОЖЕНИЕМ К АНАЛИЗУ УСТОЙЧИВОСТИ. I. СЛУЧАЙ ОДНОЙ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ

Ромм Я.Е.

*Таганрогский институт имени А.П. Чехова (филиал) ФГБОУ ВО «РГЭУ (РИНХ)»,
Таганрог, e-mail: romm@list.ru*

Представлены инвариантные алгоритмы и программы идентификации всех нулей и экстремумов функции одной переменной на произвольном отрезке действительной оси без указания начальных приближений. Алгоритмы основаны на устойчивых адресных сортировках, используют только операции сравнения и не накапливают погрешность. Сортировки параллельны, на этой основе строится максимально параллельный вариант поиска всех действительных нулей полинома, даны оценки временной сложности. Последовательные алгоритмы реализованы программно в двух вариантах, один из которых использует сортировку слиянием с временной сложностью $O(N \log N)$. Отличительным свойством предложенного метода является идентифицируемость одновременно всех действительных нулей и экстремумов функций без указания области их расположения и без локализации начальных приближений. Непосредственно по ходу его выполнения определяются границы области и структура расположения нулей и экстремумов. Вычислительные операции ограничиваются заданием входных значений функций, в остальном используются сравнения сортируемых элементов и их индексов. Как результат минимизируется погрешность, нули и экстремумы идентифицируются с точностью до формата представления числовых данных. Описан численный эксперимент с примерами и кодами использованных программ. Метод переносится на функции двух действительных переменных, на случай комплексных переменных и полиномов с комплексными коэффициентами. Вариант метода, излагаемый для одной переменной, с видоизменениями применяется для обработки сигналов, изображений, временных рядов, на его основе выполняется информационный поиск.

Ключевые слова: численная оптимизация, численный анализ и вычислительная алгебра, устойчивые сортировки, параллельный поиск нулей полинома, алгоритмы и программы с минимизацией погрешности

IDENTIFICATION OF ZEROS AND EXTREMA OF FUNCTIONS BASED ON SORTING WITH AN APPLICATION TO STABILITY ANALYSIS. I. THE CASE OF ONE REAL VARIABLE

Romm Ya.E.

*A.P. Chekhov Taganrog Institute (branch) of Rostov State University of Economics,
Taganrog, e-mail: romm@list.ru*

Invariant algorithms and programs for identifying all zeros and extrema of a function of one variable on an arbitrary segment of the real axis without specifying initial approximations are presented. The algorithms are based on stable address sorting, use only comparison operations and do not accumulate error. Sortings are parallel, on this basis, the most parallel version of the search for all real zeros of the polynomial is built, estimates of time complexity are given. Sequential algorithms are implemented in software in two versions, one of which uses merge sorting with time complexity $O(N \log N)$. A distinctive feature of the proposed method is the identifiability of all real zeros and extrema of functions without specifying the region of their location and without localizing the initial approximations. Directly in the course of its implementation, the boundaries of the region and the structure of the arrangement of zeros and extrema are determined. Computational operations are limited by input values of the functions otherwise, comparisons of the elements to be sorted and their indices are used. As a result, the error is minimized, zeros and extrema are identified accurate to the format of the representation of numerical data. A numerical experiment with examples and codes of used programs is described. The method carries over to the functions of two real variables, to the case of complex variables and polynomials with complex coefficients. The method described for one variable, with modifications, is used to process signals, images, time series, based on it, an information search is performed.

Keywords: numerical optimization, numerical analysis and computational algebra, stable sortings, parallel search for zeros of a polynomial, algorithms and programs with minimization of error

Вычисление нулей полиномов (наряду с этим употребляется синоним – корни полиномов) исторически связано с основной задачей высшей алгебры, к ее решению сводятся важные приложения в различных областях науки и техники, с ней связаны основные положения квантовой механики [1]. Однако практический поиск нулей полиномов наталкивается на вычислительную неустойчивость, под которой

понимается резкий рост погрешности их значений в зависимости от погрешности представления коэффициентов [2; 3]. Другой проблемой оказывается локализация области нулей в случае, если границы их расположения априори неизвестны. Трудности усугубляются, если нули полинома близко расположены (плохо отделены). В частности, это относится к решению проблемы собственных значений матрицы,

тогда как высокоточное нахождение всех корней характеристического полинома позволило бы выполнить анализ устойчивости линейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами [4]. Аналогичные трудности возникают при решении задач безусловной численной оптимизации. Нули и экстремумы функций можно найти классическими методами, но только в условиях вычислительной устойчивости, и если область экстремума априори отделена [5; 6]. Компьютерная идентификация рассматриваемых величин обостряет вычислительные проблемы вследствие обработки данных с плавающей точкой, в случае жестких ограничений длины разрядной сетки. Отчасти альтернативны методы идентификации нулей и экстремумов на основе алгоритмов сортировки [7–9] – в этих способах большинство вычислительных операций заменяются на операции сравнения. На такой основе ниже решается задача построения инвариантного относительно вида входной функции от одной переменной (в продолжение работы – двух переменных) алгоритма компьютерной идентификации экстремумов в случае, когда не указаны границы их совокупного расположения, а также не указан радиус локализации каждого в отдельности экстремума. Нули полиномов и аналитических функций идентифицируются непосредственно как минимумы их абсолютной величины. Аналогично идентифицируются нули функций более общего вида, единственное изменение состоит в том, что значение искомого минимума модуля должно проверяться на достаточное приближение к нулю.

В работе ставится цель построить алгоритм компьютерной идентификации нулей и экстремумов функций одной (в развитии исследования – двух) действительной переменной на основе устойчивой адресной сортировки в качестве основной составляющей алгоритма. Конструируемый алгоритм предполагает инвариантность относительно вида функции. Нули аналитических функций (в частности, полиномов) определяются как минимумы модуля функции. Алгоритм строится без априорного указания границ области экстремумов (нулей), а также без указания радиуса локализации каждого экстремума (нуля) в отдельности. Цель включает изложение способа построения, математико-алгоритмическое обоснование алгоритма, его программную реализацию. Требуется выполнить развернутый численный эксперимент с оценками погрешности вычислений и в дальнейшем показать применение алгоритма к анализу устойчивости

линейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Опираясь на специфику сортировки, предполагается обосновать и наглядно показать вычислительную устойчивость алгоритма и низкую погрешность определения с его помощью искомых величин во всех рассматриваемых приложениях. Необходимо, кроме того, выполнить преобразование алгоритма к максимально параллельной форме и дать оценку временной сложности.

Идентификация экстремальных элементов числовой последовательности с произвольно фиксированным радиусом локализации. Пусть дана числовая последовательность

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_n), \quad (1)$$

в которой требуется идентифицировать все локально минимальные (локально максимальные) элементы с радиусом локализации $r = \epsilon_0$, где ϵ_0 – произвольно фиксировано. Под локально минимальным (нестрого – «локальный минимум») в границах данного радиуса понимается наименьший элемент среди отсчитанных на ϵ_0 влево и вправо: $a_i < a_{i \pm \ell}$, $\ell = 1, 2, \dots, \epsilon_0$. Аналогично, локально максимальный элемент («локальный максимум») в этой же окрестности определяется соотношением $a_i > a_{i \pm \ell}$, $\ell = 1, 2, \dots, \epsilon_0$. Для идентификации экстремальных элементов ниже используется адресная сортировка по неубыванию со свойством устойчивости (сортировка сохраняет порядок равных элементов). В этом случае экстремальным будет считаться элемент, в определении которого неравенство заменяется на отношение порядка, по которому выполняется сортировка. Первоначально в этом качестве выбирается модифицированная сортировка подсчетом. Для входного массива (1) ее удобно описать матрицей сравнений вида:

	a_1	a_2	$\dots$	a_{n-1}	a_n
a_1	α_{11}	α_{12}	$\dots$	$\alpha_{1(n-1)}$	α_{1n}
a_2	α_{21}	α_{22}	$\dots$	$\alpha_{2(n-1)}$	α_{2n}
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
a_{n-1}	$\alpha_{(n-1)1}$	$\alpha_{(n-1)2}$	$\dots$	$\alpha_{(n-1)(n-1)}$	$\alpha_{(n-1)n}$
a_n	α_{n1}	α_{n2}	$\dots$	$\alpha_{n(n-1)}$	α_{nn}

(2)

Элемент матрицы (2) определяется функцией знака:

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

Отсортированный массив обозначается $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$. Элемент a_j входного массива (1) вставляется в выходной массив c по адресу $\ell = \sum_{i=1}^j \alpha_{ij}^{(0)} + \sum_{j=i+1}^n \alpha_{ij}^{(1)}$, где $\alpha_{ij}^{(0)} = 1$, если $\alpha_{ij} \geq 0$, иначе $\alpha_{ij}^{(0)} = 0$; $\alpha_{ij}^{(1)} = 1$, если $\alpha_{ij} > 0$, иначе $\alpha_{ij}^{(1)} = 0$. Для подсчитанного индекса $c_\ell = a_j$.

Пример 1. Пусть $a = (7, 5, 5, -2, 12)$. Матрица сравнений примет вид (справа для наглядности оставлены только знаки):

	7	5	5	-2	12		7	5	5	-2	12
7	0	-1	-1	-1	+1	7	0	-	-	-	+
5	+1	0	0	-1	+1	5	+	0	0	-	+
5	+1	0	0	-1	+1	5	+	0	0	-	+
-2	+1	+1	+1	0	+1	-2	+	+	+	0	+
12	-1	-1	-1	-1	0	12	-	-	-	-	0

Соотношение для вставки означает следующее: номер j -го элемента входного массива a в отсортированном массиве c подсчитывается как число нулей и плюсов в j -м столбце матрицы над диагональю, включая диагональный элемент, сложенное с числом плюсов под диагональю (нумерация от $j = 1$). Так, $a[1] = 7 \rightarrow 1+1+1+1+0 = 4 \rightarrow c[4]$, $a[2] = 5 \rightarrow 0+1+0+1+0 = 2 \rightarrow c[2]$. Аналогично, $a[3] = 5 \rightarrow c[3]$, $a[4] = -2 \rightarrow c[1]$, $a[5] = 12 \rightarrow c[5]$. Сортировка сохраняет порядок равных элементов (за счет добавления нуля над диагональю на пересечении столбца текущего элемента и строки предшествующего ему равного элемента). Все адреса вставки имеют единственное значение. В силу взаимной однозначности соответствия входных и выходных индексов получается взаимно однозначная обратная адресация, которая реализуется программно (здесь и ниже – Delphi):

```

for j:=1 to n do
begin
k:= 0; for i:=1 to j do if a[j]>=a[i] then k:=k+1; for i:=j+1 to n do if a[j]>a[i] then k:=k+1;
c[k]:=a[j]; e[k]:=j;
end;
```

Если $c_k = a_j$, то $e_k = j$ представляет обратный адрес j -го входного элемента на выходе сортировки. Входной индекс отсортированного элемента запоминается на выходе сортировки как элемент массива e , располагаемый в порядке отсортированных элементов: $c[k]:=a[j]$; $e[k]:=j$. Элемент $e[k-m]$ соответствует входному индексу элемента $c[k-m]$, меньшего, чем $c[k]$, для всех $m = 1, 2, \dots, k-1$. Элемент $e[k+m]$ соответствует входному индексу элемента $c[k+m]$, большего, чем $c[k]$, для всех $m = 1, 2, \dots, n-k$. Именно это свойство лежит в основе идентификации экстремальных элементов последовательности. Локально минимальный элемент массива a с входным индексом e_k , $1 \leq k \leq n$, определяется условием

$$\neg \exists \ell \in \overline{1, k-1} : |e_k - e_{k-\ell}| \leq \varepsilon_0, \quad (3)$$

где $r = \varepsilon_0$ – радиус локализации. Фрагмент программной реализации (3) имеет вид

```

{выполнение процедуры сортировки}
k:=1; while k <= n do
begin for L:=1 to k-1 do if abs(e[k]-e[k-L]) <= eps0 then goto 11; ik:= e[k];
11: k:= k+1 end;
```

Здесь ik – индекс локально минимального элемента в радиусе $\text{eps0} = \varepsilon_0$. Входной индекс любого элемента меньшего c_k ($c[k]=a[e[k]]$) располагается от e_k дальше, чем на ε_0 , поэтому e_k – индекс локально минимального элемента в радиусе ε_0 . Аналогично, локально максимальный элемент определяется из условия, что неравенство $|e_k - e_{k+\ell}| \leq \varepsilon_0$ не должно выполняться ни при одном ℓ , $1 \leq \ell \leq n-k$, –

$$\neg \exists \ell \in \overline{1, n-k} : |e_k - e_{k+\ell}| \leq \varepsilon_0. \quad (4)$$

Программная реализация (4) имеет вид

```
{выполнение процедуры сортировки}
k:=1; while k <= n do
begin for L:=1 to n-k do if abs(e[k]-e[k+L]) <= eps0 then goto 111; ik:= e[k];
111: k:= k+1 end;
```

Соотношения (3), (4) и данные программные фрагменты представляют собой условия идентификации локального минимума и, соответственно, максимума (кратко – условия локализации). При этом минимальность и максимальность (наименьший и наибольший элементы в радиусе локализации) здесь и ниже понимаются в смысле отношения порядка в отсортированном массиве. Идентифицированный минимум может оказаться первым (наименьшим), максимум – последним (наибольшим) в цепочке равных элементов. То же имеется в виду всюду, где используется термин «экстремальный элемент». В результате выполнения цикла по k данные условия идентифицируют одновременно все локально минимальные (локально максимальные) в произвольно фиксированном радиусе ε_0 элементы последовательности (1). Сортировка используется однократно, затем условия локализации можно применять с любыми значениями радиусов ε_0 . Идентификация исключает накопление погрешности, поскольку не выполняет вычислений: используются только сравнения элементов при выполнении сортировки и сравнение их индексов для локальной минимизации (максимизации).

Пример 2. Следующая программа идентифицирует все локальные минимумы и максимумы массива из раздела описания констант:

```
program LokMinMaxI;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses
  SysUtils;
label 2, 22, 222; const nn=11;
type vect=array [1..nn] of extended; vect0=array [1..nn] of integer;
const b: vect =
(1.20888884+0.0000000000000001, 1.20888884-0.0000000000000001, 1.20888884, -6.304, 1.404,
-1.904, 9.504, 1.504, 14.604, 1.704, -11.804);
var i,k,l,n: integer; a,c: vect; e: vect0;
procedure sort (var n: integer; var a,c: vect; var e: vect0);
var i,j,k: integer;
begin
  for i:=1 to n do
  begin k:= 0; for j:=1 to i do if a[j]<=a[i] then k:=k+1; for j:=i+1 to n do if a[j]<a[i] then k:=k+1;
  c[k]:=a[i]; e[k]:=i; end;
  end;
  begin
    n:=nn; for i:=1 to n do
    a[i]:=b[i]; writeln (' ':6, 'massiv a');
    for i:=1 to n do write (' ':6, a[i]); writeln; writeln;
    sort (n,a,c,e); writeln (' ':6, 'min eps0=1'); writeln;
    k:=1; while k<= n do
    begin
      for L := 1 to k-1 do if abs(e[k]-e[k- L]) <= 1 then goto 2; writeln (' ',c[k],',',e[k]);
      2: k:=k+1;
    end; writeln; writeln (' ':6, 'max eps0=1'); writeln;
    k:=1; while k<= n do
    begin
      for L := 1 to n-k do if abs(e[k]-e[k+ L]) <= 1 then goto 22; writeln (' ',c[k],',',e[k]);
      22: k:=k+1;
    end; writeln; writeln (' ':6, 'min eps0=3'); writeln;
    k:=1; while k<= n do
    begin
      for L := 1 to k-1 do if abs(e[k]-e[k- L]) <= 3 then goto 222; writeln (' ',c[k],',',e[k]);
      222: k:=k+1;
    end; writeln; writeln (' ':6, 'podstanovka indeksov'); writeln;
    for i:=1 to n do write (' ':2, ' ', i); writeln;
    for i:=1 to n do write (' ':2, ' ', e[i]);
  readln;
  end.
```

Результат работы программы:

```

                                massiv a
1.20888884000001E+0000    1.2088883999999E+0000    1.20888884000000E+0000
-6.30400000000000E+0000    1.40400000000000E+0000    -1.90400000000000E+0000
9.50400000000000E+0000    1.50400000000000E+0000    1.46040000000000E+0001
1.70400000000000E+0000    -1.18040000000000E+0001

                                min eps0=1
-1.18040000000000E+0001    11
-6.30400000000000E+0000    4
-1.90400000000000E+0000    6
1.2088883999999E+0000    2
1.50400000000000E+0000    8

                                max eps0=1
1.20888884000000E+0000    3
1.20888884000001E+0000    1
1.40400000000000E+0000    5
9.50400000000000E+0000    7
1.46040000000000E+0001    9

                                min eps0=3
-1.18040000000000E+0001    11
-6.30400000000000E+0000    4

                                podstanovka indeksov
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
11 4 6 2 3 1 5 8 10 7 9

```

Пример иллюстрирует точность идентификации локально экстремальных элементов. В массив a включены три элемента a_1, a_2, a_3 , взаимно различающиеся на 0.00000000000001. Минимальный из них второй, что отмечено курсивом на выходе программы. Максимальный – третий, что отмечено аналогично. Программа идентифицирует в качестве максимума и первый элемент согласно формальному смыслу условия локализации. Можно продолжить вывод локальных экстремумов с различными радиусами ϵ_0 . Все они идентифицируются с точностью до формата представления данных. Чтобы получить глобальный минимум (максимум), в условии локализации достаточно изменить знак неравенства на противоположный при $\epsilon_0 = 1$: if abs(e[k]-e[k-L]) >= 1 then goto ... (if abs(e[k]-e[k+L]) >= 1 then goto ...). В конце программы выводится подстановка, образуемая входными индексами k и выходными индексами $e[k]$, располагаемыми в порядке отсортированных элементов $c[k]$. В общем случае подстановка имеет вид

$$\begin{pmatrix} 1, & 2, & \dots, & k, & \dots, & n \\ e_1, & e_2, & \dots, & e_k, & \dots, & e_n \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Она формируется в результате сортировки, в силу устойчивости которой подстановка обладает единственностью. Для идентификации экстремумов условия локализации используют обращение только к элементам перестановки e_k . Проверка условий сводится к сравнению этих элементов без преобразований и без изменения их расположения. Отсюда имеет место

Предложение 1. Перестановка индексов в (5), сформированная на основе устойчивой адресной сортировки, содержит всю полноту информации о локально и глобально экстремальных элементах входной последовательности (1) одновременно для всех фиксированных значений радиусов ϵ_0 . Эта информация конструктивно извлекается из (5) с помощью условий локализации (3), (4).

Предложение сохраняется для любой сортировки, если она устойчива и в явной форме реализует взаимно однозначное соответствие входных и выходных индексов. При этом экстремальность должна пониматься исключительно в смысле отношения порядка, радиус локализации произвольно фиксирован при циклической проверке условия локализации. Любой экстремальный

элемент с произвольным радиусом локализации всегда будет идентифицирован в цикле с фиксированным значением этого радиуса. Экстремумы в смысле строгого неравенства определяются данным способом в качестве частного случая.

Представленный алгоритм обладает максимальным параллелизмом: все операции сравнения сортировки, а также условий локализации взаимно независимы и могут выполняться над готовыми значениями данных. Поэтому в максимально параллельной форме алгоритм может быть реализован с временной сложностью $O(1)$ при любой длине n входной последовательности, число процессоров для поиска одного экстремума $O(n^2)$.

Чтобы применить способ к вычислению нулей и экстремумов функции, потребуется сформировать входную последовательность посредством дискретизации функции, выбрать границы числовых параметров и осуществить спуск для идентификации искоемых значений с заданной границей погрешности.

Идентификация действительных корней полиномов. С целью численного эксперимента и верификации алгоритма первоначально полином задается разложением по корням:

$$P_n(x) = \sum_{\ell=0}^n a_{\ell} x^{\ell} = \prod_{i=1}^n (x - x_i). \quad (6)$$

В данной части работы все корни предполагаются действительными. В программе ниже корни заданы в разделе констант как элементы массива b , с учетом (6) $x_i = b_i$, $i = 1, 2, \dots, n$. Абсолютная величина полинома задается подпрограммой-функцией `func()`. На выходе программы локальные минимумы этой функции должны совпасть с заданными на входе корнями. В разделе констант задается радиус локализации `eps0`, в качестве его значения можно взять любое число, заведомо меньшее половины наименьшего расстояния между искомыми корнями (в общем случае – между минимумами). Иначе в окрестность такого радиуса могут попасть хотя бы два минимальных элемента, условие локализации исключит один из них, как следствие, не идентифицируется по крайней мере один из корней. Если требуемое расстояние неизвестно, радиус следует взять априори с достаточным запасом малости. В программе ниже корни минимально отделены на 0.001, поэтому `eps0=0.00049`. Шаг дискретизации задается в разделе констант и определяется значением радиуса локализации: `h=eps0/40`. В разделе инструкций функция `func()` дискретизируется, образуя

входной массив для сортировки: `x:=x0+i*h; a[i]:=func(x);`. Согласно эксперименту шаг можно задавать любым значением не большим `eps0/33`. Однако в случае сложно вычисляемой функции (примеры приведены в дальнейшем) шаг необходимо уменьшить. Значение `eps0/40` выбрано для примера, дальнейшее уменьшение шага точности не повысит, но увеличит время выполнения программы. Далее необходимо задать количество сортируемых элементов. Это число может быть зафиксировано произвольно, но с учетом приложения к корням полинома его следует выбрать не меньше 512. Увеличение этого количества не скажется на точности вычислений, но увеличит время работы программы. Для примера в программе взято `nn0=1512`, имя переменной `nn0` заменяет n из (1) (это не имеет отношения к n из (6)). Выбранная длина массива определяет длину отрезка, на котором непосредственно воспроизводится описанная идентификация экстремальных элементов: в программе эта длина обозначается `hh` и задается оператором `hh:=nn0*h`. Полный отрезок (область) поиска корней может быть произвольным, но большая его длина замедлит работу программы. Поэтому отрезок выбирается из априорных соображений относительно области корней. В дальнейшем от этого недостатка удастся избавиться, для предварительного описания в качестве границ рассматриваемого отрезка выбраны `x00=-5; x11=25`; отрезок заведомо содержит все искомые корни. Программа начинает работу с левой границы: `x0:=x00`. Идентификация корней выполняется на текущем отрезке длины `hh`, который затем циклически сдвигается на свою длину, до достижения правой границы `x11`. При этом возникает проблема проверки, не лежат ли искомые корни на границах текущего отрезка. Решение заключается в следующем. Значение модуля полинома на границе отрезка длины `hh` сравнивается с двумя его последовательными значениями слева и с двумя аналогичными значениями справа для проверки минимальности значения на границе. Это выполняют операторы в конце программы `for i:= 1 to 2 do begin z:=x+i*h; if func(x) >= func(z) then goto 22; end;` и т.д. Собственно на текущем отрезке после выполнения условия локализации идентифицируется (если он есть) локально минимальный элемент `xk:= x0+e[k]*h`. С точностью до дискретизации и радиуса локализации его значение является приближенным значением корня. Окончательное уточнение выполняется путем циклического спуска к наименьшему значению в сужаемой окрестности приближения. Это делается с помощью

процедуры `min1` на равномерной сетке из `mm=4` элементов. Значение параметра `mm` можно взять любым большим данного, но практически это замедлит процесс без повышения точности. Сужение окрестности наименьшего значения с переменным диаметром `eps1` происходит циклическим делением диаметра `eps1:=eps1/1.2` до достижения заданной в заголовке цикла границы погрешности `eps1<=eps`. Согласно эксперименту делить диаметр можно на любое меньшее 1.2 число при условии, что оно больше единицы. Для искомой точности достаточно данного значения, иначе замедлится работа программы. Процедура `min1`, как и рассмотренные до сих пор фрагменты алгоритма, не выполняет вычислений, она только сравнивает числовые значения и путем сравнений выбирает наименьшее из них.

Значение корня практически отделяется от других корней полинома согласно построению метода, выполняется локализация отделенного приближения, затем спуск

до требуемого уточнения. Вместе с тем необходимо принять во внимание, что изложенный метод теоретически опирается на следствие принципа максимума (минимума) модуля [10]: модуль аналитической функции, отличной от константы и не обращающейся в ноль внутри области аналитичности, не может иметь локальных минимумов внутри этой области. Поэтому локальные минимумы модуля данной функции могут достигаться только в тех точках, где она обращается в ноль (в частности, в ноль обращается ее действительная и мнимая часть). Следствие применимо к полиному (6), где $n \geq 1$. В результате к локализованному значению минимума модуля (корня) полинома можно выполнять спуск без опасения, что в окрестность спуска попадет посторонний минимум и станет препятствием для идентификации искомого корня.

Пример 3. Следующая программа идентифицирует все корни полинома 26-й степени вида (6), заданного массивом корней b в разделе констант:

```
program KORDEMINPOL;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses
  SysUtils;
label 21, 22; const n1=26;
b: array [1..n1] of extended =
(1, 2, 3, 4.007, 4.008, 5, 6.001, 6.002, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,
18, 19.003, 19.002, 20, 21, 22, 23);
eps=1E-44; eps0=0.00049; h=eps0/40; n00=1512; mm=4; x00=-5; x11=25;
{x00=0; x11=23;} {x00=-256; x11=256;}
type vect=array [0..4*n00] of extended; vect1=array [0..4*n00] of longint;
vec=array [0..n1] of extended;
var i,j,k,l,ee,nn0: longint; a,c: vect; e: vect1; aaa,x,x0,x1,xk,xk0,xk1,h0,min,eps1,hh,z,z1: extended;
function func (var x: extended): extended;
var il: 1..n1;p:extended;
begin
  p:=1; for il:=1 to n1 do p:=p*(x-b[il]); func:=abs(p);
  {func:=ln(1+abs(p));}
  {func:=abs(exp(exp(-2*abs(x11-x00))*p)-1);}
  {func:=abs(sin(x));}
  {if x<>0 then func:=abs(sqr(1/x)*1/x*sin(x));}
  {if x<>0 then func:=1/x*(exp(abs(sqr(1/x)*1/x*sin(x)))-1);}
  {if x<>0 then func:=abs(exp(1/x*sin(x))-1);}
  {if x<>0 then func:=ln(1+abs(sin(x)/x*(exp(abs(1/x*sin(x)))-1)));}
  {func:=abs(exp(-200*sqr(x-0.3))-1);}
  {func:=ln(1+sqrt(exp(-20*(cos(x-0.3)))));}
end;
procedure min1 (var x: extended; var ee: longint);
begin min:=func(x); ee:=0; for i:=1 to mm do
begin x:=xk0+i*h0; if min > func(x) then begin min:=func(x); ee:=i; end; end;
end;
procedure sort(var nn0: longint; var a,c: vect; var e: vect1);
begin
  for j:= 1 to nn0 do
  begin
    k:=0; for i:= 1 to j do if a[j]>=a[i] then k:= k+1; for i:=j+1 to nn0 do if a[j]>a[i] then k:= k+1;
    c[k]:=a[j]; e[k]:=j; end;
  end;
begin
```

```

aaa:=1e62; nn0:=n00; hh:=nn0*h; x0:=x00; while x0 <= x11 do
begin for i:=1 to nn0 do begin x:=x0+i*h; a[i]:=func(x); end;
sort(nn0, a, c, e); k:=1; while k<= nn0 do
begin
for l:= 1 to k-1 do if abs(e[k]-e[k-l]) <= eps0/h then goto 22; xk:= x0+e[k]*h;
eps1:=eps0; xk0:=xk-eps1; xk1:=xk+eps1; h0:=abs(2*eps1)/mm;
while abs(eps1) > eps do begin
x:=xk0; min1(x,ee); eps1:=eps1/1.2; xk0:=xk0+ee*h0-eps1; xk1:=xk0+ee*h0+eps1;
h0:=abs(2*eps1)/mm; end;
if func(xk)= 0 then begin x:=xk; goto 21; end; x:=xk0+ee*h0+eps1;
for i:= 1 to 2 do begin z:=x+i*h; if func(x) >= func(z) then goto 22; end;
for i:= 1 to 2 do begin z1:=x-i*h; if func(x) >= func(z1) then goto 22; end;
if abs(aaa-x) <=1e-20 then goto 22;
21: writeln ( ' ', x, ' ', func(x)); aaa:=x;
22: k:=k+1
end; x0:=x0 + hh end;
readln;
end.

```

Результат работы программы:

```

1.000000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
2.000000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
3.000000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
4.008000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
4.007000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
5.000000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
6.001000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
6.002000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
7.000000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
8.000000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
9.000000000000000E+0000 0.000000000000000E+0000
1.000000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.100000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.200000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.300000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.400000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.500000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.600000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.700000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.800000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.900200000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
1.900300000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
2.000000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
2.100000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
2.200000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000
2.300000000000000E+0001 0.000000000000000E+0000

```

В левой колонке – значение корня, в правой – значение полинома в корне. Таким образом, корни полинома 26-й степени, среди которых три пары взаимно отделены на 0.001 (отмечены курсивом), идентифицированы с точностью до формата представления данных. Не оговоренные программные операторы имеют смысл, связанный с наглядностью вывода, они дополнительно обсуждаются в дальнейшем. Закомментированные функции и области поиска используются ниже. Программа сохраняет правильность идентификации на любом промежутке при любой малой отделенности корней (при «произвольной» степени полинома), но в данной версии переход к таким параметрам влечет риск неприемлемого замедления работы. При переходе к быстрой сортировке (в дальнейшем будет использоваться сортировка слиянием) точность идентификации за приемлемое время можно сохранить в случае взаимной отделенности корней на величину, существенно меньшую 0.001. Это достигается на отрезке сравнительно большой длины, включающем все корни полинома высокой степени [8].

В дальнейшем наряду с положительными примерами обсуждаются трудности, возникающие вследствие ограниченности числового диапазона, объема оперативной памяти, а также недостаточной точности стандартных программ, с помощью которых определяются элементы входного массива.

Идентификация нулей трансцендентных функций одной действительной переменной. Искомые нули, в случае если функции аналитические, идентифицируются без изменения алгоритма и программы, представленных для идентификации действительных корней полиномов. Достаточно вместо модуля полинома подать на вход программы модуль функции. Чтобы, по возможности, ничего не менять в программе KORDEMINPOL примера 3, вначале рассматривается более сложная задача: функции будут взяты как суперпозиции от полиномов, в частности от полинома, представленного в этой программе. Так, если вместо корней полинома (6) искать нули функции

$$f(x) = \ln(1 + |P_n(x)|), \quad (7)$$

то в подпрограмме func (...), задающей функцию, после предварительного задания полинома, в завершающем операторе присваивания вместо func:=abs(p); следует поставить оператор func:=abs(ln(1+abs(p))). Больше ничего менять не нужно, результатом работы программы будет тот же набор корней в той же последовательности и с той же точностью. Очевидно, это правильный результат поиска нулей функции (7). Для программной реализации данного примера достаточно удалить знаки фигурных скобок первого комментария в подпрограмме func (...) программы KORDEMINPOL. В качестве другого примера рассматривается поиск нулей функции

$$f(x) = \left| e^{-2|x_{11}-x_{00}|P_n(x)} - 1 \right|, \quad (8)$$

где в показателе используется длина отрезка поиска корней полинома (в программе примера 3 x00=-5; x11=25;). Аналогично предыдущему, в завершающем операторе подпрограммы func (...) программы KORDEMINPOL примера 3 следует поставить оператор func:=abs(exp(exp(-2*abs(x11-x00))*p)-1); (удалить знаки фигурных скобок второго комментария в подпрограмме func (...)). В результате нули функции (8) совпадут с корнями полинома из этой же программы, однако границы отрезка поиска нулей придется сузить: x00=1; x11=23;.

Замечание 1. Если отрезок поиска не сузить, оставив прежним, произойдет выход за границы числового диапазона. В показателе степени (8) программа задает полином 26-й степени, на границе исходного отрезка он берется от числа 25. В таком виде он попадет в показатель степени экспоненты, что влечет выход из числового диапазона. Именно поэтому в (8) перед $P_n(x)$ в показателе степени введена весовая экспонента с отрицательным показателем. Если рассматривать аналог (8) без такого веса, а просто $f(x) = |e^{P_n(x)} - 1|$, то допустимый отрезок поиска нулей резко сузится. В этом случае нули правильно найдутся на отрезке $[-1, 5]$. Соответственно, их количество станет 6, это требует изменить степень полинома в программе до n1=6. В таком варианте нули вне данного отрезка не будут найдены по построению. Последовательными фрагментами по отрезкам длины 6 и полиномами 6-й степени с расположенными на них корнями проходит весь исходный отрезок с правильной идентификацией расположенных на текущих отрезках корней, но это не является корректным решением задачи для полинома 26-й степени.

В дополнение к замечанию можно отметить, что программа все же устойчиво справляется с задачей поиска нулей функции $f(x) = |e^{P_n(x)} - 1|$ при $n = 10$ на отрезке длины 9.

В случае если предложенный способ не сталкивается с выходом из границ числового диапазона, программа работает правильно и устойчиво.

Пример 4. Пусть требуется найти нули функции

$$f(x) = |\sin(x)| \quad (9)$$

на отрезке $-256 \leq x \leq 256$. Если в программе примера 3 задать x00=-256; x11=256; кроме того, в подпрограмме func (...) выполнить func:=abs(sin(x)); (без формирования значения полинома, степени и корней, что в данном случае излишне), то программа идентифицирует правильный набор нулей функции (9). Для наглядности можно вывести не только аргумент x , обращающий (9) в ноль, но и соответствующее значение x/π . Получится следующий результат работы программы:

```
-2.54469004940773E+0002 -8.10000000000000E+0001 3.30681662608079E-0018
-2.51327412287183E+0002 -8.00000000000000E+0001 8.67361737988404E-0019
-2.48185819633594E+0002 -7.90000000000000E+0001 1.57209315010398E-0018
-2.45044226980004E+0002 -7.80000000000000E+0001 4.01154803819637E-0018
.....
-6.28318530717959E+0000 -2.00000000000000E+0000 1.08420217248550E-0019
-3.14159265358979E+0000 -1.00000000000000E+0000 5.42101086242752E-0020
1.71189937630016E-0044 5.44914495628207E-0045 1.71189937630016E-0044
```

```
3.14159265358979E+0000 1.00000000000000E+0000 5.42101086242752E-0020
6.28318530717959E+0000 2.00000000000000E+0000 1.08420217248550E-0019
.....
2.45044226980004E+0002 7.80000000000000E+0001 4.01154803819637E-0018
2.48185819633594E+0002 7.90000000000000E+0001 1.57209315010398E-0018
2.51327412287183E+0002 8.00000000000000E+0001 8.67361737988404E-0019
2.54469004940773E+0002 8.10000000000000E+0001 3.30681662608079E-0018
```

Целочисленные значения x/π во второй колонке показывают, что не пропущен ни один корень функции (9). Радиус локализации можно уменьшить до значения близкого к $\pi/2$ (при условии $\text{eps0} < \pi/2$). Например, можно выбрать $\text{eps0}=0.49$. Результат не изменится, хотя будет нарушаться порядок выводимых значений.

К аналогичному результату, без изменения параметров примера 4, приведет поиск нулей функции

$$f(x) = \left| \frac{\sin(x)}{x^3} \right|, x \neq 0, \quad (10)$$

если в подпрограмме func (...) выполнить if $x < 0$ then $\text{func} := \text{abs}(\text{sqr}(1/x) * 1/x * \sin(x))$. Значение функции в третьей колонке уменьшится до 10^{-25} за счет роста знаменателя в (10).

Если рассмотреть экспоненту с ограниченным показателем, то выхода из границ диапазона не произойдет. Пусть, например,

$$f(x) = \left| e^{\frac{\sin(x)}{x}} - 1 \right|, x \neq 0. \quad (11)$$

Для поиска нулей функции (11) ($-256 \leq x \leq 256$) в предыдущем варианте программы требуется единственное изменение: if $x < 0$ then $\text{func} := \text{abs}(\exp(1/x * \sin(x)) - 1)$. Результат повторится с той разницей, что в третьей колонке будут только нулевые значения.

Инвариантность метода иллюстрирует пример

$$f(x) = \ln \left(1 + \left| \frac{\sin(x)}{x} \times \left(e^{\left| \frac{\sin(x)}{x} \right|} - 1 \right) \right| \right), x \neq 0, -256 \leq x \leq 256. \quad (12)$$

В последнем видоизменении программы задается функция (12): if $x < 0$ then $\text{func} := \ln(1 + \text{abs}(\sin(x)/x * (\exp(\text{abs}(1/x * \sin(x))) - 1)))$. Результат работы программы не изменится, с той, однако, разницей, что во второй колонке значения аргумента окажутся верными лишь 8 значащих цифр десятичной мантиссы. Эта неточность предположительно связана с недостатком точности библиотеки стандартных программ, третья колонка состоит из нулевых значений. В таких случаях погрешность иногда можно снизить с помощью следующего приема. В рассматриваемой программе KORDEMINPOL определяются две подпрограммы-функции: func11() – эта подпрограмма задает функцию, у которой требуется найти корни (рассматриваемом случае – функцию (12)), и func() – эта подпрограмма задает такую функцию, у которой аналитически те же корни, но программно они идентифицируются точнее. В суперпозиции (12) в качестве func() можно взять внутрен-

нюю функцию $\left| \frac{\sin(x)}{x} \times \left(e^{\left| \frac{\sin(x)}{x} \right|} - 1 \right) \right|$:

```
function func11 (var x: extended): extended;
var i1: 1..n1;p:extended;
begin
if x < 0 then func11:=abs(ln(1+abs(sin(x)/x*(exp(abs(1/x*sin(x)))-1))));
end;
function func (var x: extended): extended;
var i1: 1..n1;p:extended;
begin
if x < 0 then func:=abs(sin(x)/x*(exp(abs(1/x*sin(x)))-1));
end;
```

Далее все действия выполняются для внутренней функции func () без изменения программы, за исключением того, что корни подставляются «как для проверки» в исходно заданную функцию (12), которая теперь представлена подпрограммой func11(). Иными словами, выводится не func (), а func11 () от найденных значений корней. В этом случае вывод осуществляется в виде

```
21: writeln (' ', x, ' ', x/pi, ' ', func11(x)); aaa:=x;
```

Результат работы программы с этими изменениями, при значении параметров eps0=0.0049; h=eps0/40; x00=-256; x11=256; примет вид:

```
-2.54469004940773E+0002 -8.10000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
-2.51327412287183E+0002 -8.00000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
-2.48185819633594E+0002 -7.90000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
-2.45044226980004E+0002 -7.80000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
.....
-3.14159265358979E+0000 -1.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
3.14159265358979E+0000 1.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
6.28318530717959E+0000 2.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
9.42477796076938E+0000 3.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
.....
2.45044226980004E+0002 7.80000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.48185819633594E+0002 7.90000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.51327412287183E+0002 8.00000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.54469004940773E+0002 8.10000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
```

Погрешности во второй колонке (x/π) не проявились, значения функции (12) в каждом корне равны нулю с точностью до формата представления данных. Изложенный прием не универсален, дан для случая явно заданной суперпозиции, но в дальнейшем будут представлены полезные аналоги для функций комплексных переменных.

Заключительный пример данного раздела – вычисление гауссиана

$$f(x) = e^{-200(x-0.3)^2} - 1. \quad (13)$$

Единица в правой части вычитается для сохранения общей схемы. С параметрами

$$\text{eps}=1\text{E-}44; \text{eps0}=0.0049; \text{h}=\text{eps0}/40; \text{n00}=1512; \text{mm}=4; \text{x00}=-2; \text{x11}=2; \quad (14)$$

и функцией func:=abs(exp(-200*sqr(x-0.3))-1); программа идентифицирует нулевую правую часть (13) в точке 2.99999999988358E-0001.

Замечание 2. Изложенный метод практически не использует область аналитичности функций. В некоторых примерах функция на вход программы поступает с разрывами производных, требуемую локализацию минимумов модуля программа реализует по построению. Эта ее особенность будет использоваться при вычислении экстремумов функций, не взятых по абсолютной величине.

Идентификация экстремумов функций одной действительной переменной. Если радиус локализации минимумов eps0 меньше половины расстояния между точками ближайших друг к другу минимумов, то программа KORDEMINPOL примера 3 почти без изменений выполнит идентификацию всех локальных минимумов с радиусом локальной минимальности eps0: на вход должна поступать непосредственно сама функция без знака модуля. Еще одно изменение состоит в том, что следует убрать ограничение на приближение значения функции к нулю (берется в комментарий {if abs(aaa-x) <= 1e-20 then goto 22;}).

Пример 5. Пусть требуется найти все минимумы функции

$$f(x) = \sin(x)$$

на отрезке $-256 \leq x \leq 256$. В подпрограмме func (...) программы KORDEMINPOL следует выполнить func:=sin(x);. Если для наглядности во второй колонке выводить $x/(2\pi)-3/4$, то результат работы программы примет вид:

```
-2.52898208614211E+0002 -4.100000000000371E+0001 -1.00000000000000E+0000
-2.46615023307032E+0002 -4.000000000000371E+0001 -1.00000000000000E+0000
-2.40331837999852E+0002 -3.900000000000371E+0001 -1.00000000000000E+0000
.....
```

```

1.09955742873314E+0001 9.99999999962944E-0001 -1.00000000000000E+0000
1.72787595945110E+0001 1.9999999996294E+0000 -1.00000000000000E+0000
2.35619449016906E+0001 2.9999999996294E+0000 -1.00000000000000E+0000
.....
2.43473430652976E+0002 3.7999999999629E+0001 -1.00000000000000E+0000
2.49756615960156E+0002 3.8999999999629E+0001 -1.00000000000000E+0000
2.56039801267335E+0002 3.9999999999629E+0001 -1.00000000000000E+0000

```

Минимумы найдены правильно, среди точек минимума нет пропущенных. Аналогичный результат получится для функции

$$f(x) = e^{\sin(x)}, -256 \leq x \leq 256.$$

При этом точки минимума – те же, все значения минимумов равны 3.67879441171442E-0001, то есть, e^{-1} . Для функции

$$f(x) = \ln(1 + e^{\sin(x)}), -256 \leq x \leq 256$$

получатся те же точки минимумов, все значения минимумов равны 3.13261687518223E-0001, то есть $\ln(1 + e^{-1})$. Чтобы убедиться в правильности значения, достаточно в каждой точке выводить $\text{func}(x) - \ln(1 + \exp(-1))$, что даст ноль на выходе программы.

Наконец, вместо (13) рассматривается непосредственно гауссиан:

$$f(x) = e^{-200(x-0.3)^2}. \quad (15)$$

Его максимум идентифицируется как минимум функции с обратным знаком: $-e^{-200(x-0.3)^2}$. В подпрограмме `func (...)` программы KORDEMINPOL задается `func:=-exp(-200*sqr(x-0.3))`. С параметрами (14), при условии вывода `-func(x)`, на выходе программы получится:

$$2.99999999988358E-0001 \quad 1.00000000000000E+0000 \quad (16)$$

Аналогичным способом всегда можно идентифицировать локальные максимумы. Вместе с тем верный результат получится при непосредственном использовании программного фрагмента, реализующего условия (4). Для этого потребуются следующие изменения в рассматриваемой программе. Во-первых, функция в подпрограмме `func (...)` задается без абсолютной величины и без обратного знака, непосредственно в программной записи математического выражения. В частности, гауссиан (15) задается в виде `func:=exp(-200*sqr(x-0.3))`. Во-вторых, в процедуре `min1` ищется не наименьший, а наибольший элемент, поэтому знак неравенства в этой процедуре следует изменить на противоположный: `x:=xk0+i*h0; if min > func(x) then ...`. В-третьих, условие локализации минимума меняется на условие локализации максимума: `for L := 1 to nn0-k do if abs(e[k]-e[k+L]) <= eps0/h then goto 22;`. Заключительное изменение касается проверки экстремальности на границах текущего отрезка длины `hh`, где в этом случае проверяется не минимальность, а максимальность, и в соответствующих операторах изменится знак неравенства: `z:=x+i*h; if func(x) < func(z) then goto 22; ... z1:=x-i*h; if func(x) < func(z1) then goto 22;`. При выводе локально максимального значения знак функции не меняется. С такими видоизменениями программа примера 3 будет правильно идентифицировать все локальные максимумы с произвольно фиксированным радиусом локализации в представленных границах погрешности. В частности, для гауссиана (15), при сохранении параметров (14), получатся верные значения (16). Если в качестве примера рассмотреть функцию

$$f(x) = \ln \left(1 + \sqrt{e^{-20 \cos(x-0.3)}} \right)$$

и искать ее локальные максимумы на отрезке $-256 \leq x \leq 256$, то в подпрограмме `func (...)` следует задать `func:=ln(1+sqrt(exp(-20*(cos(x-0.3)))))`. Чтобы убедиться, что программа не пропускает максимумов, нужно во второй колонке выводить $(x-0.3)/(2*\pi) - 1/2$.

Результат работы программы:

```

-2.54169004941006E+0002 -4.10000000000371E+0001 1.00000453988992E+0001
-2.47885819633826E+0002 -4.00000000000371E+0001 1.00000453988992E+0001
-2.41602634326647E+0002 -3.90000000000371E+0001 1.00000453988992E+0001
-2.35319449019467E+0002 -3.80000000000371E+0001 1.00000453988992E+0001
.....
2.35919449019002E+0002 3.6999999999629E+0001 1.00000453988992E+0001
2.42202634326181E+0002 3.7999999999629E+0001 1.00000453988992E+0001
2.48485819633361E+0002 3.8999999999629E+0001 1.00000453988992E+0001
2.54769004940540E+0002 3.9999999999629E+0001 1.00000453988992E+0001

```

Таким образом, идентифицируются все локальные максимумы рассматриваемой функции. В правильности их значения можно убедиться, выводя разность между идентифицированным максимумом и его «истинным» значением: $\text{func}(x) - \ln(1 + \sqrt{\exp(20)})$. Это даст нули в третьей колонке.

Замена сортировки. Численный эксперимент можно расширить, программу примера 3 преобразовать в практически более значимую, если процедуру сортировки подсчетом заменить процедурой более быстрой сортировки слиянием. Такая процедура с заголовком `procedure sort(var nn0: longint; var c: vect1; var e: vect2);` в дальнейшем применяется для идентификации комплексных корней полиномов и экстремумов функций двух действительных переменных. Она обладает всеми перечисленными вначале качествами для корректного применения, в последовательном варианте ее

временная сложность $O(n \log_2 n)$, что обеспечивает более высокое быстродействие по сравнению с сортировкой подсчетом, которая в последовательном варианте имеет сложность $O(n^2)$. Сортировка слиянием реализована с одним массивом c для входных и выходных элементов, представление в разделе описаний сохраняется в дальнейшем. Меняется формирование сортируемого массива: вместо операторов `for i:=1 to nn0 do begin x:=x0+i*h; a[i]:=func(x); end; sort(nn0, a, c, e);` необходимо взять `for i:=1 to nn0 do begin x:=x0+i*h; c[i]:=func(x); end; sort(nn0, c, e);`. Ниже программа с данными изменениями приводится для массива корней полинома (6), однако с меньшей, чем в программе примера 3, взаимной отделенностью. В то же время их поиск будет выполняться на отрезке большей длины.

Пример 6. Измененная программа примет вид:

```
program KORDEMINPOLsortnew;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses
  SysUtils;
label 21, 22; const n1=26;
b: array [1..n1] of extended =
(1, 2, 3, 4.0007, 4.0008, 5, 6.0001, 6.0002, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,
14, 15, 16, 17, 18, 19.0003, 19.0002, 20, 21, 22, 23);
eps=1E-44; eps0=0.000049; h=eps0/33; n00=1512; mm=4; x00=-15; x11=70;
type vect1=array [0..4*n00] of extended; vect2=array [0..4*n00] of longint;
vec=array [0..n1] of extended;
var i,j,k,l,ee,nn0: longint; a,c: vect1; e: vect2; b1:vec;
aaa,x,x0,x1,xk,xk0,xk1,h0,min,eps1,hh,z,z1: extended;
function func (var x: extended): extended;
var il: 1..n1;p:extended;
begin p:=1; for il:=1 to n1 do p:=p*(x-b1[il]); func:=abs(p); end;
procedure min1 (var x: extended;var ee:longint);
begin min:=func(x); ee:=0; for i:=1 to mm do begin
x:=xk0+i*h0; if min > func(x) then begin min:=func(x); ee:=i; end;end;end;
procedure sort(var nn0:longint; var c: vect1; var e: vect2);
type vecc=array[0..4*n00] of longint;
var ab:integer; i,j,k,l,m,r,nm,p,n: longint; e1, e2: vecc;
begin
p := trunc(ln(nn0)/ln(2)); if p <> ln(nn0)/ln(2) then p := p+1;
n := round(exp(p*ln(2)));
for l := 1 to n do if l <= nn0 then e[l] := 1 else ab:=1;
for r := 1 to p do begin m :=round(exp(r*ln(2))); nm:=n div m;
for k := 0 to nm-1 do begin
for l := 1 to m div 2 do begin
if (k * m + l > nn0) or (e[k * m + l]>nn0) then ab := 1
else e1[l] := e[k * m + l];
if (k * m + m div 2 + l > nn0) or (e[k * m + m div 2 + l]>nn0) then ab := 1
else e2[l] := e[k * m + m div 2 + l] end;
i := 1; j := 0; while i + j <= m do begin
if i = m div 2 + 1 then ab := -1;
if j = m div 2 then ab := 1;
if (k * m + i > nn0) or (e[k * m + i]>nn0)
or (k * m + m div 2 + j > nn0-1) or (e[k * m + m div 2 + j]>nn0)
then ab:=1;
if (i <= m div 2) and (j <= m div 2 -1) and (k * m + i <= nn0)
and (k * m + m div 2 + j <= nn0-1)
then if (e2[j + 1] > nn0) or (e1[i] > nn0) then ab := 1 else
begin if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] = 0 then ab := 0;
```

```

    if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] > 0 then ab := 1;
    if c[e2[j + 1]] - c[e1[i]] < 0 then ab := -1
end; if ab >= 0 then
begin e[k * m + i + j] := e1[i]; i := i + 1 end
else begin e[k * m + i + j] := e2[j + 1]; j := j + 1 end
end end end end;
begin
aaa:=1e62; nn0:=n00; hh:=nn0*h;
x0:=x00; for i:=1 to n1 do b1[i]:=b[i]; while x0 <= x11 do
begin for i:=1 to nn0 do begin x:=x0+i*h; c[i]:=func(x); end;
sort(nn0, c, e); k:=1; while k<= nn0 do
begin for l := 1 to k-1 do if abs(e[k]-e[k-l]) <= eps0/h then goto 22; xk:= x0+e[k]*h;
eps1:=eps0; xk0:=xk-eps1; xk1:=xk+eps1; h0:=abs(2*eps1)/mm;
while abs(eps1) > eps do begin x:=xk0; min1(x,ee); eps1:=eps1/1.2;
xk0:=xk0+ee*h0-eps1; xk1:=xk0+ee*h0+eps1; h0:=abs(2*eps1)/mm; end;
if func(xk)=0 then begin x:=xk; goto 21; end; x:=xk0+ee*h0+eps1;
for i:= 1 to 2 do begin z:=x+i*h; if func(x) >= func(z) then goto 22; end;
for i:= 1 to 2 do begin z1:=x-i*h; if func(x) >= func(z1) then goto 22; end;
if abs(aaa-x)<=1e-20 then goto 22;
21: writeln(' ', x, ' ', func(x)); aaa:=x;
22: k:=k+1 end; x0:=x0 + hh end;
readln;
end.

```

Результат работы программы аналогичен примеру 3, с тем исключением, что среди идентифицированных есть корни, взаимно отделенные на 0.0001:

```

4.0008000000000000E+0000 0.0000000000000000E+0000
4.0007000000000000E+0000 0.0000000000000000E+0000
.....
6.0001000000000000E+0000 0.0000000000000000E+0000
6.0002000000000000E+0000 0.0000000000000000E+0000
.....
1.9000200000000000E+0001 0.0000000000000000E+0000
1.9000300000000000E+0001 0.0000000000000000E+0000

```

Поиск корней выполнялся на отрезке с границами $x00=-15$; $x11=70$. Тот же результат, но более медленно достигается, например, на отрезке $x00=-70$; $x11=70$.

От известных методов предложенный отличается [11] по построению, инвариантным условиям применения и минимизации погрешности.

Необходимо отметить, что исходная сортировка подсчетом обладает максимальным параллелизмом. Общая оценка времени для алгоритма с ее применением приводится непосредственно ниже.

Временная сложность максимально параллельной формы. Временная сложность алгоритма (условно – время) измеряется числом последовательных шагов его выполнения. Для упрощения обозначений использованный выше идентификатор длины массива $nn0$ при выполнении оценок временной сложности заменяется на n ($n=nn0$). Это обозначение не связано со степенью полинома (6). Как отмечалось, модифицированная сортировка подсчетом обладает максимально параллельной формой. При любой длине входной последовательности n ее временная сложность оценивается как

$T(n^2/2)=O(1)$, в скобках слева – число процессоров. Все сравнения условия локализации также взаимно независимы, значения данных для них готовы. Для одного k они могут выполняться синхронно за время $O(1)$, с учетом (3) $T(k^2/2)=O(1)$. Выполнение этих условий взаимно независимо по $k=1, 2, \dots, n$. Для всего множества индексов k условия (3) реализуемы синхронно с оценкой $T(n^3/6)=O(1)$. Поиск наименьшего значения в подпрограмме $\min1$ можно заменить сортировкой подсчетом (наибольший элемент в конце отсортированного массива, наименьший – в начале). В параллельной форме преобразованная подпрограмма выполняема с оценкой $O(1)$. Число шагов спуска от локализованного минимума с радиусом ϵ_0 (eps0) к его приближению с заданной границей погрешности ϵ (в программе $\text{eps}=1\text{E-44}$;) определяется сужением радиуса локализации в $d > 1$ раз на шаге (значение d относительно близко к единице, в программе $d=1.2$). Отсюда следует, что $\epsilon_0 / d^r \leq \epsilon$, где r – число шагов спуска. Тогда $r \geq \log_d \frac{\epsilon_0}{\epsilon}$, и можно выбрать $r = \left\lceil \log_d \frac{\epsilon_0}{\epsilon} \right\rceil$.

В результате временная сложность отдельно взятого параллельного спуска составит

$$T(m^2 / 2) = O(\log_d \frac{\epsilon_0}{\epsilon}). \quad (17)$$

С учетом того, что спуск формально может потребоваться для всех $k \in 1, n$, оценка (17) перейдет в оценку вида $T(n \times m^2 / 2) = O(\log_d \frac{\epsilon_0}{\epsilon})$. Максимальное число процессоров потребуется при выполнении условий локализации одновременно по всем индексам отсортированных элементов. Поскольку сортировка, локализация и спуск выполняются последовательно друг за другом, то этого (максимального) числа процессоров достаточно для выполнения всех рассмотренных фрагментов идентификации. Таким образом, на текущем отрезке длины hh максимально параллельная форма алгоритма идентификации всех нулей полинома имеет временную сложность $T(n^3 / 6) = O(\log_d \frac{\epsilon_0}{\epsilon})$. На всех этих отрезках выполнение алгоритма взаимно независимо и может производиться одновременно. Проверка условия экстремальности граничных значений выполнима синхронно по всем границам за единичное время (на отдельном процессоре на каждой границе). Остается учесть число рассматриваемых отрезков. Обозначая отрезок полного поиска $[x_{00}, x_{11}]$, учитывая, что длина hh текущего отрезка определяется значением $n \times h$, где в свою очередь $h = \frac{\epsilon_0}{40}$, искомое число можно представить в виде: $40 \times \frac{x_{11} - x_{00}}{n \epsilon_0}$. С та-

ким коэффициентом надо взять количество процессоров на отрезке полного поиска. Окончательно оценка временной сложности максимально параллельной формы по-

иска всех действительных нулей полинома примет вид

$$T\left(20 \times \frac{x_{11} - x_{00}}{3 \epsilon_0} \times n^2\right) = O\left(\log_d \frac{\epsilon_0}{\epsilon}\right). \quad (18)$$

Если параметры в правой части (17), (18) считать постоянными, то она имеет единичный порядок, в этом случае максимально параллельное выполнение изложенного алгоритма имеет порядок временной

$$\text{сложности } T\left(20 \times \frac{x_{11} - x_{00}}{3 \epsilon_0} \times n^2\right) = O(1).$$

От параллельных схем вычислительной линейной алгебры [12] предложенный метод отличается максимально параллельной формой.

Идентификация области действительных корней полинома с действительными коэффициентами. Аналитические оценки границ области корней рассматриваются в дальнейшем, – они не всегда точны, как правило, не даются, если коэффициенты полинома априори неизвестны. Целесообразно уметь применять предложенный метод, когда область расположения корней неизвестна. В этом случае определение границ и структуры области можно выполнить непосредственно с помощью программы, по которой идентифицируются корни. В частности, можно воспользоваться программой KORDEMINPOLsortnew примера 6. Нужно выбрать сравнительно большой радиус локализации и выполнить программу без каких-либо других изменений на отрезке большой длины, с границами, заведомо включающими все искомые корни. Так, с радиусом локализации $\epsilon_{ps0} = 0.049$ можно взять границы $x_{00} = -1000$; $x_{11} = 1000$; Результатом работы программы для корней из раздела констант окажутся значения

```
1.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
3.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
2.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
4.00070000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
.....
2.10000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.90002000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.20000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.30000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
```

В качестве границ области корней $[x_{00}, x_{11}]$ можно взять наименьшее и наибольшее из значений левой колонки с отступом ϵ_{ps0} . Среди приближений корней есть показывающие структуру их взаимного расположения по значащим цифрам разрядов мантисы. В любом случае в идентифицированных границах без опасения можно уменьшить радиус локализации до $\epsilon_{ps0} = 0.000049$.

С исходными параметрами примера 6 в найденных границах программа без погрешности в формате представления данных определит все корни полинома.

Замечание 3. Описанное нахождение области корней опирается на следствие принципа максимума (минимума) модуля: модуль аналитической функции, отличной от константы и не обращающейся в ноль

внутри области аналитичности, не может иметь локальных минимумов внутри этой области. Полином аналитичен и не обращается в ноль всюду вне области корней, поэтому локальных минимумов модуля вне области корней он не имеет. Кроме того, модуль полинома монотонно растет при удалении от границ этой области. Поэтому если в рассмотренной программе взять заведомо далекие от области корней границы, а радиус локализации относительно малым, то программа с необходимостью определит минимумы из области корней с точностью до радиуса локализации. Можно организовать итерации, на каждой из которых границы расширяются, а радиус локализации одновременно уменьшается в заданной пропорции, – процесс программной идентификации необходимо сойдется к области корней. С отступом на значение радиуса от наименьшего и наибольшего из корней получатся границы области. При неудачном выборе начальных границ и недостаточно малом радиусе локализации программа может не найти минимумов (они отфильтруются меньшими значениями внутри или вне области). Этого не произойдет, если сам радиус заведомо меньше половины диаметра области корней, а начальные границы будут отстоять от всех корней на расстояние многих радиусов. В этом случае программа локализует минимум модуля полинома и выполнит спуск к локализованному значению тогда и только тогда, когда в окрестность локализации попал корень этого полинома. При этом наименьшее и наибольшее из при-

ближений корней с точностью до радиуса определяют границы области всех корней полинома.

Найденные границы могут оказаться грубыми при выборе большого радиуса локализации (большой радиус нужен, чтобы сократить длительность процесса идентификации): в окрестности данного радиуса возможна фильтрация левосторонних и правосторонних корней. Требуемая алгоритмизация состоит в поэтапном уточнении границ посредством уменьшения радиуса локализации. Если при уменьшении радиуса результат работы программыкратно повторяется, то границы области корней определены окончательно. Так, в рассмотренном примере те же границы будут идентифицированы на $[-100, 200]$ с радиусом $\text{eps0}=0.0049$ и на $[-10, 50]$ с радиусом $\text{eps0}=0.00049$. Естественно перейти к окончательной идентификации с заведомо малым радиусом $\text{eps0}=0.000049$, что повлечет совпадение числа различных корней со степенью полинома. Это завершит процесс поиска.

Замечание 4. В рассмотренных примерах все корни полиномов были различными. Всяду в дальнейшем, пока не оговорено иное, также предполагается, что все корни полинома различны, их количество равно степени полинома. Случай кратных корней будет рассмотрен в продолжении излагаемой работы.

Данным способом границы области корней идентифицируются при любом разбросе корней на действительной оси. Например, можно взять корни в последовательности

b: array [1..n1] of extended = (-100, 2, 3, 4.0007, 4.0008, 5, 6.0001, 6.0002, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19.0003, 19.0002, 210, 210.0001, 22, 23);

При выборе параметров

$\text{eps}=1\text{E-}44$; $\text{eps0}=0.049$; $h=\text{eps0}/33$; $n0=1512$; $mm=4$; $x00=-1000$; $x11=2000$;

программа даст следующий результат:

```
-1.0000000000000000E+0002 0.0000000000000000E+0000
3.0000000000000000E+0000 0.0000000000000000E+0000
2.0000000000000000E+0000 0.0000000000000000E+0000
4.0007000000000000E+0000 0.0000000000000000E+0000
.....
2.2000000000000000E+0001 0.0000000000000000E+0000
2.3000000000000000E+0001 0.0000000000000000E+0000
2.1000010000000000E+0002 0.0000000000000000E+0000
2.1000000000000000E+0002 0.0000000000000000E+0000
```

Далее в границах $x00=-110$; $x11=220$; можно непосредственно выполнить правильную идентификацию всех корней, взяв $\text{eps0}=0.000049$. Как отмечалось, способ даст структуру расположения корней. Можно выделить отрезки, которые содержат сгруппированные корни и находятся

на сравнительно большом взаимном удалении: $x00=-110$; $x11=-90$; $x00=-10$; $x11=50$; и $x00=190$; $x11=220$; . На каждом из таких отрезков можно повторить работу программы при $\text{eps0}=0.000049$. Это даст правильный результат за меньшее время, чем при идентификации в общих границах.

Инвариантным и полностью автоматизируемым представляется следующее видоизменение только что изложенного способа. Вся полная программа идентификации корней полинома преобразуется в процедуру (в примере ниже: `ident(x00,x11,eps0, h)`). Границы области поиска и радиус локализации делаются переменными и становятся параметрами процедуры. На отрезке с начальными границами, заведомо включающими область корней (в примере ниже `x00:=-320; x11:=320;`), с первичным радиусом локализации `eps0` (в примере ниже `eps0:=0.00049`), позволяющим идентифицировать область, выполняются приближения корней. Приближения окажутся взаимно отделенными на величину не менее двух радиусов (одного диаметра).

На выходе процедуры приближения корней запоминаются как элементы массива (`rex[kk]:=x;`). Затем в цикле по числу элементов этого массива, в окрестности диаметра `2eps0` каждого приближения корня, повторяется обращение к той же процедуре с новым радиусом локализации, заведомо меньшим половины расстояния между ближайшими искомыми корнями (в примере взято `eps0/10`). В результате правильно определяются все корни, включая отделенные на уменьшенный двойной радиус локализации (`eps0/10`).

Пример 7. Ниже реализовано только что описанное видоизменение программы. С помощью видоизмененной программы находятся все корни полинома 26-й степени, заданные в разделе констант массивом `b`:

```
program ITERPROCEDURE;
{$APPTYPE CONSOLE}
uses
  SysUtils;
const n1=26;
b: array [1..n1] of extended = (-100, 2, 3, 4.0007, 4.0008, 5, 6.0001, 6.0002, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,
14, 15, 16, 17, 18, 19.0003, 19.0002, 210, 210.0001, 22, 23);
eps=1E-44; n0=1512; mm=4;
type vect1=array [0..4*n0] of extended; vect2=array [0..4*n0] of longint; vec=array [0..n1] of extended;
var i,j,k,l,ee,nn0,kk,kk1: longint; a,c: vect1; e: vect2; b1:vec; rex:vect1;
aaa,x,x0,x1,xk,xk0,xk1,h0,min,eps1,hh,z,z1,x00,x11,eps0,h,eps00: extended;
procedure sort(var nn0:longint; var c: vect1; var e: vect2);
{процедура сортировки слиянием без изменения скопирована
из программы KORDEMINPOLsortnew примера 6}
procedure ident (var x00,x11,eps0, h: extended);
label 21, 22;
function func (var x: extended): extended;
var il: 1..n1;p:extended;
begin p:=1; for il:=1 to n1 do p:=p*(x-b1[il]); func:=abs(p); end;
procedure min1 (var x: extended;var ee:longint);
begin min:=func(x); ee:=0; for i:=1 to mm do begin
x:=xk0+i*h0; if min > func(x) then begin min:=func(x); ee:=i; end;end;end;
begin
aaa:=1e62;nn0:=n0; hh:=nn0*h;kk:=0;
x0:=x00; for i:=1 to n1 do b1[i]:=b[i];
while x0 <= x11 do
begin
for i:=1 to nn0 do begin x:=x0+i*h; c[i]:=func(x); end;
sort(nn0, c, e); k:=1; while k<= nn0 do
begin
for l := 1 to k-1 do if abs(e[k]-e[k-l]) <= eps0/h then goto 22; xk:= x0+e[k]*h;
eps1:=eps0; xk0:=xk-eps1; xk1:=xk+eps1; h0:=abs(2*eps1)/mm;
while abs(eps1) > eps do
begin x:=xk0; min1(x,ee); eps1:=eps1/1.2; xk0:=xk0+ee*h0-eps1; xk1:=xk0+ee*h0+eps1;
h0:=abs(2*eps1)/mm; end; if func(xk)= 0 then begin x:=xk; goto 21; end; x:=xk0+ee*h0+eps1;
for i:= 1 to 2 do begin z:=x+i*h; if func(x) >= func(z) then goto 22; end;
for i:= 1 to 2 do begin z1:=x-i*h; if func(x) >= func(z1) then goto 22; end;
if abs(aaa-x)<=1e-20 then goto 22;
21: writeln (' ', x, ' ', func(x)); aaa:=x;
kk:=kk+1; rex[kk]:=x;
22: k:=k+1 end; x0:=x0 + hh end;
end;
begin
writeln (' ':12,'Приближения корней'); writeln; writeln;
x00:=-320; x11:=320; eps0:=0.00049; h:=eps0/43; eps00:=eps0;
ident(x00,x11,eps0, h); writeln; writeln; writeln;
```

```
writeln (' ':12,'Уточнения корней'); writeln; writeln;
eps0:=eps0/10; h:=eps0/43;
For kk1:=1 to kk do
begin x00:=rex[kk1]-eps00; x11:=rex[kk1]+eps00; ident(x00,x11,eps0, h); end;
readln;
end.
```

Результат работы программы:

Приближения корней

```
-1.00000000000000E+0002 0.00000000000000E+0000
2.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
3.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
4.00070000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
5.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
6.00010000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
7.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
8.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
9.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
1.00000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.10000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.20000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.30000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.40000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.50000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.60000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.70000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.80000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.90003000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.20000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.30000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.10000000000000E+0002 0.00000000000000E+0000
```

Уточнения корней

```
-1.00000000000000E+0002 0.00000000000000E+0000
2.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
3.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
4.00070000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
4.00080000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
5.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
6.00010000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
6.00020000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
7.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
8.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
9.00000000000000E+0000 0.00000000000000E+0000
1.00000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.10000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.20000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.30000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.40000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.50000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.60000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.70000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.80000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.90003000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
1.90002000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.20000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.30000000000000E+0001 0.00000000000000E+0000
2.10000000000000E+0002 0.00000000000000E+0000
2.10000100000000E+0002 0.00000000000000E+0000
```

Программа даст правильный результат при любом первичном радиусе локализации от 0.49 до «сколь угодно» малого, но при этом может нарушаться порядок вывода данных, или программа замедлится. Отступ в обе стороны от первич-

но идентифицированных корней всегда должен выполняться на первичный радиус. Вторичный радиус локализации можно взять «произвольно» меньшим $\text{eps0}/10$ ($=0.000049$), но это замедлит выполнение программы.

При соответственных параметрах программа примера 7 инвариантно идентифицирует область корней, сами корни полинома, может использоваться для их уточнения. Аналог программы применим для идентификации всех нулей и локальных экстремумов функции одной переменной в произвольной области. В этом легко убедиться, задав на входе программы ITERPROCEDURE функцию, в частности из числа приведенных выше, скорректировав при необходимости условия приближения к нулю, указав соответствующие параметры и область поиска.

Заключение

Изложено инвариантное построение программ для нахождения всех нулей и экстремумов функций одной переменной в произвольных границах области их расположения без локализации начальных приближений. Построение основано на устойчивых адресных сортировках и позволяет идентифицировать искомые величины с точностью до формата представления данных, что наряду с преобразованием к максимально параллельной форме составляет отличие предложенного метода от известных [11–13]. Метод распространяется на обработку сигналов, изображений, временных рядов, на информационный поиск. В частности, применение к распознаванию изображений отражено в [14], определение экстремальных признаков тенденций на графиках валютных котировок – в [15]. Используемые сортировки параллельны, на этой основе предложенные алгоритмы преобразуются к максимально параллельной форме.

Список литературы

1. Иванов М.Г. Как понимать квантовую механику. М.-Ижевск: P&C Dynamics, 2012. 516 с.
2. Уилкинсон Д.Х. Алгебраическая проблема собственных значений. М.: Наука, 1970. 564 с.
3. Рыжиков Ю.И. Вычислительные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 400 с.
4. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Физматлит, 2010. 558 с.
5. Рейзлин В.И. Численные методы оптимизации. Томск: Изд. ТПУ, 2011. 105 с.
6. Тарарушкин Ю.Р. Численные методы оптимизации. М.: Изд. МГУПС (МИИТ), 2015. 112 с.
7. Ромм Я.Е. Локализация и устойчивое вычисление нулей многочлена на основе сортировки. I // Кибернетика и системный анализ. 2007. № 1. С. 165–183.
8. Ромм Я.Е. Локализация и устойчивое вычисление нулей многочлена на основе сортировки. II // Кибернетика и системный анализ. 2007. № 2. С. 161–175.
9. Ромм Я.Е., Заика И.В. Численная оптимизация на основе алгоритмов сортировки с приложением к дифференциальным и нелинейным уравнениям общего вида // Кибернетика и системный анализ. 2011. Т. 47. № 2. С. 165–180.
10. Привалов И.И. Введение в теорию функций комплексного переменного. М.: Лань-Пресс, 2020. 442 с.
11. Шевцов Г.С., Крюкова О.Г., Мызникова Б.И. Численные методы линейной алгебры. СПб.-М.-Краснодар: Лань, 2011. 496 с.
12. Старченко А.В., Берцун В.Н. Методы параллельных вычислений. Томск: Изд. Томского университета, 2013. 224 с.
13. Долгополов Д.В. Методы нахождения собственных значений и собственных векторов матриц. СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2005. 39 с.
14. Ромм Л.Я. Целочисленная идентификация плоских изображений с учетом множества внутриконтурных точек на основе экстремальных признаков и алгоритмов сортировки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Таганрог: ЮФУ, 2013. 22 с.
15. Тренкеншу А.И. Программная идентификация ключевых фигур и предсказание тенденций графиков биржевых котировок на основе алгоритмов сортировки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Таганрог: ЮФУ, 2014. 22 с.

УДК 62-851.1

СИЛЬФОННЫЕ ПРИВОДЫ КРИВОЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НОГИ ШАГАЮЩЕГО АППАРАТА

Сысоев С.Н., Никифоров И.Е., Мосалев А.А.

*ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: nikiforov10@bk.ru*

Настоящая статья посвящена совершенствованию приводов мобильных шагающих аппаратов с использованием пневмомеханических преобразователей, содержащих герметичную упругую сильфонную камеру, выполненную с возможностью соединения с пневмолинией давления энергоснабжения. Проведенный анализ функционирования используемых камерных сильфонных приводов позволил выявить ограничения их применения в качестве приводов ног шагающего аппарата, которые связаны с конструктивным исполнением, не позволяющим повысить силовые технические характеристики. В современных приводах данного типа, осуществляющих криволинейные перемещения в требуемом направлении, используется для подъема ноги избыточное давление энергоносителя, а для выпрямления – давление разрежения воздуха. Исследованы силовые характеристики конусного сильфонного привода с центральной тягой криволинейного перемещения ноги шагающего аппарата. Выявлены его преимущества и недостатки по сравнению с аналогичным цилиндрическим сильфонным приводом. Показано, что максимальный угол поворота изгиба конусного сильфона более чем в полтора раза превышает угол изгиба цилиндрического сильфона. Сильфонные приводные механизмы криволинейного перемещения с нерастяжимой центральной тягой обладают низкими силовыми характеристиками, что не позволяет применять их в качестве приводов ноги шагающего аппарата. Предложены идея и новое устройство для ее реализации. Новый приводной механизм состоит из кольцевого сильфона, по оси которого на торцах закреплены две заглушки, образующие герметичную полость, выполненную с возможностью соединения со средством давления. На заглушках по оси сильфона закреплена гибкая подпружиненная тяга, а по периметру сильфона закреплена нерастяжимая гибкая оболочка, ограничивающая осевое растяжение сильфона. Увеличение избыточного давления воздуха в рабочей камере из-за неустойчивого симметричного расположения сильфона искривляет его (подъем рабочего органа). Дальнейшее увеличение давления приводит к осевому растяжению сильфона, силовому взаимодействию с ним нерастяжимой оболочки и выпрямлению сильфона. Применяемый при макетировании конусный сильфон – пыльник амортизатора переднего М-2141. Материал нерастяжимой оболочки – полиэстер.

Ключевые слова: приводы, нога шагающего аппарата, гибкая тяга, сильфон, оболочка

BELLOWS DRIVES OF CURVILINEAR MOTION OF WALKING MACHINE LEG

Sysoev S.N., Nikiforov I.E., Mosalev A.A.

*Alexander Grigorievych and Nikolay Grigorievich Stoletov Vladimir State University,
Vladimir, e-mail: nikiforov10@bk.ru*

This article focuses on the improvement of the drives of mobile walking devices using pneumatic-mechanical converters containing a sealed elastic bellows chamber enabled to be connected to the pneumatic line of power supply pressure. Functioning analysis of chamber bellows drives revealed the limitations of their use as leg drives of the walking device, which are associated with the design that limits performance capability. Modern drives of curved movement in the desired direction use excess pressure of energy carrier for lifting the leg and expansion pressure for its straightening. Power characteristics of a cone bellows drive with a center track rod of curvilinear movement of a walking device are studied. Its advantages and disadvantages in comparison with cylindrical bellows drive are revealed. It is shown that the maximum bending angle of the cone bellows is more than one and a half times greater than the bending angle of the cylindrical bellows. Bellows drives of a curvilinear movement with an inextensible center track rod have low power characteristics, which does not allow them to be used as leg drives of a walking device. The idea and a new device for its implementation are proposed. New drive consists of an annular bellows, along the axis of which two plugs are fixed at the ends, forming a sealed cavity that can be connected to the pressure device. A flexible spring-load rod is fixed on the plugs along the bellows axis and an inextensible flexible shell is fixed along the bellows perimeter, which restricts the bellows axial tension. Excess pressure buildup in the working chamber bends the bellows due its unstable symmetrical arrangement (lifting of the working tool). Further pressure buildup leads to bellows axial stretching, force interaction with the inextensible shell and straightening of the bellows. Simulation cone bellows: dust guard of front shock absorber M-2141. Inextensible shell material: polyester.

Keywords: drives, walking device leg, flexible rod, bellows, shell

В современном машиностроении и приборостроении для реализации криволинейного перемещения рабочего органа широко применяются камерные гидравлические и пневматические приводы, принцип работы которых заключается в изменении геометрии камеры под воздействием давления рабочей среды.

Для их функционирования используются различные приводные механизмы, в которых увеличение давления рабочей среды в камере, например «трубки Бурдона» [1; 2], приводит к выпрямлению изогнутой упругой трубки, а в сильфонных механизмах [3; 4] с несимметричной упругой деформацией гофра – к его изгибу. При

этом криволинейные перемещения осуществляются только по одному радиальному направлению, задаваемому упругими характеристиками и геометрией оболочки используемой камеры, что ограничивает область их применения.

В мобильных шагающих аппаратах [5] применяют приводы с расширенной областью использования, где направление криволинейного перемещения задается в процессе их функционирования. В таких приводах наибольшими силовыми характеристиками изгиба камеры обладают сильфонные приводы [6], криволинейное перемещение рабочего органа в которых осуществляется силовым воздействием избыточного давления рабочей среды. Повышенные силовые характеристики изгиба сильфона достигаются путем установки центральной гибкой нерастяжимой тяги, ограничивающей линейное растяжение сильфона и создающей неустойчивость его симметричного расположения. Возможность осуществления криволинейного перемещения в требуемом радиальном направлении позволяет использовать его в шагающих мобильных роботах.

Однако данный привод в условиях специфики функционирования ноги шагающего аппарата обладает недостатками, ограничивающими эффективность его работы:

- низкие величины силовых характеристик выпрямления сильфона, которые должны быть существенно выше характеристик его изгиба;
- необходимость применения в качестве энергопитания давления разрежения воздуха ограничивает возможность повышения силовых характеристик привода;
- необходимость использования в качестве энергопитания избыточного давления и давления разрежения воздуха усложняет конструкцию и управление.

Цель исследования: повышение эффективности работы приводов криволинейного перемещения ноги шагающего аппарата путем разработки и исследования нового сильфонного пневмомеханического преобразователя.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются пневматические приводы шагающих мобильных аппаратов. В качестве предмета исследования приняты сильфонные приводы криволинейного перемещения с центральной тягой.

Для реализации поставленной цели проведем анализ возможности устранения указанных выше недостатков.

Рассмотрим полный цикл работы сильфонного кольцеобразного конусного приво-

да бедра ноги шагающего аппарата (рис. 1), в котором в качестве энергоносителя для изгиба сильфона используется избыточное давление воздуха, а для выпрямления – давление разрежения.

В исходном положении (рис. 1, а) в камере сильфона атмосферное давление и он занимает симметричное относительно оси положение. Направление требуемого перемещения задают (рис. 1, б) наклоном корпуса в нужном направлении на угол α , изменяя геометрию камеры сильфона. Для выполнения функции подъема ноги, криволинейного перемещения рабочего органа рабочую полость сильфона соединяют с избыточным давлением воздуха (рис. 1, в). После выполнения данной функции соединяют рабочую камеру сильфона с атмосферой (рис. 1, г). Уменьшение усилия воздействия избыточного давления приводит к частичному выпрямлению сильфона и силовому взаимодействию рабочего органа с опорной поверхностью, величина которого незначительна и определяется упругой характеристикой сильфона. Соединение рабочей камеры с пневмопитанием давления разрежения воздуха (рис. 1, д) приводит к осевому сжатию сильфона, увеличению силового воздействия на опорную поверхность и перемещению корпуса в заданном направлении.

Результаты исследования и их обсуждение

При макетировании и исследованиях применен конусный сильфон (пыльник амортизатора переднего М-2141). На рис. 2 показаны результаты натурных исследований влияния увеличения давления p воздуха в камере на положение стержня по осям горизонтальной x и вертикальной z при различных полезных нагрузках N .

Графики показывают эффективность схемного решения ограничения осевого растяжения сильфона гибкой нерастяжимой тягой для выполнения функции «подъем ноги шагающего аппарата» не только в цилиндрическом, но и в коническом сильфоне.

На этапах работы привода (рис. 1, в, г) одним из важных параметров криволинейного перемещения является угол поворота β рабочего органа, а на этапе выпрямления сильфона (рис. 1, д) – силовая характеристика привода (рис. 3).

Графики (рис. 3, а) показывают возможность получения большего угла поворота рабочего органа, и, кроме этого, наблюдается гистерезис зависимости угла поворота в процессе увеличения давления p в рабочей камере привода и возврата в исходное положение.

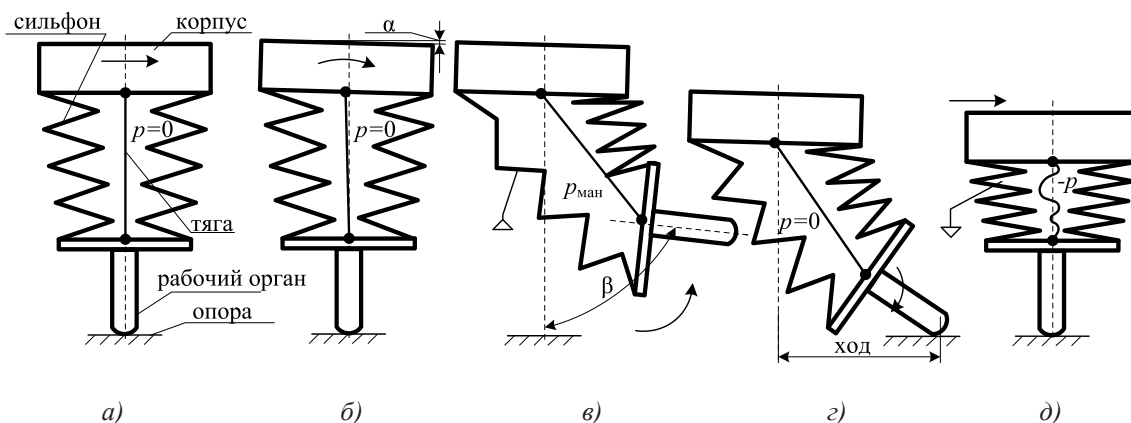


Рис. 1. Схемы этапов работы привода бедра шагающего аппарата: а) исходного положения; б) задание направления перемещения; в) криволинейное перемещение подъема рабочего органа; г) опускание рабочего органа на опорную поверхность; д) перемещение корпуса аппарата

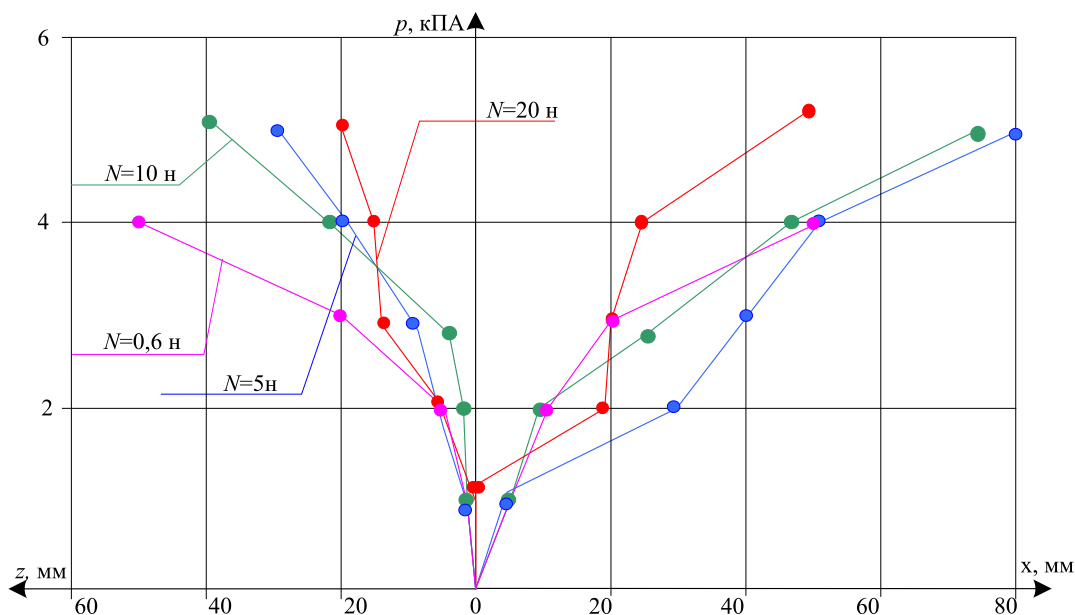


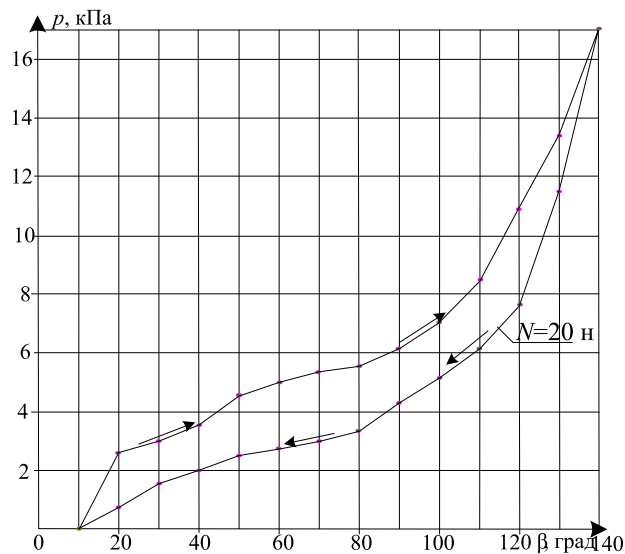
Рис. 2. Графики зависимости перемещения рабочего органа конусного привода от величины давления в рабочей камере

Результаты исследования этапа (рис. 1, д) перемещения корпуса аппарата выпрямлением сиффона (рис. 3, б) показывают, что силовые характеристики привода выполнения функции перемещения корпуса шагающего аппарата незначительно превышают характеристики искривления сиффона. Кроме этого, использование в качестве энергоносителя давления разрежения ограничивает возможность их существенно увеличения.

В связи с этим предложена идея использовать для выполнения функции выпрямления сиффона в качестве энергоносителя избыточное давление воздуха. Данная идея реализована в новом сиффоне приво-

де криволинейного перемещения (рис. 4), в котором по оси вместо нерастяжимой тяги установлена подпружиненная тяга, а по периметру закреплен ограничитель осевого перемещения, выполненный в виде нерастяжимой оболочки.

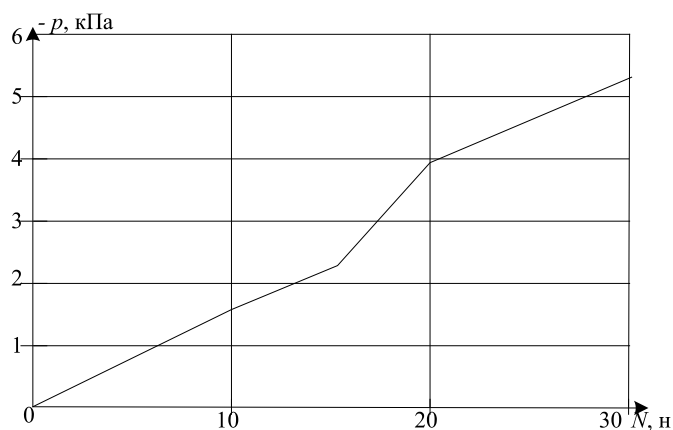
Устройство состоит из корпуса 1, на котором закреплен сиффон 2 с верхней и нижней крышками, образующими герметичную камеру, где закреплена центральная гибкая подпружиненная тяга 3, соединяющая корпус и рабочий орган 4, установленный на опорной поверхности 5. По периметру сиффона установлена нерастяжимая оболочка 6, ограничивающая осевое перемещение сиффона.



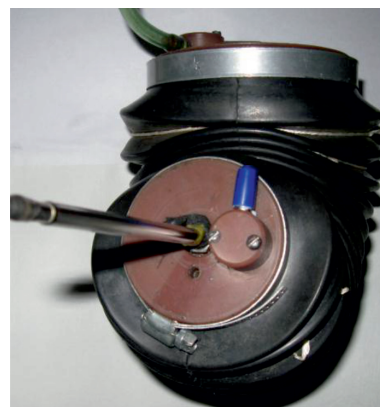
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Конусный сильфонный привод криволинейного перемещения: а) график зависимости угла поворота рабочего органа от величины избыточного давления в рабочей камере; б) график зависимости силовой характеристики привода от давления разрежения воздуха; в) и г) общий вид

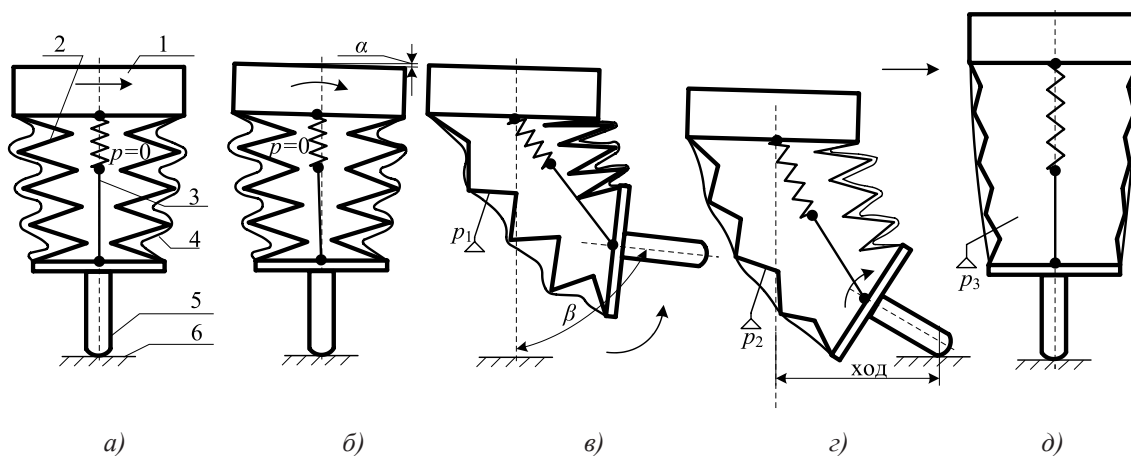


Рис. 4. Схемы этапов работы привода бедра шагающего аппарата с подпружиненной центральной тягой и ограничительной оболочкой: а) исходное положение; б) задание направления перемещения; в) криволинейное перемещение подъема рабочего органа; г) опускание рабочего органа на опорную поверхность; д) перемещение корпуса аппарата

Этапы исходного положения и задания направления перемещения выполняются аналогично работе сифонного привода с центральной гибкой нерастяжимой тягой (рис. 1, а, б). На этапе криволинейного перемещения подъема рабочего органа при повышении давления воздуха в камере сиффона до p_1 возникает неустойчивость его симметричного расположения, приводящая к криволинейному перемещению и его искривлению в заданном направлении (рис. 4, в). Дальнейшее повышение давления воздуха до величины p_2 приводит к растяжению осевой тяги и сиффона. Натягивается оболочка, ограничивая его продольное перемещение и выпрямляя сиффон (рис. 4, г). Выполняется этап опускания рабочего органа на опорную поверхность. Повышение величины давления воздуха в рабочей камере до давления p_3 приводит к дальнейшему осевому растяжению

сиффона и его выпрямлению под силовым воздействием нерастяжимой оболочки. Выполняется функция перемещения корпуса аппарата (рис. 4, д).

Результаты натурных исследований показаны на рис. 5. При макетировании применена нерастяжимая оболочка из полиэстера.

Графики (рис. 5, а) показывают, что при повышении давления до 5 kPa выполняется перемещение рабочего органа на 130 мм по горизонтальной оси в направлении требуемого перемещения корпуса аппарата, а затем при увеличении давления в рабочей камере происходит выпрямление сиффона и перемещение рабочего органа в обратном направлении. Силовое взаимодействие рабочего органа с опорной поверхностью начинается при превышении давления в рабочей камере 10 kPa и достигает 50 Н , что в 1,5 раза превышает характеристику аналогичного привода.

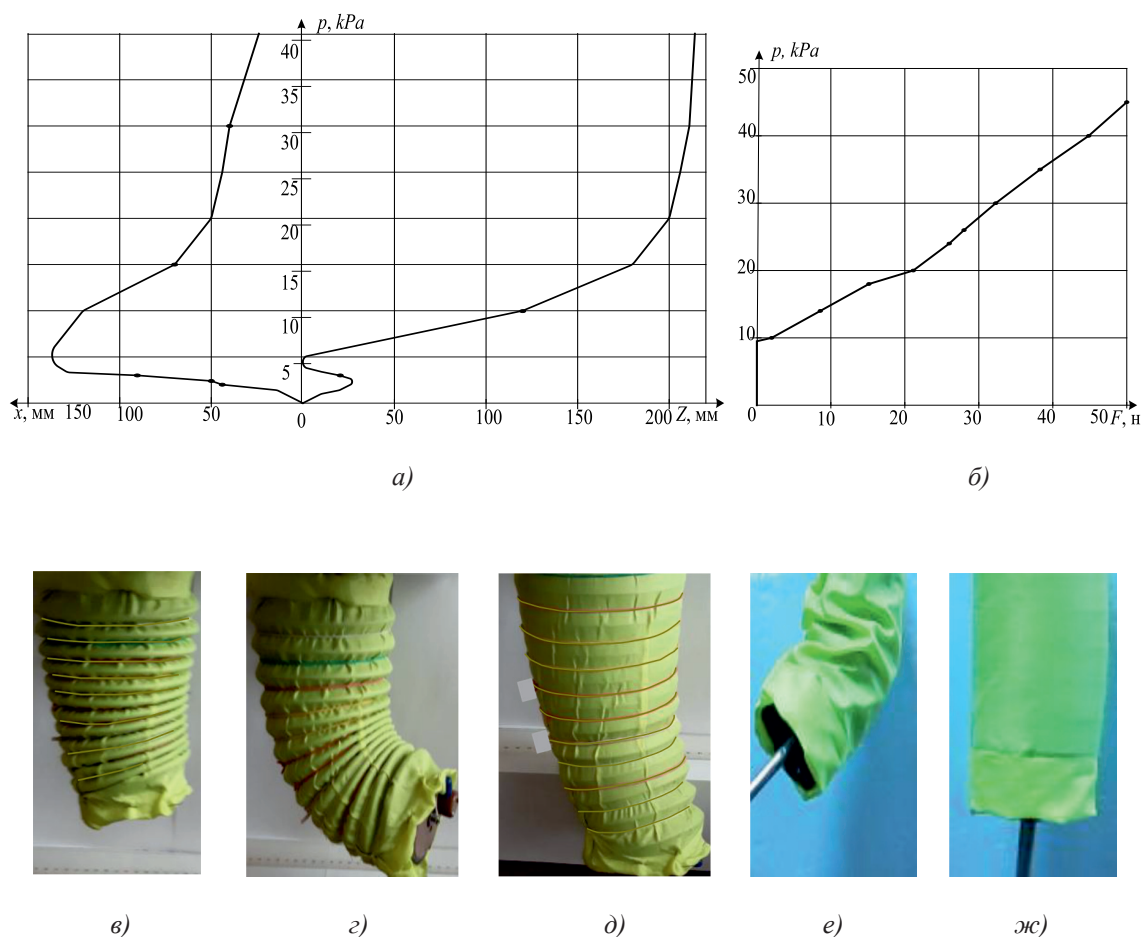


Рис. 5. Сифонный привод криволинейного перемещения: а), б) графики зависимости соответственно положения рабочего органа и силовой характеристики F от величины давления в рабочей камере конусного сиффона; в – ж) общий вид приводов соответственно с конусным и цилиндрическим сиффоном

Заключение

Проведенные исследования конусных сильфонных приводов с жесткой центральной тягой по сравнению с цилиндрическими показали возможность получения большего угла поворота рабочего органа. Кроме этого, процесс поворота и возврата сильфона в исходное положение без воздействия полезной нагрузки на привод сопровождается гистерезисом зависимости угла поворота от давления.

Исследованиями полного цикла работы данных приводов установлено, что они обладают ограничениями по применению в качестве приводов ног шагающего аппарата, связанными с конструктивным исполнением, не позволяющим повысить их силовые технические характеристики. Использование вакуумного источника энергоносителя для выпрямления сильфона ограничивает тяговые усилия мобильного аппарата.

Предложен и исследован новый привод криволинейного перемещения, где по периметру сильфона дополнительно установлена нерастяжимая оболочка, ограничивающая осевое перемещение сильфона. Это позволяет для осуществления этапа выпрямления сильфона при выполнении функции перемещения корпуса шагающего

аппарата использовать избыточное давление питания рабочей среды, что существенно увеличивает силовые характеристики привода при сохранении его массогабаритных параметров и упрощает систему управления приводом.

Список литературы

1. Пирогов С.П., Чуба А.Ю. Применение манометрических трубчатых пружин в сельскохозяйственных машинах // Агропродовольственная политика России. 2017. № 9(69). С. 82–88.
2. Сорокин Ф.Д., Чан Ки АН. О возможности применения сетчатых оболочек с симметрично уложенными нитями в качестве приводов управляемой упругой деформации // Известия высших учебных заведений. 2013. № 10 (643). С. 3–8.
3. Александрова А.Т., Васин В.А. Создание идеологии, полных комплексных систем вакуумного оборудования (основанных на устройствах и элементах исключающих трение движения и предназначенных для работы в области микро и нанoeлектроники и других высоких технологий) // Системотехника. 2009. № 7. С. 9–14.
4. Васин В.А. Бескорпусной затвор с криволинейной траекторией перемещения // Патент РФ № 2215224. Патентообладатель Васин В.А. 2003. Бюл. № 30.
5. Сысоев С.Н., Никифоров И.Е., Маскин А.С. Методика конструирования системы приводов ноги шагающего аппарата // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 2. С. 66–71.
6. Сысоев С.Н., Овчинников В.А., Голубева Т.Н. Сильфонные приводы криволинейного перемещения // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4–2. С. 251–255.

УДК 681.518.5

ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ КАЧЕСТВ ТЕХНИКИ

Токарев В.И., Бабоченко Н.В.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Волгоград,
e-mail: nat-krivelskaya@mail.ru

В статье рассмотрена возможность использования набора технических и программных средств эксплуатационно-технологического мониторинга погрузочно-разгрузочных и транспортных работ с применением погрузочного агрегата. Для обеспечения безопасности погрузочно-разгрузочных работ и оптимальной работы погрузочного агрегата предлагается разработанный эксплуатационно-технологический мониторинг, составляющий набор технических и программных средств в виде модульных блоков, где каждый функциональный блок может использоваться как самостоятельно, так и совместно с другими блоками-модулями. Отмечено, что составляющим компонентом набора технических и программных средств эксплуатационно-технологического мониторинга погрузочно-разгрузочных и транспортных работ с применением погрузочного агрегата является прибор регистрации и вычисления эксплуатационных показателей. Возможности описываемого в статье прибора таковы, что он способен непрерывно регистрировать эксплуатационно-технологические параметры в течение длительного времени и затем переносить после каждой смены регистрируемые и расчетные параметры на компьютер, на котором ведется дальнейшая обработка регистрируемых эксплуатационно-технологических параметров с использованием разработанного на языке Visual Basic ver. 6 программного обеспечения. Установлено, что время работы нецелевого перемещения рабочего оборудования, как и время переездов без нагрузок, коэффициент с задействованием гидропривода, коэффициент полезного действия погрузочного агрегата, коэффициент не работающего по назначению агрегата, коэффициент применения по грузоподъемности, коэффициент применения по производительности, эксплуатационную сменную производительности позволяет определить программное обеспечение через COM – порт данных с прибора регистрации. По полученным данным возможно определить оптимальные параметры работы погрузочного агрегата. Доказана производственной проверкой эффективность набора технических и программных средств мониторинга эксплуатационно-технологических параметров погрузочного агрегата. Как подтверждают полученные данные, использование разработанной системы мониторинга эксплуатационно-технологических параметров погрузчика дало возможность крестьянско-фермерскому хозяйству выявить резервы повышения производительности погрузочно-разгрузочных работ, скорректировать технологический процесс и получить экономический эффект.

Ключевые слова: эксплуатационно-технологический мониторинг, набор технических и программных средств в виде модульных блоков, погрузочный агрегат, прибор регистрации, прибор системы эксплуатационно-технологического мониторинга, кнопки управления, программное обеспечение

OPERATIONAL AND TECHNOLOGICAL MONITORING OF LOADING, UNLOADING AND TRANSPORT WORKS AS A MEANS OF IMPROVING CONSUMER QUALITY OF EQUIPMENT

Tokarev V.I., Babochenko N.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University», Volgograd, e-mail: nat-krivelskaya@mail.ru

The article considers the possibility of using a set of hardware and software tools for operational and technological monitoring of loading and unloading and transport operations using a loading unit. To ensure the safety of loading and unloading operations and the optimal operation of the loading unit, a developed operational and technological monitoring is proposed, which constitutes a set of hardware and software in the form of modular units, where each functional unit can be used both independently and in conjunction with other unit modules. It is noted that a component of a set of hardware and software for operational and technological monitoring of loading and unloading and transport operations using a loading unit is a device for recording and calculating operational indicators. The capabilities of the device described in the article are such that it is able to continuously record operational and technological parameters for a long time and then transfer, after each change, the recorded and calculated parameters to a computer on which further processing of the registered operational and technological parameters is carried out using the VisualBasicver language .6 software. It was established that the operating time of the improper movement of the working equipment, as well as the time of moving without loads, the coefficient involving the hydraulic drive, the efficiency of the loading unit, the coefficient of the unit that does not work for the intended purpose, the coefficient of application for load-bearing capacity, the coefficient of application for productivity, and operational replaceable productivity allows determining software via COM – data port from the registration device. According to the data obtained, it is possible to determine the optimal operating parameters of the loading unit. A set of hardware and software for monitoring the operational and technological parameters of the loading unit has been proven by production verification. As the obtained data confirm, the use of the developed system for monitoring the operational and technological parameters of the loader made it possible for the peasant farm to identify reserves for increasing the productivity of loading and unloading operations, adjust the technological process and obtain an economic effect.

Keywords: operational and technological monitoring, a set of hardware and software in the form of modular units, a loading unit, a registration device, an instrument for an operational and technological monitoring system, control buttons, software

Средством повышения востребованности техники, качества выполняемых работ и производительности, так же как и комфорта, безопасности труда выступает эксплуатационно-технологический мониторинг разгрузочных и погрузочных, а также транспортных работ, с участием применяемых для этой цели мобильных погрузчиков. Управляющий мобильным погрузочным агрегатом с целью повышения безопасности разгрузочных и погрузочных работ способен постоянно контролировать устойчивость передвигающейся техники и принимать мгновенные решения по устранению и предвидению аварийных ситуаций. Ранее В.Ф. Дубинин, В.М. Герасун, В.Л. Строков работали над исследованием взаимозависимости удельных технико-экономических показателей сельскохозяйственных погрузчиков циклического действия, а также и анализом эффективности, и повышением производительности погрузочных агрегатов, работающих на погрузочно-разгрузочных работах со штучными грузами, об этом говорит имеющееся авторское свидетельство [1] и подтверждает обзор литературы по теме статьи [2–4]. Объём выполненных грузовых работ за час, смену, сезон указывает на эффективное использование в сельском хозяйстве погрузочно-разгрузочной техники и подвергается установлению количества погруженных или разгруженных грузов на конечных пунктах. В течение смены и на разных работах, а также с разными грузами могут использоваться унифицированные погрузчики. Из-за отсутствия точного учёта грузовой переработки эффективность и рациональность применения единичного погрузочного агрегата понижается, а учёт затрат энергии на выполненную работу и экономически выгодного использования в различных технологических операциях разгрузки и погрузки усложняется [5; 6]. Использование информационных систем в эксплуатационно-технологическом мониторинге по переработке грузов выступает как необходимость для отдельного погрузочного агрегата.

В качестве рационального уменьшения затрат на погрузочно-разгрузочные операции и уменьшение затрат на технологические процессы, проводимые в комплексе сельского хозяйства, рассмотреть эксплуатационно-технологический мониторинг с целью рационального использования погрузочного агрегата для грузовых работ и с целью внедрения информационных систем, фиксирующих данные от измерительного преобразователя грузоподъёмности, скорости перемещения агрегата, измерителей учета по переработке грузов. Схе-

матичная составляющая, сконструированная для выполнения агрегатом поставленной цели, а именно погрузочной и разгрузочной работы, представляет собой набор технических и программных средств эксплуатационно-технологического мониторинга. Прибор регистрации и вычисления эксплуатационных показателей погрузочных, разгрузочных, а также транспортных работ с участием погрузочного агрегата является главным компонентом набора технических и программных средств эксплуатационно-технологического мониторинга. Все зарегистрированные во время работы и вычисленные показатели переносятся на стационарный компьютер с использованием СОМ-интерфейса; при полном отключении прибора от бортовой сети погрузочного агрегата, выполняющего погрузочно-разгрузочные или транспортные работы, возможен при необходимости и сброс параметров. Для того чтобы иметь возможность рассчитать показатели эффективности работы погрузочного агрегата, с целью использования полученных данных в дальнейшей работе, а именно для обработки регистрируемых эксплуатационно-технологических параметров, предлагается использовать стационарный компьютер и разработанное на языке Visual Basic ver. 6 программное обеспечение.

Материалы и методы исследования

Используя информационные системы технической диагностики и методы математического моделирования и компьютерных технологий [7–9], составили схематичную составляющую, представленную в виде системы модульных блоков, где каждый блок выполняет свою определенную функцию и работает при этом независимо, но при необходимости может вступать во взаимодействие и с другими модулями-блоками, что и представляет собой набор технических и программных средств эксплуатационно-технологического мониторинга погрузочно-разгрузочной работы агрегата, как видно из рис. 1.

Результаты исследования и их обсуждение

Каждый компонент схематичной составляющей модульных блоков системы представляет набор технических и программных средств комплекса эксплуатационно-технологического мониторинга и выполняет определенную функцию, так, модульный блок А1 регистрирует время работы T_1 двигателя на основе сигнала, поступающего от генератора 1, включая таймер в момент появления напряжения на клеммах генератора, что видно из рис. 1.

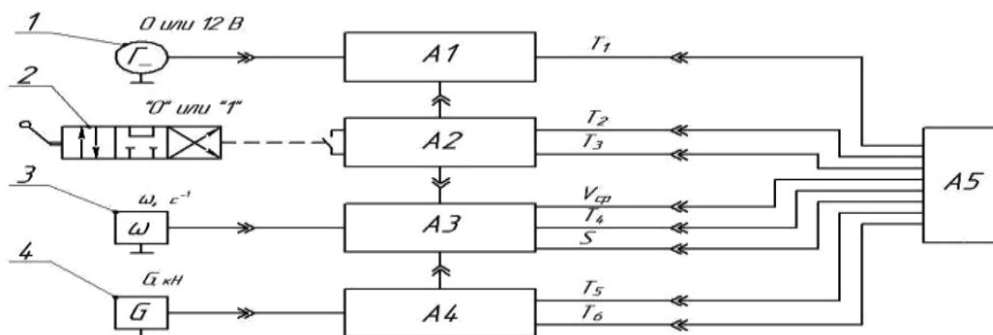


Рис. 1. Схематическая составляющая модульных блоков системы эксплуатационно-технологического мониторинга погрузочно-разгрузочной работы агрегата

Рукоять гидрораспределителя 2 связана с контактами включателя модульного блока A_2 , модульный блок A_2 фиксирует время работы гидропривода T_3 при замыкании контактов и время неработающего состояния погрузочного агрегата при включенном двигателе T_2 в нейтральном положении золотника гидрораспределителя.

Отметим, что модульные блоки A_1 и A_2 используются совместно с целью регистрации времени простоя агрегата T_2 . Прибор регистрации угловой скорости 3 устанавливаем на вал колеса транспортного средства, в частности трактор, связанный с погрузочным манипулятором, сигнал от которого поступит на модульный блок A_3 , который в свою очередь зарегистрирует среднюю скорость при движении погрузочного агрегата V_{cp} , вычислит пройденный погрузочным агрегатом путь S и время движения агрегата T_4 . Прибор регистрации грузоподъемности 4 разместим на крюковой подвеске, сигнал от этого прибора регистрации поступит на модульный блок A_4 , который зарегистрирует время нагруженного грузом рабочего оборудования T_6 и время движения погрузочного агрегата с грузом T_5 , посредством совместной работы модульных блоков A_3 и A_4 , и зарегистрируется последний параметр. Все параметры имеют доступность для обработки и хранения в модульном блоке A_5 , также если возникнет необходимость, то можно будет представить и на зональный измеритель изменений.

У некоторых модульных блоков из модульных блоков A_1 , A_2 , A_3 , A_4 и A_5 может при самостоятельной (независимой друг от друга) работе снижаться функциональность, но они могут работать и как единая система в случае объединения друг с другом. С модульными блоками A_2 и A_5 может объединяться модульный блок A_1 и также быть полностью самостоятельным. В слу-

чае отсутствия модульного блока A_3 будет невозможна регистрация времени простоя погрузочного агрегата, хотя модульный блок A_2 может объединяться с модульными блоками A_1 , A_3 и A_5 . С модульными блоками A_2 , A_4 и A_5 может объединяться модульный блок A_3 при своей полной независимости работы. В случае отсутствия модульного блока A_3 регистрируется только время нагруженного грузом рабочего оборудования касательно модульного блока A_4 , который может объединяться с модульными блоками A_3 и A_5 .

Составляющим компонентом набора технических и программных средств эксплуатационно-технологического мониторинга погрузочно-разгрузочных и транспортных работ с применением погрузочного агрегата является специальное устройство регистрации и вычисления эксплуатационных показателей. В качестве управляющего и вычислительного устройства выступает микроконтроллер PIC16F877A, микросхема которого представляет собой 8-разрядный комплементарный металл-оксид-полупроводниковый микроконтроллер с Flash памятью в 8 КБт, оперативной памятью (RAM) объемом 365 КБт и ППЗУ объемом 250 КБт. Рабочее напряжение питания микроконтроллера от 2 до 5,5 В в диапазоне температур от -40 до $+125$ °С, что однозначно подходит для сельскохозяйственной техники. Следует отметить, что повышение надежности работы и режим экономии энергии (SLEEP) обеспечивает счетчик контроля с собственным встроенным RC-генератором.

Период хранения данных в ППЗУ долгосрочный – более 40 лет при 100 тысячах циклах записи/стирания. Тактовая частота процессора в 4 МГц задается кварцевым резонатором ZQ1B, питание устройства осуществляется от бортовой сети погрузчика через стабилизатор, собранный на микросхеме DA1 L7805, преобразующий

напряжение бортовой сети 12 В в 5 В. Рассматривая прибор системы эксплуатационно-технологического мониторинга (рис. 2), отметим, что представленная панель измерения изменений I связана с текущим временем работы двигателя T_1 , изображенными кнопками позиции 2, которые используются для переключения режимов измерения изменений текущего времени T_2, T_3, T_5, T_6 , а кнопки изображенной позиции 3 используются для переключения режимов измерения изменений T_4, S, V_{cp} , изображенная позиция 4 – это разъем питания прибора, а изображенная позиция 5 – это разъем для подключения датчиков.

Все регистрируемые и вычисляемые показатели переносятся на стационарный компьютер посредством COM – интерфейса, сброс же параметров возможен только при полном отключении прибора от бортовой сети погрузочного агрегата, выполняющего погрузочно-разгрузочные или транспортные работы. Последовательным задействованием семи кнопок управления позиций 2 и 3 обеспечивается система последовательных операций работы программы. Запоминание же соответствующей функции, такой как время простоя, или пройденный путь, или скорость движения погрузчика, осуществляется нажатием одной из предложенных 2 и 3 позиционных кнопок. Снятие показаний времени работы двигателя осуществляется при исключении нажатия позиционных кнопок (позиция 1).

После каждой смены регистрируемые в течение 9 часов 59 минут эксплуатационно-технологические параметры и расчетные параметры переносятся на компьютер.

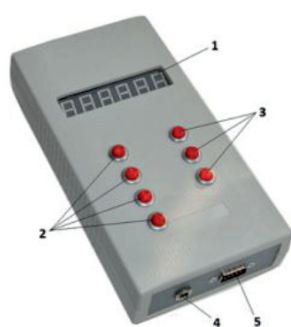


Рис. 2. Прибор системы эксплуатационно-технологического мониторинга погрузочного агрегата

Место возможного расположения прибора системы эксплуатационно-технологического мониторинга погрузочного агрегата в кабине мобильного погрузочного агрегата показано на рис. 3.



Рис. 3. Место установки прибора регистрации и вычисления эксплуатационно-технологических параметров погрузочного агрегата

Система планирования погрузочно-разгрузочных и транспортных работ эффективна для сельского хозяйства при учете и анализе эксплуатационно-технологической информации. На оценке показателей работы машин и качества выполнения технического обслуживания основана предложенная информационная система управления техническим обслуживанием и ремонтом строительных машин [10]. Информационная система содержит модули: техобслуживание, каталог, склад, документооборот, администратор. Однако такая информационная система управления оправдывает себя на крупных дорожно-строительных предприятиях. Для предприятий сельскохозяйственного производства достаточно более простой и компактной системы анализа эксплуатационно-технологических параметров погрузочных машин, позволяющей оценивать загруженность погрузчиков на конкретных операциях, определять их производительность на различных видах работ и сравнивать с технической производительностью, контролировать техническое обслуживание. Так, для дальнейшей работы с полученными данными, а именно для обработки регистрируемых эксплуатационно-технологических параметров, предлагается использовать стационарный компьютер и разработанное на языке Visual Basic ver. 6 программное обеспечение [11; 12]. Время работы нецелевого перемещения рабочего оборудования; время переездов без нагрузок; коэффициенты: с включением в работу гидропривода, не работающего по назначению агрегата, применения погрузчика по грузоподъемности, полезного применения погрузочного агрегата, применения по производительности; эксплуатационную сменную производительность – позволяет определить программное обеспечение через COM – порт данных с прибора регистрации. Фрагмент программы для расчета характеристик эффективности погрузчика по регистрируемым параметрам эксплуатационно-технологического мониторинга представлен на рис. 4.

Эффективность использования погрузчика

С прибора регистрации

1123	Время работы двигателя, с
87	Время простоя при включенном двигателе, с
822	Время работы гидродвиателя, с
235	Время движения агрегата, с
0	Время движения с грузом, с
730	Время нагруженного грузом рабочего оборудования, с
4	Средняя скорость при движении, м/с
54	Пройденный погрузочным агрегатом путь, м
185	средняя масса груза за цикл операции, кг

Исходные данные

Длительность смены, час	8,2	Грузоподъемность погрузчика, т	0,6
-------------------------	-----	--------------------------------	-----

Расчетные параметры

92	Время холостого позиционирования рабочего оборудования, с
235	Время холостых перепадов, с
0,73196	Коэффициент использования гидродвиателя
0,88807	Коэффициент полезного использования погрузочного агрегата на погрузочно-разгрузочных работах
0,75966	Коэффициент простоя агрегата
0,30833	Коэффициент использования погрузчика по грузоподъемности
1,92341	Теоретическая производительность, т/час
0,52188	Техническая производительность, т/час
2,56768	Эксплуатационная сменная производительность, т/смену
0,74908	коэффициент использования по производительности

Загрузить данные

Рассчитать

Выход

Рис. 4. Фрагмент программы эффективности использования погрузчика по регистрируемым параметрам эксплуатационно-технологического мониторинга

Закключение

Считаем, что предложенная система мониторинга и методика определения эксплуатационно-технологических показателей эффективности использования погрузочного агрегата служит средством повышения потребительских качеств, применяемых для выполнения погрузочных, разгрузочных и транспортных работ техники. Проверка на производстве набора технических и программных средств мониторинга эксплуатационно-технологических параметров погрузочного агрегата показала его работоспособность, надежность и эффективность применения при погрузке штучных грузов. Использование разработанной системы мониторинга эксплуатационно-технологических параметров погрузчика дало возможность КФХ А.Н. Телитченко выявить резервы повышения производительности погрузочно-разгрузочных работ, скорректировать технологический процесс и получить экономический эффект, который за 2 месяца эксплуатации составил 5400 рублей, а в ООО «Русь» – 8100 рублей за три месяца эксплуатации. Эксплуатационно-технологический мониторинг на погрузочном агрегате МТЗ-80 + ПФ-С-0,5 при погрузке рулонов сена показал работоспособность и эффективность использования набора технических и программных средств. Полученные значения коэффициентов эффективности использования погрузочного агрегата показывают,

что есть существенный запас повышения производительности на 12...23% путем более тщательного планирования технологических процессов погрузки-разгрузки грузов. По окончании производственных испытаний получены рекомендации к использованию разработанной системы эксплуатационно-технологического мониторинга на мобильных тракторных погрузчиках для работы со штучными грузами. Дальнейшим совершенствованием системы представляется разработка диалогового интерфейса, встроенного непосредственно в прибор, размещаемый в кабине оператора, с расчетом и выдачей текущих эксплуатационных показателей на рабочем месте оператора, т.е. полноценный бортовой тракторный компьютер.

Список литературы

1. А.С. № 1025541 СССР, МКИ В 60 Р 1/50. Погрузочно-разгрузочное устройство транспортного средства / Герасун В.М., Пындак В.И., Рогачёв А.Ф., Строков В.Л. (ССР). 3457885/24-08; заявлено 20.11.81; опубл. 30.04.83. Бюл. № 24. С. 3.
2. Гамаюнов П.П. Повышение эксплуатационных качеств тракторного поезда за счет улучшения его эргономических свойств // Научное обозрение. 2015. № 24. С. 111–113.
3. Герасун В.М., Несмиянов И.А., Фомин С.Д. Исследование устойчивости транспортного агрегата с манипулятором // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 1 (29). С. 204–211.
4. Кузнецов Е.С., Никитин К.Д., Орлов А.Н. Специальные грузоподъемные машины. Книга 2. Грузоподъемные манипуляторы. Специальные полиспастные подвесы и траверсы. Специальные лебедки: учеб. пособие в 9 кн. 2011. 280 с.

5. Кутьков Г.М., Кузьмичёв В.В. Методика оценки технологической универсальности мобильных энергосредств // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 3. С. 18–22.
6. Мержи И. Практическое руководство по логическим микросхемам и цифровой схемотехнике / Пер. с англ. Ю. Соколов. М.: НТ Пресс. 2007. 256 с.
7. Несмиянов И.А., Токарев В.И. Направления развития роботизированных погрузочных манипуляторов для агропромышленного комплекса // Современная техника и технологии. Октябрь, 2012. № 4 (36). [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2012/10/1382> (дата обращения: 18.05.2020).
8. Несмиянов И.А., Евдокимов А.П., Токарев В.И., Захаров Е.Н. Программно-аппаратный комплекс мониторинга эксплуатационно-технологических параметров погрузочно-го агрегата // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4 (36). С. 227–231.
9. Новиков Ю.В., Калашников О.А., Гуляев С.Э. Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBMPC: практическое пособие. М.: ЭКОМ., 2000. 224 с.
10. Репин С.В., Андронов А.В., Зазыкин Г.А., Савельев А.В. Разработка структуры стратегии управления работоспособностью транспортно-технологических машин по техническому состоянию // Безопасность транспортных средств в эксплуатации, сб. материалов 71-й МНТК НГТУ им. Р.Е. Алексеева (12–13 октября 2010 г.). Н.-Новгород: НГТУ, 2010. С. 133–135.
11. VisualBasic 6.0. MicrosoftPress. Руководство пользователя. Пер. с англ. СПб.: БХВ – Петербург, 2004. 992 с.
12. Zhoga V.V., Gerasun V.M., Nesmiyanov I.A., Vorobeva N.S., Dyashkin-Titov V.V. Dynamic Creation of the Optimum Program Motion of a Manipulator-Tripod. Journal of Machinery Manufacture and Reability. 2015. Vol. 44. No. 2. P. 181–186.

ОБЗОРЫ

УДК 004.93

ОБЗОР МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ НА ОСНОВЕ ИНВАРИАНТОВ К ЯРКОСТНЫМ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯМ

¹Абрамов Н.С., ¹Фраленко В.П., ^{2,3}Хачумов М.В.

¹ИПС им. А.К. Айламазяна РАН, Переславль-Залесский;

²ФИЦ ИУ РАН, Москва;

³Российский университет дружбы народов, Москва, e-mail: n-say@nsa.pereslavl.ru

Статья посвящена обзору методов построения и применения инвариантов как устойчивых дескрипторов изображений, необходимых для распознавания образов. Отмечается актуальность выделения существенных признаков, сохраняющих и передающих характерные особенности изображений, подвергнутых преобразованиям, что увеличивает вероятность получения правильного решения в условиях возможных флуктуаций и нестабильности окружающей среды. Показана принципиальная возможность совместного использования инвариантов и классификаторов в виде нейронных сетей для решения задач распознавания объектов различной природы. Нейронные сети прямого распространения, вероятностные и сверточные нейронные сети хорошо сочетаются с выделенными инвариантными дескрипторами. Введены основные понятия и определения, в частности дается определение инвариантности и субинвариантности информативных признаков к яркостным и геометрическим преобразованиям. Выполнен краткий анализ современного состояния исследований в предметной области по отечественным и зарубежным публикациям. Отмечается роль линий положения как инвариантов к яркостным преобразованиям, служащим для корректного совмещения изображений объектов. Однако наибольшее внимание отводится инвариантным моментам, основанным на построении полиномов специального вида. К ним относятся 3D-инварианты, собранные из различных источников и комбинированные Blur-AMI-инварианты, как функционалы, которые не меняются под воздействием аффинных преобразований. Отдельный вопрос связан с реализацией алгоритмов распознавания образов в условиях ограниченных ресурсов, что свойственно бортовым вычислительным комплексам малых беспилотных летательных аппаратов при определении местоположения и слежения за динамическими объектами на основе видеокамер. Рассмотрены методы ускорения вычислений с аппаратной поддержкой. Задачи рекомендуется реализовывать набором функций семейства CORDIC. Отмечается актуальность задачи построения периодических расписаний с совмещением циклов как наиболее естественных для специализированных устройств, работающих с изображениями. Выполненный обзор публикаций может быть полезен для исследователей, занимающихся задачами построения алгоритмов распознавания в бортовых роботизированных системах.

Ключевые слова: инварианты, инвариантные моменты, линии положения, распознавание образов, обзор публикаций, летательный аппарат, бортовые системы, автономность, конвейерные вычисления, аппаратно-программная реализация

REVIEW OF IMAGE RECOGNITION METHODS BASED ON BRIGHTNESS INVARIANTS AND GEOMETRIC TRANSFORMATIONS

¹Abramov N.S., ¹Fralenko V.P., ^{2,3}Khachumov M.V.

¹Ailamazyan Program Systems Institute of Russian Academy of Sciences, Pereslavl-Zalesky;

²Federal Research Center «Computer Science and Control» of Russian Academy of Sciences, Moscow;

³Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: n-say@nsa.pereslavl.ru

The article is devoted to a review of methods for constructing and using invariants as stable image descriptors necessary for pattern recognition. The relevance of highlighting significant features that preserve and transmit the characteristic features of images subjected to transformations is noted, which increases the likelihood of obtaining the right solution in the conditions of possible fluctuations and instability of the environment. The fundamental possibility of sharing invariants and classifiers in the form of neural networks to solve problems of recognizing objects of various nature is shown. Direct distribution neural networks, probabilistic and convolutional neural networks combine well with distinguished invariant descriptors. The basic concepts and definitions are introduced, in particular, the definition of the invariance and subinvariance of informative features to brightness and geometric transformations is given. A brief analysis of the current state of research in the subject area on domestic and foreign publications is performed. The role of position lines as invariants to brightness transformations, which serve for the correct combination of images of objects, is noted. However, the most attention is given to invariant moments based on the construction of polynomials of a special form. These include 3D-invariants collected from various sources and combined Blur-AMI-invariants, as functionals that do not change under the influence of affine transformations. A separate issue is related to the implementation of pattern recognition algorithms in the conditions of limited resources, which is characteristic of on-board computer systems of small unmanned aerial vehicles in determining the location and tracking of dynamic objects based on video cameras. Methods of accelerating computations with hardware support are considered. Tasks are recommended to be implemented by a set of functions of the CORDIC family. The urgency of the task of constructing periodic schedules with combining cycles as the most natural for specialized devices that work with images, is noted. The performed review of publications can be useful for researchers involved in the tasks of constructing recognition algorithms in on-board robotic systems.

Keywords: invariants, invariant moments, position lines, pattern recognition, review of publications, aircraft, airborne systems, autonomy, conveyor computing, hardware and software implementation

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к задаче распознавания образов в различных приложениях. Актуальность данного научного направления подтверждается большим числом разнообразных методов и подходов, опирающихся в том числе на искусственные нейронные сети, марковские модели, анализ главных компонент, анализ вейвлетов, метод опорных векторов и др. инструменты. Высокие результаты в сфере обработки графической информации и распознавания образов в ней получены как отечественными, так и зарубежными авторами (В.А. Сойфер, Ю.И. Журавлев, П.А. Бакут, Я.А. Фурман, I.E. Sobel, L.G. Roberts, W.K. Pratt и др.).

У графических образов есть характеристики, не зависящие, например, от уровня освещения, контраста, гаммы, угла поворота, общего качества изображения. Эти характеристики – инварианты. В работах А.А. Шмидта, С.И. Аверина, Е.П. Путькина, B. Zitová, T. Suk, J. Flusser, R. Dib, F. Baker, N. Zaeri, E.L. Hall, R.Y. Wong, M.K. Hu выполнена систематизация знаний об использовании инвариантов в сфере обработки графических данных и классификации. Следует отметить, что задача качественного распознавания в настоящее время считается актуальной и нерешенной, так как известные подходы не дают приемлемых результатов при колебаниях освещения и всем многообразии возможных ракурсов съемки объектов различной природы. Например, в случае движения целевых объектов на видеопоследовательности из-за искажений и яркостных шумов имеет место низкая точность и полнота распознавания.

Исследование посвящено обзору методов распознавания образов. Выделяются особенности различных подходов к решению задачи распознавания образов, в том числе учитывающих свойства яркостных и геометрических инвариантов изображений.

Материалы и методы исследования

Основные понятия и определения

Здесь будем опираться частично на определения, содержащиеся в работе [1].

Инвариант – интегральный дескриптор изображений, отражающий их яркостные и/или геометрические параметры, обладающий устойчивостью к яркостным и/или аффинным преобразованиям. Функционал или дескриптор инварианта определяется так, что сохраняет свои значения при использовании допустимых преобразований, в том числе операторов, изменяющих вид изображения в худшую сторону, при

этом значения функционала для разных изображений – разные.

Наиболее значимые – яркостные инварианты, устойчивые к мультипликативным и/или аддитивным вариациям яркости. Полезным инструментом может служить подход, связанный с выделением линий положения, не зависящих от смены освещенности [2].

Алгебраическим инвариантом назовем дескриптор изображения, построенный на основе степенных моментов, являющийся инвариантным к аффинным и/или иным преобразованиям. Примером служат инвариантные моменты H_u [3], эффективные как признаки при трекинге и классификации объектов с меняющейся ориентацией. Субинвариантными инвариантами назовем дескрипторы изображения, степень изменения которых при аффинных и/или яркостных преобразованиях находится в допустимых, фиксированных пределах, достаточных для качественной классификации целевых объектов. Практически все дескрипторы реальных изображений являются субинвариантами, поскольку чувствительны к изменениям внешней среды.

Анализ современного состояния исследований в предметной области

В решении задачи классификации важным этапом является выбор системы признаков / информативных параметров. Извлечение признаков, являющихся инвариантами, часто является эвристическим. Далее приведем анализ основных особенностей наиболее актуальных на сегодня методов для работы с образами.

Метод опорных векторов (Support Vector Machines, SVM) [4] применяется в задачах регрессионного анализа и при классификации. Метод основывается на выделении гиперплоскости в пространстве информативных признаков. Эта гиперплоскость должна разделить классы образов. Из недостатков отмечается необходимость значительных затрат времени при настройке классификатора, существенные объемы используемой оперативной памяти.

Алгоритм AdaBoost [5] эффективно применяется при поиске целевых объектов в потоках графической информации. Например, система поиска целевых объектов, опирающаяся на AdaBoost [6], показала свою эффективность по точности и скорости работы. В качестве признаков можно использовать, например, вейвлеты Хаара. Очевидным является использование методов снижения размерности пространства признаков. В качестве положительных качеств алгоритма можно указать высокую точность и наглядность математического аппарата. Недоста-

ток – необходимость использования существенного объема обучающих примеров.

Скрытые марковские модели [7] описываются на пространственные особенности сигналов и их статистические характеристики. Модель включает подмножества скрытых и наблюдаемых состояний, матрицу переходных вероятностей и начальную вероятность состояний. При распознавании выполняется проверка того, что имеет место максимум вероятности, что ряд наблюдений за анализируемым объектом интереса сформирован определенной моделью. Однако метод требует подбора параметров модели для каждой обучающей выборки.

Метод линейного дискриминантного анализа (Linear Discriminant Analysis, LDA) [8] содержит этап проекции пространства целевых объектов на признаковое пространство. При этом выполняются условия минимизации/максимизации внутриклассовых и межклассовых расстояний в признаковом пространстве. Метод используется в задаче уменьшения размерности пространства признаков. Остается нераскрытым вопрос об использовании LDA при одновременном варьировании ракурса и освещенности изображений.

Рассмотрим далее некоторые публикации, в которых применялись различные инварианты.

Анализ контуров в методах обработки видеоданных с объектами известной формы эффективен ввиду того, что контур является самой информативной информацией о них. Мы можем делать аналитические описания контуров, не меняющиеся при сдвиге, повороте и изменении масштабов целевых объектов [9]. В работе [10] поиск инвариантов осуществляется на основе преобразований Хаффа. Следует указать на работу [11], ориентированную на обработку 3D-изображений, отметим, однако, малую исследованность 3D-распознавания целевых объектов. В статье [12] выполняется сопоставление графических образов путем поиска «критических» опорных точек перегиба, взаимопересечений, максимума кривизны и пр.

Большое внимание уделяется построению универсальных инвариантов, не требующих рассмотрения внутренней структуры изображения. В частности, этому условию удовлетворяют инварианты Ну. В работе [13] использовался информационный вектор 11 инвариантов, а в исследовании [14] рассмотрены свойства моментов Ну. Выявлено, что инвариантные моменты обладают существенно отличающейся чувствительностью к вариациям входных данных. Отметим работу [15], систематизирующую знания об использовании ин-

вариантов. В работе [16] инвариантные моменты применялись для распознавания рукописных цифр.

Актуальной областью исследований, на наш взгляд, является распознавание с использованием комбинированных подходов. В том числе можно изучить методы совмещенного применения инвариантов и нейронных сетей в задачах распознавания объектов различной природы. Нейронные сети прямого распространения, вероятностные и сверточные нейронные сети эффективно работают с выделенными инвариантными дескрипторами. Нейросетевые классификаторы успешно апробированы в работе с данными телеметрии с датчиков космических аппаратов [17].

Научная идея заключается в разработке и исследовании яркостных и геометрических инвариантов как интегральных дескрипторов с целью построения на их основе эффективных алгоритмов распознавания образов в условиях яркостной и геометрической неустойчивости изображений. Подобная интеграция приводит к существенному снижению размерности признакового пространства при одновременном повышении качества распознавания в нестабильных условиях внешней среды [18].

Методы построения инвариантов как интегральных признаков для задачи распознавания

Будем исследовать яркостную функцию изображения как процесс, а именно – случайный и стационарный. В такой постановке задачи целевые признаки обрабатываемого изображения – числовые сведения о случайном процессе. Достаточно часто применяемые характеристики – нормализованная гистограмма распределения яркостных значений на изображении $p(z_i) = n_i/n$, где n_i – число пикселей яркости уровня z_i ($i = 0, \dots, L-1$), n – общее количество пикселей изображения, L – количество возможных значений яркости. Величина $p(z_i)$ – оценка вероятности обнаружения на снимке пикселя с яркостью z_i , таким образом, выполняется условие

$$\sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) = 1.$$

В исследованиях [3, 19] предложены 7 инвариантов к аффинным преобразованиям. Легко проверяется, используя подстановки и преобразования, что инварианты Ну устойчивы к операциям сдвига и масштабирования. В работе [20] осуществлена проверка группы 2D-инвариантов. Работа подтвердила корректность формул инвариантных моментов, были подсчитаны уровни их устойчивости. Однако это верно лишь для неискаженных изображений. В реаль-

ности же объекты на снимках имеют разнообразные дефекты и подвержены тем или иным преобразованиям. Таким образом, в такой ситуации мы имеем дело с «псевдоинвариантами», чувствительными к шумам и искажениям формы объектов, что приводит к необходимости создания представительных обучающих выборок графических изображений. Нетрудно убедиться в том, что моменты для полутонных объектов очень чувствительны к изменениям освещенности.

Определим центральные моменты изображения

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y),$$

где $\bar{x}, \bar{y}$ – центр тяжести образа, моменты m_{pq} – моменты порядка не выше $(p + q) = 3$,

$f(x, y)$ – яркостная функция растрового изображения. Качество исходных изображений прямым образом оказывает влияние на результаты классификации [21], по умолчанию считаем, что исходные данные превосходного качества, отсутствует необходимость в предобработке. Задача определения расстояний до наблюдаемого объекта с использованием моментов решается в работе [14].

Использование инвариантов для распознавания лиц для плоского случая было рассмотрено в работе [22], рассмотрим далее 3D-случай. Пусть $\rho(x, y, z)$ – непрерывная 3D-функция яркости точек. Для успешного сопоставления 3D-образов необходимы инвариантные к аффинным преобразованиям моменты. С использованием работ [23–25] нами были отобраны следующие инварианты:

$$I_1 = \mu_{200} + \mu_{020} + \mu_{002};$$

$$I_2 = \mu_{200}\mu_{020} + \mu_{200}\mu_{002} + \mu_{020}\mu_{002} - \mu_{101}^2 - \mu_{110}^2 - \mu_{011}^2;$$

$$I_3 = \mu_{200}\mu_{020}\mu_{002} - \mu_{002}\mu_{110}^2 - \mu_{020}\mu_{101}^2 - \mu_{200}\mu_{011}^2 + 2\mu_{110}\mu_{101}\mu_{011} - \mu_{011}^2 - \mu_{101}^2;$$

$$I_4 = \mu_{200}^2 + \mu_{020}^2 + \mu_{002}^2 + 2\mu_{110}^2 + 2\mu_{101}^2 + 2\mu_{011}^2;$$

$$I_5 = \mu_{200}^3 + 3\mu_{200}\mu_{110}^2 + 3\mu_{200}\mu_{101}^2 + 3\mu_{110}^2 + 3\mu_{101}^2\mu_{020} + 3\mu_{101}^2\mu_{002} + \\ + \mu_{020}^3 + 3\mu_{020}\mu_{011}^2 + 3\mu_{011}^2\mu_{002} + \mu_{002}^3 + 6\mu_{110}\mu_{101}\mu_{011};$$

$$I_6 = \mu_{300}^2 + \mu_{030}^2 + \mu_{003}^2 + 3\mu_{210}^2 + 3\mu_{201}^2 + 3\mu_{120}^2 + 3\mu_{102}^2 + 3\mu_{021}^2 + 3\mu_{012}^2 + 6\mu_{111}^2;$$

$$I_7 = \mu_{300}^2 + 2\mu_{300}\mu_{120} + 2\mu_{300}\mu_{102} + 2\mu_{210}\mu_{030} + 2\mu_{210}\mu_{030} + 2\mu_{201}\mu_{003} + \mu_{030}^2 + 2\mu_{030}\mu_{012} + \\ + 2\mu_{021}\mu_{003} + \mu_{003}^2 + \mu_{210}^2 + 2\mu_{210}\mu_{012} + 2\mu_{201}\mu_{021} + \mu_{120}^2 + 2\mu_{120}\mu_{102} + \mu_{102}^2 + \mu_{021}^2 + \mu_{012}^2.$$

Данный набор 3D-инвариантов обеспечивает возможности для эффективного распознавания. Подход к решению оптимизационной задачи наведения 3D-моделей на 2D-изображения объектов рассмотрен в [26].

Комбинированные инварианты изображений

Существуют инварианты, нечувствительные к нарушениям фокуса средств технического зрения, атмосферным возмущениям, смещениям объектов и даже к разнообразным интерполяциям изображений. Это Blur-инварианты [27]. В свою очередь известны АМІ-инварианты, которые обладают устойчивостью к аффинным преобразованиям [28]. Разработаны комбинированные СВАІ-инварианты, объединяющие перечисленные выше достоинства [29].

Пусть $I(\mu_{00}, \dots, \mu_{pq})$ – инвариант, устойчивый к аффинным преобразованиям, тогда СВАІ-инвариантом будет следующий: $I(C(0; 0), \dots, C(P; Q))$, где $C(i; j)$ – Blur-инвариант. Установим порядок вычисления СВАІ-инвариантов:

1) поиск начальных моментов:

$$m_{00} = \sum \sum B(i, j); m_{01} = \sum \sum (j B(i, j)); m_{10} = \sum \sum (i B(i, j)),$$

где i, j – координаты, а B – функция яркости;

2) нахождение центра масс:

$$XCenter = m_{10} / m_{00};$$

$$YCenter = m_{01} / m_{00};$$

3) нахождение центральных моментов вплоть до седьмого порядка, $(p+q) \leq 7$:

$$\mu_{pq} = \sum \sum \left((i - XCenter)^p (j - YCenter)^q B(i, j) \right);$$

4) поиск Blur-инвариантов вплоть до седьмого порядка:

$$\beta_{00} = \mu_{00};$$

$$\beta_{30} = \mu_{30}; \beta_{21} = \mu_{21}; \beta_{12} = \mu_{12}; \beta_{03} = \mu_{03};$$

$$\beta_{50} = \mu_{50} - 10\mu_{30}\mu_{20} / \mu_{00};$$

$$\beta_{41} = \mu_{41} - 2(3\mu_{21}\mu_{20} + 2\mu_{30}\mu_{11}) / \mu_{00};$$

$$\beta_{32} = \mu_{32} - (3\mu_{12}\mu_{20} + \mu_{30}\mu_{02} + 6\mu_{21}\mu_{11}) / \mu_{00};$$

$$\beta_{23} = \mu_{23} - (3\mu_{21}\mu_{02} + \mu_{03}\mu_{20} + 6\mu_{12}\mu_{11}) / \mu_{00};$$

$$\beta_{14} = \mu_{14} - 2(3\mu_{12}\mu_{02} + 2\mu_{03}\mu_{11}) / \mu_{00};$$

$$\beta_{05} = \mu_{05} - 10\mu_{03}\mu_{02} / \mu_{00};$$

$$\beta_{70} = \mu_{70} - 7(3\mu_{50}\mu_{20} + 5\mu_{30}\mu_{40}) / \mu_{00} + 210\mu_{30}\mu_{20}^2 / \mu_{00}^2;$$

$$\beta_{61} = \mu_{61} - (6\mu_{50}\mu_{11} + 15\mu_{41}\mu_{20} + 15\mu_{40}\mu_{21} + 20\mu_{31}\mu_{30}) / \mu_{00} + 30(3\mu_{21}\mu_{20}^2 + 4\mu_{30}\mu_{20}\mu_{11}) / \mu_{00}^2;$$

$$\beta_{52} = \mu_{52} - (\mu_{50}\mu_{02} + 10\mu_{30}\mu_{22} + 10\mu_{32}\mu_{20} + 20\mu_{31}\mu_{21} + 10\mu_{41}\mu_{11} + 5\mu_{40}\mu_{12}) / \mu_{00} + 10(3\mu_{12}\mu_{20}^2 + 2\mu_{30}\mu_{20}\mu_{02} + 4\mu_{30}\mu_{11}^2 + 12\mu_{21}\mu_{20}\mu_{11}) / \mu_{00}^2;$$

$$\beta_{43} = \mu_{43} - (\mu_{40}\mu_{03} + 18\mu_{21}\mu_{22} + 12\mu_{31}\mu_{12} + 4\mu_{30}\mu_{13} + 3\mu_{41}\mu_{02} + 12\mu_{32}\mu_{11} + 6\mu_{23}\mu_{20}) / \mu_{00} + 6(\mu_{03}\mu_{20}^2 + 4\mu_{30}\mu_{11}\mu_{02} + 12\mu_{21}\mu_{11}^2 + 12\mu_{12}\mu_{20}\mu_{11} + 6\mu_{21}\mu_{02}\mu_{20}) / \mu_{00}^2;$$

$$\beta_{34} = \mu_{34} - (\mu_{04}\mu_{30} + 18\mu_{12}\mu_{22} + 12\mu_{13}\mu_{21} + 4\mu_{03}\mu_{31} + 3\mu_{14}\mu_{20} + 12\mu_{23}\mu_{11} + 6\mu_{32}\mu_{02}) / \mu_{00} + 6(\mu_{30}\mu_{02}^2 + 4\mu_{03}\mu_{11}\mu_{20} + 12\mu_{12}\mu_{11}^2 + 12\mu_{21}\mu_{02}\mu_{11} + 6\mu_{12}\mu_{20}\mu_{02}) / \mu_{00}^2;$$

$$\beta_{25} = \mu_{25} - (\mu_{05}\mu_{20} + 10\mu_{03}\mu_{22} + 10\mu_{23}\mu_{02} + 20\mu_{13}\mu_{12} + 10\mu_{14}\mu_{11} + 5\mu_{04}\mu_{21}) / \mu_{00} + 10(3\mu_{21}\mu_{02}^2 + 2\mu_{03}\mu_{02}\mu_{20} + 4\mu_{03}\mu_{11}^2 + 12\mu_{12}\mu_{02}\mu_{11}) / \mu_{00}^2;$$

$$\beta_{16} = \mu_{16} - (6\mu_{05}\mu_{11} + 15\mu_{14}\mu_{02} + 15\mu_{04}\mu_{12} + 20\mu_{13}\mu_{03}) / \mu_{00} + 30(3\mu_{12}\mu_{02}^2 + 4\mu_{03}\mu_{02}\mu_{11}) / \mu_{00}^2;$$

$$\beta_{07} = \mu_{07} - 7(3\mu_{05}\mu_{02} + 5\mu_{03}\mu_{04}) / \mu_{00} + 210\mu_{03}\mu_{02}^2 / \mu_{00}^2.$$

5) поиск CBAI-инвариантов:

$$CBAI_1 = (\beta_{30}^2 \beta_{03}^2 - 6\beta_{30}\beta_{21}\beta_{12}\beta_{03} + 4\beta_{30}\beta_{12}^3 + 4\beta_{21}^3\beta_{03} - 3\beta_{21}^2\beta_{12}^2) / \beta_{00}^{10};$$

$$CBAI_2 = (\beta_{50}^2 \beta_{05}^2 - 10\beta_{50}\beta_{41}\beta_{14}\beta_{05} + 4\beta_{50}\beta_{32}\beta_{23}\beta_{05} + 16\beta_{50}\beta_{32}\beta_{14}^2 - 12\beta_{50}\beta_{23}^2\beta_{14} + 16\beta_{41}^2\beta_{23}\beta_{05} + 9\beta_{41}^2\beta_{14}^2 - 12\beta_{41}\beta_{32}\beta_{23}\beta_{05} - 76\beta_{41}\beta_{32}\beta_{23}\beta_{14} + 48\beta_{41}\beta_{23}^3 + 48\beta_{32}^3\beta_{14} - 32\beta_{32}^2\beta_{23}^2) / \beta_{00}^{14};$$

$$CBAI_3 = (\beta_{30}^2 \beta_{12} \beta_{05} - \beta_{30}^2 \beta_{03} \beta_{14} - \beta_{30} \beta_{21}^2 \beta_{05} - 2 \beta_{30} \beta_{21} \beta_{12} \beta_{14} + 4 \beta_{30} \beta_{21} \beta_{03} \beta_{23} + \\ 2 \beta_{30} \beta_{12}^2 \beta_{23} - 4 \beta_{30} \beta_{12} \beta_{03} \beta_{32} + \beta_{30} \beta_{03}^2 \beta_{41} + 3 \beta_{21}^3 \beta_{14} - 6 \beta_{21}^2 \beta_{12} \beta_{23} - \\ 2 \beta_{21}^2 \beta_{03} \beta_{32} + 6 \beta_{21} \beta_{12}^2 \beta_{32} + 2 \beta_{21} \beta_{12} \beta_{03} \beta_{41} - \beta_{21} \beta_{03}^2 \beta_{50} - 3 \beta_{12}^3 \beta_{41} + \beta_{12}^2 \beta_{03} \beta_{50}) / \beta_{00}^{11};$$

$$CBAI_4 = (2 \beta_{30} \beta_{12} \beta_{41} \beta_{05} - 8 \beta_{30} \beta_{12} \beta_{32} \beta_{14} + 6 \beta_{30} \beta_{12} \beta_{23}^2 - \beta_{30} \beta_{03} \beta_{50} \beta_{05} + 3 \beta_{30} \beta_{03} \beta_{41} \beta_{14} - 2 \beta_{30} \beta_{03} \beta_{32} \beta_{23} - \\ 2 \beta_{21}^2 \beta_{41} \beta_{05} + 8 \beta_{21}^2 \beta_{32} \beta_{14} - 6 \beta_{21}^2 \beta_{23}^2 + \beta_{21} \beta_{12} \beta_{50} \beta_{05} - 3 \beta_{21} \beta_{12} \beta_{41} \beta_{14} + 2 \beta_{21} \beta_{12} \beta_{32} \beta_{23} + \\ 2 \beta_{21} \beta_{03} \beta_{50} \beta_{14} - 8 \beta_{21} \beta_{03} \beta_{41} \beta_{23} + 6 \beta_{21} \beta_{03} \beta_{32}^2 - 2 \beta_{12}^2 \beta_{50} \beta_{14} + 8 \beta_{12}^2 \beta_{41} \beta_{23} - 6 \beta_{12}^2 \beta_{32}^2) / \beta_{00}^{12};$$

$$CBAI_5 = (\beta_{30} \beta_{41} \beta_{23} \beta_{05} - \beta_{30} \beta_{41} \beta_{14}^2 - \beta_{30} \beta_{32}^2 \beta_{05} + 2 \beta_{30} \beta_{32} \beta_{23} \beta_{14} - \beta_{30} \beta_{23}^3 - \beta_{21} \beta_{50} \beta_{23} \beta_{05} + \\ \beta_{21} \beta_{50} \beta_{14}^2 + \beta_{21} \beta_{41} \beta_{32} \beta_{05} - \beta_{21} \beta_{41} \beta_{23} \beta_{14} - \beta_{21} \beta_{32}^2 \beta_{14} + \beta_{21} \beta_{32} \beta_{23}^2 + \beta_{12} \beta_{50} \beta_{32} \beta_{05} - \\ \beta_{12} \beta_{50} \beta_{23} \beta_{14} - \beta_{12} \beta_{41}^2 \beta_{05} + \beta_{12} \beta_{41} \beta_{32} \beta_{14} + \beta_{12} \beta_{41} \beta_{23}^2 - \beta_{12} \beta_{32}^2 \beta_{23} - \beta_{03} \beta_{50} \beta_{32} \beta_{14} + \\ \beta_{03} \beta_{50} \beta_{23}^2 + \beta_{03} \beta_{41}^2 \beta_{14} - 2 \beta_{03} \beta_{41} \beta_{32} \beta_{23} + \beta_{03} \beta_{32}^3) / \beta_{00}^{13};$$

$$CBAI_6 = (\beta_{70}^2 \beta_{07}^2 - 14 \beta_{70} \beta_{61} \beta_{16} \beta_{07} + 18 \beta_{70} \beta_{52} \beta_{25} \beta_{07} + 24 \beta_{70} \beta_{52} \beta_{16}^2 - 10 \beta_{70} \beta_{43} \beta_{34} \beta_{07} - 60 \beta_{70} \beta_{43} \beta_{25} \beta_{16} + \\ 40 \beta_{70} \beta_{34}^2 \beta_{16} + 24 \beta_{61}^2 \beta_{25} \beta_{07} + 25 \beta_{61}^2 \beta_{16}^2 - 60 \beta_{61} \beta_{52} \beta_{34} \beta_{07} - 234 \beta_{61} \beta_{52} \beta_{25} \beta_{16} + 40 \beta_{61} \beta_{43}^2 \beta_{07} + \\ 50 \beta_{61} \beta_{43} \beta_{34} \beta_{16} + 360 \beta_{61} \beta_{43} \beta_{25}^2 - 240 \beta_{61} \beta_{34}^2 \beta_{25} + 360 \beta_{52}^2 \beta_{34} \beta_{16} + 81 \beta_{52}^2 \beta_{25}^2 - 240 \beta_{52} \beta_{43}^2 \beta_{16} - \\ 990 \beta_{52} \beta_{43} \beta_{34} \beta_{25} + 600 \beta_{52} \beta_{34}^3 + 600 \beta_{43}^3 \beta_{25} - 375 \beta_{43}^2 \beta_{34}^2) / \beta_{00}^{18}.$$

В монографии [15] был найден проективный инвариант в виде бесконечного ряда с произведениями моментов с отрицательными / положительными величинами p и q .

Методы ускорения вычислений с аппаратной поддержкой

Существуют методы построения специализированных алгоритмов и устройств для бортовых систем отображения и обработки графической информации в реальном масштабе времени [30, 31], проблеме построения периодических расписаний с совмещением циклов как наиболее естественных для специализированных устройств, работающих с изображениями, посвящены работы [32, 33]. Решение задач управления и распознавания в бортовых комплексах летательных аппаратов приводит к необходимости вычисления тригонометрических и других элементарных функций, к решению систем линейных и нелинейных уравнений, вычислению сложных арифметических выражений. В условиях ограничений на исполнительные ресурсы задача сводится к оптимизации структур специализированных вычислительных устройств, минимизации аппаратных затрат и синтезу устройств управления. В этой связи предлагаются методы автоматизации построения вычислителей, оптимизированных под задачи обработки графической информации [34] и управления подсистемами летательных аппаратов [35, 36].

Добавим сюда задачи и функции, реализуемые в системах управления летательными аппаратами [36], включая системы обработки графической информации [37], определения местоположения и ориентации, высокоточного наведения бортовых поворотных камер и др. Решение этих задач реализуется набором функций семейства CORDIC, в состав которого входят операции «множительно-делительная», «поворот», «вектор», «вычисление квадратного корня», прямые и обратные тригонометрические функции [38]. Достоинствами метода CORDIC являются возможность вычисления крупных геометрических и составных операций, преимущество в скорости вычисления элементарных функций по сравнению с методами полиномиальной аппроксимации для последовательных машин; наличие в вычислениях только «коротких» операций сдвига и алгебраического сложения; возможность эффективной реализации, как в специализированных, так и универсальных процессорах. В настоящее время известны такие области применения метода CORDIC, как решение траекторных задач, управление бортовыми камерами, цифровая обработка сигналов, вычисление элементарных функций.

Результаты исследования и их обсуждение

Приведенный в работе обзор показал, что для решения задач распознавания об-

разов целесообразно использовать методы инвариантных моментов. Показано, что в реальных условиях нестабильной внешней среды они являются в общем случае субинвариантами к яркостным шумам или геометрическим преобразованиям аффинного типа. Предложено использование алгоритмов CORDIC в бортовых вычислительных системах. Являясь итерационными, алгоритмы CORDIC имеют естественный параллелизм только на уровне отдельных итерационных формул. Распараллеливание возможно за счет представления ряда функций семейства в виде разрядно-параллельных вычислительных схем [39, 40].

Заключение

Рассмотрены подходы и методы, которые образуют методологическую основу для решения задач распознавания образов в условиях нестабильной внешней среды. Методология включает применение инвариантных моментов, линий положения, нейросетевых классификаторов. Специальный вычислительный метод CORDIC эффективен в бортовых вычислительных комплексах роботизированных систем с ограниченными ресурсами. Прикладная значимость рассмотренных методов и алгоритмов заключается в возможности построения на их основе универсальных инструментальных средств и программного обеспечения, адаптируемого к различным графическим объектам распознавания, включая аэрокосмические снимки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ: проект № 20-07-00022-а «Разработка и исследование методов распознавания образов на основе инвариантов к яркостным и геометрическим преобразованиям в системах технического зрения беспилотных летательных аппаратов»; проект № 18-07-00025-а «Методы информационно-вычислительной и интеллектуальной поддержки автономного режима функционирования беспилотных летательных аппаратов и их группировок средствами наземных и бортовых станций управления».

Список литературы

1. Нгуен З.Т. Анализ инвариантных моментов в задачах масштабирования и вращения изображений: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Москва, 2018. 27 с.
2. Хачумов В.М. Введение в методы распознавания образов: учебное пособие. М.: РУДН, 2015. 150 с.
3. Hu M.K. Visual pattern recognition by moment invariants. IRE Transactions on Information Theory. 1962. Vol. 8. P. 179–187. DOI: 10.1109/TIT.1962.1057692.
4. Метод опорных векторов – Supported Vector Machine (SVM). [Электронный ресурс]. URL: <http://statistica.ru/branches-maths/metod-opornykh-vektorov-supported-vector-machine-svm/> (дата обращения: 10.05.2020).
5. AdaBoost, 2016. [Electronic resource]. URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=AdaBoost> (date of access: 10.05.2020).
6. Буй Т.Ч., Спицын В.Г., Фан Н.Х. Распознавание лиц на основе применения метода Виолы – Джонса, вейвлет-преобразования и метода главных компонент // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. № 5. С. 54–59.
7. S. de Haan-Rietdijk, Kuppens P., Bergeman C.S., Sheeber L.B., Allen N.B., Hamaker E.L. On the use of mixed Markov models for intensive longitudinal data. Multivariate Behavioral Research. 2017. Vol. 52. No. 6. P. 747–767. DOI: 10.1080/00273171.2017.1370364.
8. Linear Discriminant Analysis – Bit by Bit. [Electronic resource]. URL: https://sebastianraschka.com/Articles/2014_pythons_lda.html (date of access: 10.05.2020).
9. Охотников С.А. Распознавание видеоизображений объектов заданной формы на основе анализа их контуров: дис. ... канд. техн. наук. Йошкар-Ола, 2014. 155 с.
10. Калмыков В.Г., Вишневецкий В.В. Анализ контуров объектов в бинарных изображениях // Математические машины и системы. 1997. № 2. С. 68–71.
11. Баев А.А., Морозовский К.В., Рожнецов А.А. Модифицированное обобщенное преобразование Хафа для обработки трёхмерных изображений с неизвестными параметрами вращения и масштабирования // Автометрия. 2013. № 2. С. 30–41.
12. Freeman H. Shape description via the use of critical points. Pattern Recognition. 1978. Vol. 10. No. 3. P. 159–166.
13. Baker F., Dib R., Zaeri N. Thermal face recognition using moments invariants. International Journal of Signal Processing Systems. 2015. Vol. 3. No. 2. P. 94–99. DOI: 10.1016/0031-3203(78)90024-9.
14. Абрамов Н.С., Хачумов В.М. Распознавание на основе инвариантных моментов // Вестник РУДН. Серия: Математика. Информатика. Физика. 2014. № 2. С. 142–149.
15. Flusser J., Suk T., Zitová B. Moments and moment invariants in pattern recognition. John Wiley & Sons Ltd., 2009. 296 p. DOI: 10.1002/9780470684757.
16. Жетимекова Г.Ж. Распознавания для вариантных и инвариантных образов // Молодой ученый. 2015. № 9. С. 120–124.
17. Абрамов Н.С., Талалаев А.А., Фраленко В.П., Хачумов В.М., Шишкин О.Г. Высокопроизводительная нейросетевая система мониторинга состояния и поведения подсистем космических аппаратов по телеметрическим данным // Программные системы: теория и приложения. 2017. № 3. С. 109–131.
18. Хачумов В.М. О расширении функциональных возможностей искусственных нейронных сетей // Авиакосмическое приборостроение. 2008. № 5. С. 53–59.
19. Wong R.Y., Hall E.L. Scene matching with invariant moments. Computer Graphics and Image Processing. 1978. No. 8. P. 16–24. DOI: 10.1016/S0146-664X(78)80028-8.
20. Нгуен З.Т. Инварианты в задачах распознавания графических образов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Математика, Информатика, Физика. 2016. № 1. С. 76–85.
21. Шакинов А.К. Алгоритмы подавления фона в задаче обнаружения точечных объектов на изображениях // Автометрия. 2014. № 4. С. 81–87.
22. Хачумов М.В., Нгуен З.Т. Задача распознавания лиц по фотографиям на основе инвариантных моментов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.science-education.ru/pdf/2015/2-2/855.pdf> (дата обращения: 10.05.2020).
23. Thakare N.M., Thakare V.M. A supervised hybrid methodology for pose and illumination invariant 3D face recognition. International Journal of Computer Applications. 2012. Vol. 47. No. 25. P. 24–29. DOI: 10.5120/7537-474.
24. Sommer I., Muller O., Domingues F.S., Sander O., Weickert J., Lengauer T. Moment invariants as shape recognition technique for comparing protein binding sites. Bioinform-

matics. 2007. Vol. 23. No. 23. P. 3139–3146. DOI: 10.1093/bioinformatics/btm503.

25. Suk T., Flusser J. 3D rotation invariants, 2012. [Electronic resource]. URL: <http://zoi.utia.cas.cz/3DRotationInvariants> (date of access: 10.05.2020).

26. Нгуен З.Т., Хачумов М.В. Метод наведения 3D-модели объекта на 2D-изображение на основе инвариантных моментов // Программные системы: теория и приложения. 2017. № 4. С. 209–220.

27. Chen B., Shu H., Zhang H., Coatrieux G., Luo L., Coatrieux J.L. Combined invariants to similarity transformation and to blur using orthogonal Zernike moments. IEEE Trans. Image Process. 2011. Vol. 20. No. 2. P. 345–360. DOI: 10.1109/TIP.2010.2062195.

28. Flusser J., Suk T. Affine moment invariants: a new tool for character recognition. Pattern Recognition Letters. 1994. Vol. 15. No. 4. P. 433–436. DOI: 10.1016/0167-8655(94)90092-2.

29. Suk T., Flusser J. Combined blur and affine moment invariants and their use in pattern recognition. Pattern Recognition. 2003. Vol. 36. P. 2895–2907. DOI: 10.1016/S0031-3203(03)00187-0.

30. Хачумов В.М. Аппаратные платформы и математическое обеспечение для бортовых систем управления малых летательных аппаратов // Научное обозрение. 2016. № 7. С. 114–122.

31. Хачумов М.В. Реализация алгоритмов навигации и управления в бортовых вычислительных комплексах летательных аппаратов // Программные системы: теория и приложения. 2016. № 2. С. 35–59.

32. Хачумов В.М. Оптимизация периодической обработки информации в специализированных устройствах. Ч. 1 // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. № 1. С. 62–76.

33. Хачумов В.М. Оптимизация периодической обработки информации в специализированных устройствах. Ч. 2 // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. № 4. С. 29–42.

34. Хачумов М.В. Моделирование процессов слежения бортовой видеокамерой летательного аппарата за динамической целью в возмущенной среде // Труды Четвертой всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием «Информатика, управление и системный анализ» (8–11 июня 2016 г., г. Тверь). Тверь, 2016. Т. 1. С. 78–84.

35. Абрамов Н.С., Макаров Д.А., Хачумов М.В. Управление пространственным движением летательного аппарата по заданному маршруту // Автоматика и телемеханика. 2015. № 6. С. 153–166.

36. Хачумов М.В. Задача автоматического управления летательным аппаратом в процессе преследования цели // Программные системы: теория и приложения. 2014. № 5. С. 67–77.

37. Khachumov M.V. Models of representation and clustering of weakly structured information. Artificial Intelligence and Decision Making. 2013. No. 4. P. 62–71.

38. Талалаев А.А., Хачумов М.В. Реализация CORDIC-ядра на основе вычислений с фиксированной точкой // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017618711, дата приоритета: 13.06.2017, дата регистрации: 07.08.2017.

39. Хачумов В.М., Хачумов М.В. Конвейерные и разрядно-параллельные вычисления в бортовых системах навигации и управления. М.: Красанд, 2019. 208 с.

40. Хачумов В.М. Вычисление математических функций на основе разрядно-параллельных схем // Информационные технологии и вычислительные системы. 2016. № 3. С. 26–44.

СТАТЬИ

УДК 378.146

**ВЛИЯНИЕ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ
НА МОТИВАЦИЮ СТУДЕНТОВ К ОБУЧЕНИЮ****Арзуманов А.А., Ткаченко А.Н., Болотских Л.В., Василенко А.Н.***ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,
Воронеж, e-mail: rectorat@vgsu.vrn.ru*

В статье указано, что мотивация оказывает существенное значение на результат деятельности и на ее эффективность. Чёткое и однозначное определение мотивации довольно трудно сформулировать, поскольку человеку не свойственно сомневаться по поводу каждой своей деятельности. Проблема определения мотивации обучающихся вузов является достаточно значимой с точки зрения организации образовательного процесса. Мотивация может выступать инструментом более эффективной его организации, обеспечивая большую вовлеченность студентов и повышая тем самым качество образования, а может выступать причиной низкого качества образования и отсутствия осознанности в деятельности студентов. Рассмотрены вопросы мотивации студентов при обучении по рейтинговой системе. Выделены основные факторы, влияющие на интерес студентов к учёбе. Сформулированы десять основных факторов мотивации и проведено их ранжирование методом экспертных оценок. Приведена оценка экспертами мотивационных факторов по пятибалльной шкале, определён коэффициент конкордации и сумма рангов. На основе этого метода выделены основные мотивационные факторы, на которые надо обратить особое внимание при обучении по рейтинговой системе. Отмечено, что содержание подготовки студентов, ориентированное на формирование системных знаний, способствует овладению будущими специалистами системой теоретических знаний и практических навыков, которые позволят им адаптироваться к изменяющимся условиям, принимать и реализовывать решения на практике. В заключении сделаны выводы, которые в дальнейшем позволят корректировать рейтинговую систему в зависимости от изменяющихся внешних мотивационных факторов и приоритетов молодёжи.

Ключевые слова: рейтинг, мотивация, экспертный опрос, ранжирование, интерес к обучению, балльно-рейтинговая система

**THE INFLUENCE OF RATING SYSTEM OF STUDENT ASSESSMENT
ON STUDENTS' MOTIVATION FOR LEARNING****Arzumanov A.A., Tkachenko A.N., Bolotskikh L.V., Vasilenko A.N.***Voronezh State Technical University, Voronezh, e-mail: rectorat@vgsu.vrn.ru*

The article points out that motivation has a significant impact on the results of activities and their effectiveness. A clear and unambiguous definition of motivation is quite difficult to formulate, because a person does not tend to doubt about every activity. The problem of determining the motivation of University students is quite significant from the point of view of the organization of the educational process. Motivation can act as a tool for more effective organization, ensuring greater involvement of students and thereby improving the quality of education, or it can be the cause of low quality of education and lack of awareness in the activities of students. The issues of motivation of students when studying according to the rating system. The main factors influencing students' interest in studying are highlighted. Ten main factors are formulated and their ranking by the method of expert assessments is carried out. The assessment of motivational factors by experts on a five-point scale is given, the concordance coefficient and the sum of ranks are determined. Based on this method, the main motivational factors are identified, which should be paid special attention to when training according to the rating system. It is noted that the content of students' training, focused on the formation of system knowledge, contributes to the acquisition of future specialists with a system of theoretical knowledge and practical skills that will allow them to adapt to changing conditions, make and implement decisions in practice. In conclusion, conclusions are made that will further allow to adjust the score – rating system depending on changing external motivational factors and priorities of youth.

Keywords: rating, motivation, expert survey, ranking, interest in learning, point-rating system

Любая деятельность человека должна быть подкреплена определёнными целями и задачами. Во время процесса обучения периодически возникает вопрос в сознании студента: «А зачем мне всё это?» Именно обоснование правильного ответа на этот внутренний посыл и есть основа мотивационного обоснования обучения. Однозначно и чётко трудно сформулировать определение мотивации, так как человеку несвойственно сомневаться по поводу каждого своего поступка или рода деятельности. У обучающихся вузов вопрос определения мотивации является достаточно значимым с точки зрения организации образователь-

ного процесса. Мотивация может выступать инструментом более эффективной его организации, обеспечивая большую вовлечённость студентов и повышая тем самым качество образования, а может выступать причиной низкого качества образования и отсутствия осознанности в деятельности студентов, в том случае, когда мотивация к обучению низкая или не совпадает с целям образовательного процесса.

Первые попытки внедрения рейтинговой системы оценки успеваемости в вузах г. Воронежа предпринимались в начале 1990-х гг. Так как этот метод оценки был новым и для преподавателей, и для студентов, это вызы-

вало большой интерес. Главным мотивационным фактором была необычность метода оценки и непохожесть на существующую пятибалльную систему. Отмечался существенный рост интереса студентов к предметам, оцениваемым по рейтинговой системе. Они получили наглядную оценку своих посещений лекций и семинаров, которая выражалась в конкретных баллах и непосредственно влияла на конечный успех в виде экзамена или зачёта. Прозрачность и понятность оценки стали главным мотиватором к учебе, выполнению заданий в срок и посещению занятий. В начале XXI в., когда рейтинговая система стала популярной и начала вводиться поголовно, и поэтому часто формально, интерес к ней упал. В настоящее время это просто одна из обязательных форм оценки знаний, которая вместе с ЕГЭ в школе стала привычной для студентов.

Цель исследования: ранжирование основных факторов, влияющих на мотивацию студентов в процессе обучения при рейтинговой системе оценки знаний.

Основными целями введения рейтинговой системы являются:

- доступность и получение обучающимися и их родителями информации о процессе обучения и итоговых сумм баллов;
- прозрачность оценки и принятия решений;
- формирование у студентов интереса к будущей профессии;
- сведение к минимуму случайностей при сдаче экзаменов, зачетов;
- возможность применения различных видов и форм текущего и промежуточного контроля;
- индивидуальный подход в процессе обучения;
- использование в учебе состязательных составляющих.

Реализация рейтинговой системы требует более тщательной и кропотливой работы по подготовке учебных занятий. Организация такой работы предусматривает повышение качества планирования и контроля учебно-методической деятельности каждого преподавателя.

Материалы и методы исследования

Почти тридцатилетний опыт работы со студентами в рейтинговой системе оценки успеваемости позволяет нам поделиться своими мыслями и наблюдениями по этому поводу, т.е. провести обмен опытом.

Мотивация студентов – одна из основных проблем современного высшего образования. Огромное количество вузов, необходимость иметь «какое-нибудь» высшее образование, борьба вузов за абитуриентов и лояльное от-

ношение к плохой успеваемости и даже посещению занятий делают праздное пребывание многих студентов в аудиториях пустой и безнаказанной формальностью.

При планировании учебного процесса и выборе системы оценки успеваемости необходимо точно представлять, что движет студентами, какова их мотивация и приоритеты получения образования. Известно, что мотивация делится на две категории: внешнюю и внутреннюю. Главные мотиваторы – это окружение человека, т.е. друзья, родители, и общий настрой на учёбу в группе.

Внешняя мотивация порой играет значительную роль в деятельности человека. Многие студенты ненавидят то, что они считают «бесполезной» работой, или задания, которые они воспринимают как бессмысленные, не приводящие к каким-то позитивным изменениям в их учебе или приобретению полезных навыков [1]. Но если бы студентам, правильно выполнившим задание, был предложен удивительный приз? Разве это не побудило бы их быстро и точно выполнять задания?

Внешняя мотивация включает в себя внешние мотивационные силы, которые подталкивают студентов к напряженной работе. Внешние мотиваторы студентов приходят в виде оценок, родительских, педагогических и социальных ожиданий [2].

Для анализа мотивационной базы студента была проведена экспертная оценка. Сущность метода экспертных оценок заключается в рациональной организации проведения экспертами анализа проблемы с количественной оценкой суждений и обработкой их результатов. Обобщенное мнение группы экспертов принимается как решение проблемы.

Известно, что экспертная оценка бывает различных видов. Она может быть приближительная, описательная, количественная и качественная. Этот метод изучает не только существующие факты, но может помочь в дальнейшем прогнозировании развития ситуации в зависимости от многих косвенных факторов. Основной базой для выводов является мнение экспертов.

Результаты исследования и их обсуждение

Вопрос, заданный экспертам: «Какие факторы влияют на мотивацию студентов при рейтинговой системе оценки успеваемости?» Эксперты оценили мотивационные факторы по пятибалльной шкале (табл. 1).

Таблица ранжирования факторов. Определение весовых коэффициентов значимости каждого фактора. Определение степени согласованности оценок экспертов по коэффициенту конкордации (табл. 2).

Таблица 1

Результаты экспертного опроса

№ п/п	Мотивационные факторы	Оценка экспертов по пятибалльной шкале								Средняя оценка
		1 эксп.	2 эксп.	3 эксп.	4 эксп.	5 эксп.	6 эксп.	7 эксп.	8 эксп.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Прозрачность оценки знаний	4	3	3	3	3	4	5	4	3,63
2	Мнение окружающих об успеваемости в группе	5	4	1	2	4	4	2	4	3,25
3	Отношение близких и знакомых к процессу обучения	5	3	2	3	3	3	4	3	3,25
4	Возможность получить автоматическую отметку за экзамен	4	4	4	5	5	5	4	5	4,50
5	Мнение родителей	3	5	4	5	3	4	3	3	3,75
6	Справедливость оценки работы студента на протяжении всего семестра	4	4	4	4	4	4	4	4	4,00
7	Сходство рейтинга с ЕГЭ	5	4	4	4	3	4	3	5	4,00
8	Личный интерес к обучению	4	5	5	5	4	4	5	4	4,50
9	Личность преподавателя	4	5	4	4	4	4	4	5	4,25
10	Стремление студента к лидерству	3	5	4	5	4	5	4	4	4,25

Таблица 2

Ранжирование факторов

№ п/п	Общие показатели	Оценка экспертов по пятибалльной шкале								Σ рангов	Отклонения от средн. арифм. Σ рангов	Квадрат отклонения, s
		1 эксп.	2 эксп.	3 эксп.	4 эксп.	5 эксп.	6 эксп.	7 эксп.	8 эксп.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Прозрачность оценки знаний	4	3	3	3	3	4	5	4	29	-2,2	4,8
2	Мнение окружающих об успеваемости в группе	5	4	1	2	4	4	2	4	26	-5,2	27,0
3	Отношение близких и знакомых к процессу обучения	5	3	2	3	3	3	4	3	26	-5,2	27,0
4	Возможность получить автоматическую отметку за экзамен	4	4	4	5	5	5	4	5	36	4,8	23,0
5	Мнение родителей	3	5	4	5	3	4	3	3	27	-4,2	17,6
6	Справедливость оценки работы студента на протяжении всего семестра	4	4	4	4	4	4	4	4	32	0,8	0,6
7	Сходство рейтинга с ЕГЭ	5	4	4	4	3	4	3	5	32	0,8	0,6
8	Личный интерес к обучению	4	5	5	5	4	4	5	4	36	4,8	23,0
9	Личность преподавателя	4	5	4	4	4	4	4	5	34	1,8	3,2
10	Стремление студента к лидерству.	3	5	4	5	4	5	4	4	34	1,8	3,2
	Σ	41	42	35	40	37	41	38	41	312	—	130,0
	Среднее арифметическое	—	—	—	—	—	—	—	—	31,2	—	—
	Коэффициент конкордации	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	—	—	—

Коэффициент конкордации определяем по формуле

$$W = \frac{12 * s}{n^2 (m^2 - m)},$$

где w — коэффициент конкордации, $0 \leq W \leq 1$;

s — сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого объекта экспертизы от среднего арифметического всех объектов;

n — число экспертов;

m — число объектов.

$$W = \frac{12 * 130}{8^2 (10^2 - 10)} = 0,27.$$

Весовые коэффициенты каждого показателя определяем по формуле

$$g_i = \sum j = n_i = 1 G_{ij} \sum i = m_i = 1 G_{ij},$$

где i – оценка;

j – эксперт.

$$g_1 = 29/312 = 0,091,$$

$$g_2 = 26/312 = 0,083,$$

$$g_3 = 26/312 = 0,083,$$

$$g_4 = 36/312 = 0,115,$$

$$g_5 = 27/312 = 0,087,$$

$$g_6 = 32/312 = 0,103,$$

$$g_7 = 32/312 = 0,103,$$

$$g_8 = 36/312 = 0,115,$$

$$g_9 = 34/312 = 0,109,$$

$$g_{10} = 34/312 = 0,109.$$

На основе обработки экспертных оценок можно сделать вывод и выделить основные мотивационные факторы, оказывающие влияние на интерес студентов к обучению:

- личный интерес к обучению;
- стремление к лидерству;
- возможность получить автоматическую отметку за экзамен (зачёт);
- личность преподавателя.

Результаты опроса показывают, что только внешние мотиваторы или только внутренние не всегда эффективны. На самом деле на студента влияют разнообразные факторы, которые часто преподаватель не в состоянии учитывать или как-то влиять на них.

Студенты, которые мотивированы внутренне, позволяют любопытству направлять их, они наслаждаются самим процессом [3]. Обучение и освоение новой темы для них не проблема, а очередной шанс узнать что-то новое и самосовершенствоваться. Но часто студенты должны быть под руководством опытного преподавателя, чтобы реализовать свой потенциал и сделать свою учебу по-настоящему эффективной [4, 5].

Закключение

Стоит заметить, что знания о мотивации нужны всем и особенно молодым людям для того, чтобы точно определить цели и задачи, которые они хотят решить, пройдя обучение в том или ином вузе. Необходимо понять себя и свой внутренний мир, свои привязанности и быть мотивированными к определенной деятельности после завершения образовательного процесса.

Конечно, метод экспертных оценок не даёт возможности всесторонне оценить мотивационные факторы, влияющие на рейтинговую оценку успеваемости студентов. Однако это уверенный шаг к количественному восприятию этого процесса. Что движет студентами и их интересами? Какими формами и методами преподавания можно увлечь за собой аудиторию? Дать однозначный ответ на эти вопросы стараются многие поколения преподавателей, и тот, кто хотя бы на шаг приблизится к решению этих мотивационных задач, в будущем успешно сможет конкурировать с цифровизацией массового сознания, интернетом и безразличием в учёбе. Надо активно внедрять в учебный процесс современные методы коммуникации и подачи материала. Нельзя отвергать роль интернета и опираться только на учебники и методики двадцатилетней давности. И в этой ситуации рейтинговая система оценки знаний студентов по-прежнему актуальна и имеет, на наш взгляд, хорошие перспективы.

Список литературы

1. Стародубцева В.К. Мотивация студентов к обучению // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=15617> (дата обращения: 06.05.2020).
2. Шайхутдинова И.И., Тарковская К.О. Проблема повышения мотивации в обучении студентов технического вуза // Научное сообщество студентов XXI столетия. Гуманитарные науки: сб. ст. по мат. XXXI междунар. студ. науч.-практ. конф. № 4 (31). [Электронный ресурс]. URL: [http://sibac.info/archive/guman/4\(31\).pdf](http://sibac.info/archive/guman/4(31).pdf) (дата обращения: 06.05.2020).
3. Лазарева О.П. Проблема мотивации студентов вуза к обучению // Международный научный журнал. 2016. № 8–5. С. 46–48. DOI: 10.18454/IRJ.2016.50.223.
4. Хекхаузен Х. Мотивация и деятельность. 2-е изд. СПб.: Питер; М.: Смысл, 2003. 860 с.
5. Клепцова Е.Ю., Рубцова Д.О. Проблемы мотивации студентов вуза // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 32. С. 60–66. [Электронный ресурс]. URL: <http://e-koncept.ru/2016/56665.htm> (дата обращения: 09.05.2020).

УДК 378.14

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНОГО ПОДХОДА В ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ОБУЧЕНИЯ

¹Галактионов О.Н., ¹Кузнецов А.В., ¹Боришкевич О.В.,

¹Кашука М.А., ²Галактионова Л.И.

¹ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск,
e-mail: kuzalex@psu.karelia.ru;

²МБОУ «Школа № 10 имени А.С. Пушкина», Петрозаводск, e-mail: lid4680@yandex.ru

В работе рассматривается проблема взаимосвязи современных требований к подготовке выпускника, обучающегося по направлению подготовки «Технологические машины и оборудование» (ТМО) и реальными задачами, которые он будет решать на предприятии. Цель исследования – обоснование и выработка рекомендаций для практико-ориентированного учебного процесса с целью формирования высокопрофессионального специалиста. Отмечена необходимость применения проектного подхода в обучении, основанного на формировании практико-ориентированного плана учебного процесса. Основой плана является постоянный контакт с работодателем, что позволяет мотивировать студента на осознанный выбор своей будущей профессии, а также отслеживание спроса на рынке труда. Живое взаимодействие с работодателем позволяет иметь доступ к актуальным производственным задачам. Необходимо учитывать и собственные мотивы студентов – профессиональные предпочтения, уровень зарплаты, которые могут быть реализованы при работе над текущими проектами предприятия. На основе полученного материала проведена модернизация Основной образовательной программы по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» (квалификация «Бакалавр»). Программа направлена на удовлетворение запросов региональной промышленности, связанной с переработкой природных ресурсов, снижение оттока молодежи в другие регионы и повышение интереса абитуриентов к техническим специальностям.

Ключевые слова: бакалавр, практико-ориентированность, междисциплинарные связи, технологические машины и оборудование, основная образовательная программа

INTERDISCIPLINARY COMMUNICATIONS IN THE IMPLEMENTATION OF THE PROJECT APPROACH IN PREPARATION OF BACHELORS OF TECHNICAL DIRECTIONS OF TRAINING

¹Galaktionov O.N., ¹Kuznetsov A.V., ¹Borishkevich O.V.,

¹Kashuka M.A., ²Galaktionova L.I.

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education

«Petrozavodsk State University», Petrozavodsk, e-mail: kuzalex@psu.karelia.ru;

²MBOU school number 10 named after A.S. Pushkina, Petrozavodsk, e-mail: lid4680@yandex.ru

The paper considers the problem of the relationship of modern requirements for the preparation of the graduate and the real tasks that he will solve at the enterprise. We studied the results of training students in the field of preparation of Technological machines and equipment (TMT). The purpose of the study is to form an optimal set of educational activities. He must give the graduate the skills to achieve the level of a professional specialist. It is necessary to apply a design approach in training, as well as to form a practice-oriented educational process. The basis of the plan is constant contact with the employer, which allows motivating the student to make an informed choice of their future profession, as well as tracking demand on the labor market. Live interaction with the employer allows you to have access to relevant production tasks. It is necessary to take into account the students' own motives – professional preferences, the level of salary that can be realized when working on current projects of the enterprise. On the basis of the material received, the Main educational program was modernized in the direction of preparation 03.03.02 «Technology of logging and wood processing industries» (qualification «Bachelor»). The program is aimed at satisfying the demands of regional industry related to the processing of natural resources, reducing the outflow of young people to other regions and increasing the interest of applicants in technical specialties.

Keywords: bachelor, practice-oriented education, interdisciplinary connections, technological machines and equipment, principal educational program

Современные требования к уровню подготовки выпускника, обучающегося по направлению подготовки «Технологические машины и оборудование» (ТМО), включают достаточно много компетенций [1], освоение которых должно помочь в успешном трудоустройстве и самореализации. Этих компетенций достаточно для работы на крупном предприятии, где круг

обязанностей достаточно узок и не требует частого переключения с одного вида деятельности на другой. На малых и средних предприятиях такая ситуация может сохраняться только ограниченное время. Постоянный поиск новых сфер деятельности, выполнение случайных заказов, иногда слабо связанных с основной сферой деятельности предприятия, решение конструкторских,

технических и управленческих задач – все это требует формирования программы и методов обучения, которые учитывают такие условия будущей работы бакалавра техники и технологий.

Цель исследования: обоснование и выработка рекомендаций для практико-ориентированного учебного процесса для формирования высокопрофессионального специалиста.

Материалы и методы исследования

Проблеме повышения качества подготовки студентов технических направлений обучения посвящено множество исследований. Их появление обусловлено рядом причин: реформой структуры образовательного процесса вузов – переход на систему бакалавриат + магистратура; изменением требований к выпускнику со стороны промышленности; изменением мотивационной сферы студента и т.д.

Например, в статье [2] отмечается, что с развитием научно-технического прогресса простое запоминание информации не приносит должного эффекта в последующей деятельности выпускника на производстве. Более важной становится способность самостоятельно усваивать поток информации и корректировать свое когнитивное поведение, что обеспечит студенту возможность соответствовать уровню научно-технического прогресса. Следовательно, необходимо массовое использование при обучении новых методов и подходов, позволяющих стимулировать самостоятельное определение направления поиска недостающей информации.

Как отмечается в работе [3], каждый человек действует в различных системах общества и взаимодействует со многими их сторонами, при этом строит свое поведение различным образом. Соответственно, в процессе обучения студент должен усвоить и освоить эффективные навыки взаимодействия по крайней мере с системами, используемыми в будущей профессиональной сфере. Такое освоение возможно только в условиях решения профессиональных задач, выработанных во взаимодействии с представителями реального производства.

В работе [4] сделан вывод о становлении профессиональной компетентности специалиста. Она формируется при многократном воспроизводстве им полученных при обучении знаний и постепенном переходе на уровень творчества и способности воспринимать объекты своей профессиональной деятельности как процессы, нуждающиеся в постоянной трансформации. Там же перечисляются основные направ-

ления работы по модернизации процесса обучения: использование междисциплинарных учебных систем для формирования основ инженерных знаний и системного технического мышления; рациональный синтез в образовательных программах соотношения фундаментальных, общепрофессиональных и специальных компонентов; индивидуальная подготовка специалистов, направленная на удовлетворение запросов студента, работодателя и государства.

Те же авторы в статье [5] высказывают мнение, что решающее значение для эффективности подготовки конструктора-проектировщика имеют не учебные часы, отведенные на курсовое и дипломное проектирование, а методика организации этого времени. В статье приводится структура такой организации процесса, а также анализ реализации выполнения учебного проекта. В частности, рекомендуются следующие мероприятия: разбиение учебного задания на отдельные этапы с формулировкой компонентов готовности к проектной деятельности; выявление условий активизации учебно-познавательной деятельности студентов; определение минимальной совокупности учебно-методических и программно-технических средств и создание образовательной среды для их использования путем организации направленной информационной среды проектирования.

В статье [6] в основу формирования образовательной среды предлагается ставить необходимость самостоятельного построения гипотез и построения моделей применения современных, для изучаемой сферы деятельности, технологий.

Авторы работы [7], посвященной более широкому рассмотрению понятия «компетенция», приходят к выводу, что компетенции формируются за счет педагогических и методологических подходов и не могут быть получены в традиционном преподавании, разбитом на микромодули. Формирование происходит в систематическом интегрировании учебных дисциплин в целостный образовательный процесс на основе методов: проектного, проблемно-творческого, обратной связи через интенсивное социальное взаимодействие, презентацию идей.

Статья [8] посвящена научно-исследовательской деятельности студентов и изучению ее как эффективного способа их включения в совместную деятельность по разрешению проблем в сфере будущей профессиональной деятельности и формирования профессиональных компетенций.

В работе [9] приводится опыт организации проектной деятельности на основе формирования комплексной образовательной

среды. Оценка уровня сформированных компетенций осуществлялась с использованием совокупности оценок: тестирование, экспертная оценка, самооценка результатов выполнения проектов. Проведена оценка предложенного интегрального показателя готовности студента к инновационно-проектной деятельности и параметры отчетной работы, характеризующие когнитивный, операциональный и информационный компоненты готовности.

Автор работы [10] на основании анализа групповой работы студентов приходит к выводу, что работа учащихся над проектом является основным средством измерения компетентности. Формируя активную позицию студента, она позволяет осознавать и понимать цели деятельности, самостоятельно выбирать способы ее реализации, опираясь на собственные знания и умения, а также заявляемые и реальные навыки коллег по работе над учебным проектом.

Анализ опыта учебного проектирования [11] позволяет рекомендовать обязательное использование инновационных технических решений и на этапе выбора проектного решения – элементов аналитической и экспертной работы в группе. Как следствие: повышение качества работы, возможность актуализации профессиональных знаний и умений, публичное представление своих личностных качеств, формирование компетентности.

В статье [12] на основании построения модели инженера-менеджера определены следующие навыки и умения, которые он должен сочетать в себе: компетентность в инженерной области, в сфере экономики, организации и управления в рыночной среде; управления разработкой инновационных продуктов; бизнес-планирования; управленческого аудита; разработки планов и бюджетов производства; повышения эффективности работы предприятия. Необходимо отметить, что большая часть этих навыков может быть выработана в рамках практико-ориентированного группового проектного подхода.

В исследовании [13] оценку сформированности компетенции рекомендуется вести в следующей последовательности: определить содержание предметной области; выделить группы знаний, умений и навыков, формирование которых запланировано при изучении дисциплины; выявить компетенции, содержание которых обусловлено способностью использовать эти знания, умения и навыки для решения задач профессиональной деятельности; проанализировать положения Федерального государственного образовательного стандарта высшего об-

разования (ФГОС ВО) и определить этапы формирования компетенций; сформулировать показатели и описать уровни компетенций для оценки результатов их освоения.

Интересный опыт повышения уровня освоения компетенций, предполагающих использование иностранных источников, приведен в работе [14]. В процессе реализации проекта часть работы отводилась на формирование словаря терминологий, используемого в проекте, с толкованием терминов также на иностранном языке.

Для формирования исследовательских компетенций в статье [15] рекомендуется создать следующие условия обучения: заложить в процесс обучения практико-ориентированный характер, интегрировать учащихся в работу над научно-исследовательскими проектами и экспериментами; организовать учебный процесс с учетом развития ответственности за результаты своей работы; создавать условия для самостоятельной постановки цели студентами, анализа и принятия решений; организовать учебный процесс с учетом доминирующих мотиваций современного студента. В той же статье мотивы сформированы по трем группам: мотивы трудовой деятельности – самореализация в обществе; мотивы выбора профессии – выгода и получение материальных благ, удовлетворение духовных потребностей; мотивы выбора места работы – самореализация, самовыражение, потребность в признании.

Таким образом, исследователи практически единодушны в необходимости расширения проектного подхода, основанного на практико-ориентированном учебном процессе. При этом отмечается необходимость изменения позиции преподавателя по отношению к студенту на позицию равного участника процесса, обладающего существенно большим опытом, навыками, профессиональными контактами. Наличие последних обеспечивает постоянный контакт с представителями работодателя [16], обеспечивающий поток задач и оценок, позволяющий мотивировать студента на осознанный выбор своей будущей работы, с точки зрения поддержания актуального набора компетенций и для оценки деятельности студентов. Контакт с работодателем позволяет держать наготове набор живых производственных задач, которые необходимо решить в ближайшем будущем. При этом следует постоянно учитывать и собственные мотивы студентов, например мотив личной выгоды, который вполне может быть удовлетворен в ходе работы над текущими проектами вуза, а также при подготовке проектов для различных грантовых фондов.

В Петрозаводском государственном университете реализован опыт проектного обучения студентов второго курса направления «Технологические машины и оборудование» (ТМО). Опыт строится на реализации студентами модели двигателя Стирлинга для использования в автономной системе электроснабжения. При анализе проектной ситуации были выявлены компетенции, на развитие которых будет направлен проект, и установлены основные дисциплины, задействованные в проекте. Планы работы строились в соответствии с ФГОС ВО [1], то есть выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен быть готов решать соответствующие профессиональные задачи.

Компетенции [1], которыми должен обладать студент и которые отрабатывались при реализации проекта (приведены в сокращенном виде): способность к приобретению знаний с использованием информационных технологий; знание способов получения информации в глобальных компьютерных сетях; готовность представлять информацию в доступном виде; способность к изучению научно-технической информации; умение моделировать технические объекты и технологические процессы средствами автоматизированного проектирования; способность принимать участие в работах по составлению научных отчетов; способность участвовать в работе над проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности; способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов с использованием средств автоматизации проектирования; умение проводить обоснование проектных решений; умение проводить патентные исследования.

Таким образом, набор включает 10 компетенций. Очевидно, что выработать их в полной мере невозможно, но создать надежный задел для их активного дополнения возможно.

Необходимо отметить, что выбранные студенты со времени обучения в школе увлекались изготовлением самодельных двигателей, и в частности двигателя Стирлинга. Поэтому для поддержания их интереса, и самое главное, основываясь на нем, задание было сформулировано в направлении конструирования указанного двигателя и поиска возможностей его использования.

Задание студентам сформулировано в следующем виде: выбрать вариант использования двигателя Стирлинга, разработать конструкцию, соответствующую условиям применения, изготовить действующую модель и рабочий образец.

Для реализации проектной ситуации были задействованы ресурсы учебного процесса, программы УМНИК, лабораторий и мастерских ПетрГУ.

Дисциплины и учебные работы, в ходе которых было определено и реализовано индивидуальное задание: «Машинная графика», «Детали машин и основы конструирования» и «Защита интеллектуальной собственности», «Проектирование лесных машин», «Двигатели и трансмиссии», выпускная квалификационная работа.

Для формирования навыков представления материалов широкой аудитории была поставлена задача подать заявку на участие в программе УМНИК.

Студентам были предоставлены консультации по вопросам проектирования. Сформирована индивидуальная программа заданий при изучении дисциплин «Машинная графика» и «Детали машин и основы конструирования».

В рамках дисциплины «Защита интеллектуальной собственности» проведен обзор вариантов конструкций двигателей Стирлинга, материалов, необходимых для изготовления двигателя, подготовлена и подана заявка на полезную модель устройства.

Результаты исследования и их обсуждение

Результатом работы студентов, подтверждающим успешное освоение компетенции «способность составлять научные отчеты», является победа в конкурсе УМНИК 2017, продолжение работы по выбранной тематике исследований, связанных с использованием двигателей Стирлинга, и последующая работа, включающая представление промежуточного и итоговых отчетов, успешное выполнение и защиту выпускной квалификационной работы.

Сформированные навыки представления результатов позволили получить студентам диплом 2-й степени с вручением серебряной медали на конкурсе «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года» (Санкт-Петербург, 2017 г.) за разработку «Устройство автономного электроснабжения ТермоДельта». Получены грамоты главы Республики Карелия как наиболее активным студентам, проводящим научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

Проведенные работы, опыт исследований и практических конструкторских работ, посвященных воплощению результатов исследования, позволили получить основной результат предшествующей деятельности студентов, которым стали выпускные квалификационные работы, посвященные разра-

ботке различных аспектов двигателей Стирлинга. Одна из работ посвящена разработке конкретных элементов конструкции двигателей для использования их в определенном направлении – «Разработка конструкции двигателя Стирлинга для использования в биоэнергетических целях», вторая – с названием «Разработка технологии производства двигателя Стирлинга» направлена на повышение эффективности процесса производства двигателей подобного типа.

Организационно-управленческие навыки, в частности готовность представлять информацию в доступном виде для незнакомых с темой людей, студентами были показаны при взаимодействии с компанией, занимающейся системами печного отопления. Были пройдены последовательные этапы: первое взаимодействие с руководством компании, представление идей на курсах заинтересованным клиентам компании, знакомство со специалистами и консультации по получению интересного для компании продукта.

В настоящее время студенты продолжают обучение в магистратуре по выбранному направлению и активно работают над проектом.

Заключение

На основе вышеизложенного можно констатировать, что наличие повышения заинтересованности студентов в подобных научных исследованиях и разработках, что объясняется не только стремлением к самопознанию, но и повышением самооценки, в случае получения финансирования (гранта, премии и т.д.), за счет материального вознаграждения по результатам своей успешной работы.

Часть полученных материалов и технологий работы со студентами технических профилей положена в основу модернизации основной образовательной программы по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» (квалификация (степень) «Бакалавр»). Особенностью программы является направленность на удовлетворение запросов региональной промышленности и усиление тенденции к самореализации в направлениях, связанных с переработкой природных ресурсов, снижение оттока молодежи в другие регионы и повышение интереса абитуриентов к техническим специальностям.

Список литературы

1. Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата): приказ Минобрнауки России от 20.10.2015 № 1170. [Электронный ресурс]. URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/150302.pdf> (дата обращения: 22.05.2020).
2. Шамис В.А. Активные методы обучения в вузе // Сибирский торгово-экономический журнал. 2011. № 14. С. 136–144.
3. Лактионова Е.Б. Образовательная среда как условие развития личности и ее субъектов // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2010. № 128. С. 40–54.
4. Дворецкий С.И., Пучков Н.П., Муратова Е.И., Таров В.П. Подготовка к проектной деятельности как средство обеспечения профессиональной компетентности выпускника технического вуза // Вестник ТГТУ. 2002. № 2. С. 351–365.
5. Дворецкий С.И., Пучков Н.П., Муратова Е.И. Формирование проектной культуры // Высшее образование в России. 2003. № 4. С. 15–22.
6. Минаев Д.В. Развитие профессиональных интересов студентов в педагогической модели инженерной деятельности // Экономика образования. 2011. № 3. С. 213–216.
7. Байденко В.И. Компетенции в профессиональном образовании (к освоению компетентностного подхода) // Высшее образование в России. 2004. № 11. С. 3–13.
8. Улитина Т.И. Педагогическое управление научно-исследовательской деятельностью технических вузов // Вестник ЧГПУ. 2013. № 3. С. 182–190.
9. Дворецкий С.И., Муратова Е.И. Формирование готовности студентов инженерных специальностей к инновационно-проектной деятельности в процессе курсового и дипломного проектирования // Вестник ТГТУ. 2003. № 4. С. 725–740.
10. Окунева В.С. Деятельность как средство измерения сформированности компетентности командной работы студентов в процессе профессионального обучения // Вестник КрасГАУ. 2015. № 4. С. 283–286.
11. Васильева В.Д., Петрунева Р.М. Проектная подготовка будущих инженеров в новых условиях двухуровневого образования // Известия ВолгГТУ. 2012. № 11. С. 95–99.
12. Фролова И.И., Ахметзянова Г.Н., Валеева Н.Ш. Модель инженера-менеджера для наукоемкого производства // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 20. С. 366–369.
13. Копша О.Ю. Проектирование процесса формирования и оценки профессиональных компетенций у бакалавров автоматизации технологических процессов и производств // Вектор науки ТГУ. 2013. № 2 (24). С. 410–415.
14. Тишкова И.А. Метод проектов при подготовке магистрантов к международной образовательной деятельности // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2014. № 3 (15). С. 117–121.
15. Рябикин С.А. Формирование научно-исследовательской компетенции как условие внедрения наукоемких и инновационных технологий // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. № 4–5. С. 1460–1467.
16. Шегельман И.Р., Васильев А.С., Щукин П.О. О влиянии интеграции университета, промышленного предприятия и инжиниринговой компании на повышение уровня образовательной деятельности // Образовательная среда сегодня: стратегии развития. 2015. № 1 (2). С. 263–264.

УДК 378.048.2

АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ЛИЧНОСТНОГО РАЗВИТИЯ ПЕДАГОГА**Захарова М.А., Мезинов В.Н., Нехороших Н.А.***ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», Елец,
e-mail: natalneh@yandex.ru*

Актуализируется роль дополнительного профессионального образования в системе непрерывного развития учителя. Обозначены тенденции профессионально-личностного развития педагога, связанные с перестройкой системы постдипломного образования, изменениями требований к учителю. Изучение научных позиций российских и зарубежных ученых в понимании смысла и сущности категорий «профессионально-личностное развитие», «самоактуализация», «личностная зрелость» позволило авторам статьи обобщить современные подходы к понятиям и определить профессионально-личностное развитие педагога как целенаправленно проектируемую систему действий, обеспечивающую каждому педагогу индивидуальный темп и путь непрерывного профессионального продвижения, совершенствования и роста педагогического мастерства в единстве самообучения и методического сопровождения. Цель статьи – исследование различных подходов к пониманию категории «профессионально-личностное развитие педагога» и раскрытие ее сущности. Ее выполнение основано на использовании теоретических методов исследования: междисциплинарном анализе научных исследований, системном анализе, методе педагогической интерпретации. Доказано, что на процесс профессионально-личностного развития педагога влияет ряд субъективных и объективных условий: наличие мотивационной сферы к самосовершенствованию в профессии, проявление заинтересованности специалиста в реализации своего творческого потенциала, осознание значимости социальной ценности творческой индивидуальности личности, стимулирующая конкурентная среда и др. Сделан вывод о том, что самоактуализация выступает одним из показателей и факторов профессионально-личностного развития педагогов. Осознание учителем ценности профессионально-личностного развития побуждает его выстраивать систему горизонтального роста, создает предпосылки для достижения личностной зрелости, творческой самореализации. Полученные результаты могут быть применены преподавателями высших учебных заведений для организации психолого-педагогического сопровождения процессов личностного и профессионального развития студентов.

Ключевые слова: профессионально-личностное развитие педагога, самоактуализация, профессиональное самосознание педагога, личностная зрелость, профессиональная направленность, конкурентная среда, культурно-образовательная среда

ACTUALIZATION OF THE PROBLEM OF PROFESSIONAL AND PERSONAL DEVELOPMENT OF TEACHER**Zakharova M.A., Mezinov V.N., Nekhoroshikh N.A.***Bunin Yelets State University, Yelets, e-mail: natalneh@yandex.ru*

The role of additional professional education in the system of continuous teacher development is updated. The trends of professional and personal development of the teacher associated with the restructuring of the system of postgraduate education, changes in the requirements for the teacher are outlined. The study of scientific positions of Russian and foreign scientists in understanding the meaning and essence of the categories «professional and personal development», «self-actualization», «personal maturity» allowed the authors to summarize modern approaches to the concepts and define professional and personal development of a teacher as a purposefully designed system of actions that provides each teacher with an individual pace and path of continuous professional advancement, improving and growing pedagogical skills in the unity of self-learning and methodological support. The purpose of the article is to study various approaches to understanding the category «professional and personal development of a teacher» and to reveal its essence. Its implementation is based on the use of theoretical research methods – interdisciplinary analysis of scientific research, system analysis, method of pedagogical interpretation. It is proved that the process of professional and personal development of a teacher is influenced by a number of subjective and objective conditions: the presence of a motivational sphere for self-improvement in the profession, the manifestation of interest in the implementation of a specialist's creative potential, awareness of the significance of the social value of a creative personality, a stimulating competitive environment, etc. It is concluded that self-actualization is one of the indicators and factors of professional and personal development of teachers. The teacher's awareness of the value of professional and personal development encourages him to build a system of horizontal growth, creates prerequisites for achieving personal maturity, creative self-realization. The results obtained can be applied by teachers of higher educational institutions for the organization of psychological and pedagogical support of the processes of personal and professional development of students.

Keywords: professional and personal development of the teacher, self-actualization, professional identity of the teacher, personality maturity, professional orientation, competitive environment, cultural and educational environment

В настоящее время проблема профессионально-личностного развития педагога особенно актуальна. Исследователи, особенно отечественные психологи и педагоги,

обоснованно связывают дальнейшее социально-экономическое, политическое развитие нашей страны с изменением менталитета ее граждан, отношения государства

к системе образования, учителю. Сегодня отмечается спрос на квалифицированно-го, творчески мыслящего, конкурентоспособного учителя, способного воспитывать человека в современном, динамично меняющемся мире. В системе образования происходят существенные изменения стратегии и тактики образовательной деятельности, связанных с демократизацией и гуманизацией всего уклада жизнедеятельности образовательных учебных заведений, развитием активности, инициативы и творчества.

Актуализация проблематики обосновывается следующими противоречиями между:

- современными требованиями общества к личности педагога, обладающего достижениями современной науки, профессиональными компетенциями, личностной зрелостью, конкурентоспособностью, и реальным уровнем профессионально-личностного развития;

- между социальной необходимостью вовлечения педагогов в процессы профессионально-личностного саморазвития и несостоятельностью новых стимулирующих механизмов в постдипломном образовании;

- между готовностью к непрерывному педагогическому образованию, обеспечивающей успешность профессиональной деятельности, и отсутствием должных социально-педагогических условий.

Профессионально-личностное развитие педагога происходит, совершается, воплощается в действительность в культурно-образовательной среде, в рамках которой осуществляются взаимодействие, контакты, взаимоотношения ее субъектов, где профессиональная деятельность выступает источником требований к индивидуальности личности, сохранения устоявшихся в профессии традиций и норм.

Личность стремится противостоять нивелирующему воздействию профессиональных норм, прилагает усилия к саморазвитию, самосовершенствованию, что обуславливает личностный рост и способствует развитию культуры профессиональной деятельности.

Одним из показателей профессионально-личностного развития педагогов выступает самоактуализация, проявляющаяся в стремлении становиться зрелым, расширяться, распространяться. По мнению Р.М. Шамяникова, самоактуализация «призывает» определенный тип личности, ее активность, устремленную на самосовершенствование [1].

Научные исследования доказывают, что самоактуализация – важнейший компонент личностного и профессионального развития специалиста [1; 2].

Цель статьи: исследование различных подходов к пониманию категории «профессионально-личностное развитие педагога» и раскрытие ее сущности.

Задачи:

- сравнительный анализ, обобщение и систематизация характеристик понятия «профессионально-личностное развитие педагога»;

- выявление понимания указанной проблемы у педагогов;

- раскрытие объективных и субъективных условий, оказывающих влияние на процесс профессионально-личностного развития педагога.

Материалы и методы исследования

Методологической основой проведенного исследования явились представления современной науки о принципе развития человека в целом или его «интегральной индивидуальности постоянно «трансцендировать за рамки конечной формы», выходить за пределы, достигать возможной полноты воплощения в индивидуальной форме своей родовой сущности. В качестве теоретических методов выступили анализ, сравнение, обобщение, конкретизация» [3, с. 16].

Исследование проведено с применением теоретических методов исследования:

- теоретический и методологический анализ, концептуальный и терминологический анализ;

- систематический анализ послужил целостному рассмотрению проблемы.

Научно-теоретический анализ понятия «профессионально-личностное развитие педагога» свидетельствует, что данный термин находит достаточно широкое отражение в ряде исследований отечественных ученых.

В исследованиях А.В. Батаршева, И.В. Васютенковой, Е.А. Захаровой утверждается, что профессиональное развитие неотделимо от личностного, так как в основе и того и другого лежит принцип саморазвития, способствующий творческой самореализации педагога.

В философском аспекте личность является собой достаточно подвижное, активное, гибкое образование. Профессионально-личностное развитие учителя раскрывается как способ самовыражения, самореализации, саморазвития человека в течение жизни, процесс интеграции профессиональных и личностных изменений, ориентация на самосовершенствование, развитие конкурентоспособности, карьерный рост [4].

Э.Ф. Зеер, характеризуя профессионально-личностное развитие педагога, подчеркивает сложившуюся систему взаи-

модействия личности с социально-профессиональной средой, указывает на кризисы профессионального становления. Основными компонентами рассматриваемого понятия обозначены профессиональная направленность, профессиональные педагогические компетенции, профессионально важные и социально значимые качества личности [5].

Интегративное значение понятия «профессионально-личностное развитие педагога» отмечают А.В. Батаршев и И.С. Макарьев [6]. Они выделяют взаимовлияние и взаимообусловленность одновременно протекающих процессов: профессионального самоопределения, самореализации и социализации субъекта педагогической деятельности. Ими отмечаются процессы интеграции, изменения личности на основе освоения ценностей культуры, решающее влияние социальных воздействий и собственной активности.

Согласно исследованиям И.В. Васютенковой, профессионально-личностное развитие педагога – органическая система, которая требует необходимости создания условий для непрерывного профессионального образования и личностного развития. Самоактуализация, самопознание, самобразование и самосовершенствование дают возможность для самоутверждения себя в профессиональном плане и самоформирования своих личностных качеств [7].

Н.И. Сергеева большое значение придает личностному потенциалу как специфической «внутренней опоре», способствующей созданию позитивных условий для успешной реализации педагогической деятельности. Профессионально-личностное развитие рассматривается исследователем как процесс внутреннего самоизменения человека, интеграции осмысленности жизни и временной перспективы, продуктивной самореализации и самодетерминации [8].

Е.А. Захарова указывает на непрерывность профессионально-личностного развития, активное качественное преобразование учителем своего внутреннего мира, на потребность педагога в самореализации [9].

Проблемы профессионально-личностного развития учителя стали предметом исследования целого ряда российских ученых: Э.Ф. Зеера, Н.И. Сергеевой, Д.И. Фельдштейна и др., которые характеризуют данный феномен как неразрывно связанный взаимообусловленный процесс, актуализацию активности профессионального сознания личности и деятельности, динамику жизненного пути и деятельности, развитие себя как субъекта деятельности, стремяще-

гося к достижению полной самоопределенности и самоотождествленности.

В зарубежной психолого-педагогической науке профессионально-личностное развитие педагога рассматривается отдельными учеными как долговременный непрерывный процесс, ведущий к профессионализму, готовности к постоянному саморазвитию.

П. Адей отмечает активную деятельность субъекта образования, направленную на достижение единства личностного и профессионального сознания, развитие профессионального поведения и личностных качеств. Эта активность позволяет педагогу расширить возможности персонализации, выйти за рамки устоявшейся деятельности и получить доказательство собственной конкурентоспособности и компетентности [10].

М. Томассини и С. Занацци утверждают, что становление педагога продуктивно в единстве развития как профессионализма, так и личностного развития. Профессионально-личностное развитие максимально эффективно в процессе актуализации активности профессионального сознания личности и деятельности [11].

Таким образом, профессионально-личностное развитие педагога связывается в научных исследованиях с развитием профессионализма, с процессами саморазвития его педагогического потенциала, конструированием вектора профессионально-творческого движения на основе объективной самооценки с целью реализации своей уникальности, достижения успешности в профессиональной деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

Беседы, опросы и анкетирование учителей (254 человека) показали следующие результаты:

- 57% учителей уверены в необходимости целенаправленной деятельности по овладению новыми для них педагогическими ценностями и технологиями;
- 47% респондентов проявляют высокую заинтересованность в профессиональном саморазвитии, самовоспитании;
- 58% оценивают себя как активного субъекта жизнедеятельности;
- 59% участвовавших хотели бы достичь высоких результатов в педагогической работе, у них ярко выражена ориентация на развитие конкурентоспособности;
- 23,8% воспринимают других людей как уникальных и равноправных участников педагогического процесса;
- 19% не готовы к творческой интерпретации способов, приемов и технологий в своей профессиональной деятельности;

– 16% респондентов заявили о неготовности выйти за рамки устоявшейся деятельности и получить доказательство собственной конкурентоспособности;

– 12,6% затрудняются перевести знания в область практического применения, актуализировать их в нужный момент;

– 44,8% связывают свою деятельность с развитием профессионализма, с процессами непрерывного саморазвития, конструированием вектора профессионально-творческого движения на основе объективной самооценки.

Таким образом, около 60% педагогов осознают необходимость изменить свое отношение к деятельности, к процессам непрерывного профессионального образования и личностного развития. Однако неготовность выйти за рамки устоявшейся деятельности, к творческой интерпретации знаний, приемов и технологий является для них достаточно сложной задачей. И если личностный компонент у педагогов достаточно развит, то вызывают беспокойство ситуации, когда значительная часть учителей затрудняются перевести знания в область практического применения, актуализировать их в нужный момент.

Эффективность методического сопровождения профессионально-личностного развития педагога обеспечивается совместными и индивидуально ориентированными методами взаимодействия: конкурсы, семинары-практикумы, портфолио, мастер-классы, самопрезентация опыта, веб-квесты и др. Их комбинирование, применение активных методов взаимодействия, таких как дискуссии, проблемно-аналитические, интерактивные и другие, обеспечивают целеполагающую, творческую, рефлексивную деятельность педагогов в унитарном профессионально-методическом пространстве образовательного учреждения.

Коллективные и индивидуально ориентированные методы взаимодействия способствуют в наибольшей степени учитывать образовательные потребности, личностные способности, индивидуальный опыт конкретного педагога, позволяют развивать его субъектность, потребность в самоактуализации [12; 13].

Для достижения цели профессионально-личностного развития педагога важно соблюдать алгоритм, который включает:

– исследование стартовых показателей профессионально-личностного потенциала педагога, выявление имеющихся проблем и профессиональных достижений;

– определение и формулировку индивидуальных стратегических и тактических целей профессионально-личностного развития;

– проектирование вектора профессионально-творческого движения каждого педагога;

– организацию процесса непрерывного профессионального образования и рефлексии результатов профессионально-личностного развития педагогов;

– необходимую коррекцию программ профессионально-личностного развития педагогов;

– разработку нового педагогического проекта профессионально-личностного развития педагога.

В ходе исследования нами были разработаны условия, определяющие эффективность профессионально-личностного развития педагога, выступающие в гармоничной целостности.

Субъективные условия:

– наличие мотивационной сферы к самосовершенствованию в профессии – познавательные потребности, стремления, намерения, цели, ценности;

– проявление заинтересованности педагога в реализации своего творческого потенциала – созидание, творческое взаимодействие, научно-исследовательская деятельность, творческое самовыражение, стремление личности к самореализации;

– осознание значимости социальной ценности творческой индивидуальности личности.

Эффективное функционирование субъективных условий в высокой степени детерминируется условиями объективными.

Объективные условия:

– стимулирующая конкурентная среда;

– наличие мотивационной сферы к самопродвижению для профессиональной самоактуализации личности;

– ориентация на реализацию личностного и профессионального потенциала.

Выводы

Результаты, полученные в ходе исследования, определяют высокую степень актуальности проблемы профессионально-личностного развития педагога.

Считаем необходимым отметить следующее. Во-первых, исследование показало, что большинство научных подходов к определению понятия «профессионально-личностное развитие педагога» рассматривают его как процесс слияния профессиональных и личностных изменений, сложившуюся систему, способ самовыражения, самореализации, саморазвития человека в течение жизни.

Составляющими компонентами данного феномена выступают: профессиональная направленность, стремление к самосовер-

шенствованию, профессиональному росту, успеху в педагогической деятельности, профессионально важные и социально значимые качества личности.

Во-вторых, исследование выявило, что самоактуализация, наряду с непрерывностью, гуманизацией педагогического образования, личностной зрелостью, выступает одним из условий профессионально-личностного развития педагогов. Следовательно, целесообразно проектировать педагогический процесс так, чтобы у специалистов была возможность для профессионального роста, формирования черт личности, важных для самоидентичности человека на этапе достижения зрелости, способствующих саморазвитию, самореализации и самопроявлению педагога.

В-третьих, на процесс профессионально-личностного развития педагога влияет ряд субъективных и объективных условий: наличие мотивационной сферы к самосовершенствованию в профессии, проявление заинтересованности специалиста в реализации своего творческого потенциала, осознание значимости социальной ценности творческой индивидуальности личности, стимулирующая конкурентная среда и др. [14; 15].

Подводя итоги, с очевидностью следует отметить необходимость создания системы постдипломного образования как действительно непрерывного образования. Большинству педагогов необходима действенная помощь в становлении самоактуализации, сдвиг в сторону индивидуальных траекторий самообучения и самообразования. На содержательном уровне для системы дополнительного профессионального образования необходима переориентация образовательного процесса взрослых на удовлетворение образовательных потребностей, профессионально-личностное развитие, обеспечение соответствия квалификации учителя образовательной парадигме, меняющимся условиям педагогической деятельности, социальной среды.

Список литературы

1. Шамионов Р.М. Самоактуализация учителей и удовлетворенность жизнедеятельностью и собой // Мир психологии. 2002. № 2. С. 143–147. URL: <http://lib.mgppu.ru/oracunicode/app/index.php?url=/notices/index/IdNotice:39417/Source:default> (дата обращения: 15.05.2020).
2. Гарина Ж.Г., Баяев С.И., Ионов М.С. Роль самоотношения в личностно-профессиональном саморазвитии студентов высшей школы // Образование и наука. 2019. № 21(1). С. 82–96. DOI: 10.17853/1994-5639-2019-1-82-96.
3. Белоус В.В., Боязитова И.В. Детерминанты развития интегральной индивидуальности: монография. Пятигорск: Пятигорский гос. лингвистический ун-т, 2008. 230 с.
4. Белоус Е.Н., Ерофеева М.А. Особенности профессиональной коммуникативной компетентности педагогов в предметном общении с обучающимися // Перспективы науки и образования. 2019. № 4 (40). С. 126–140. DOI: 10.32744/pse.2019.4.11.
5. Зеер Э.Ф. Психология профессий. М.: Академический Проект, 2003. 336 с.
6. Батаршев А.В., Макарьев И.С. Профессионально-личностное становление и развитие педагога: теоретико-методические основания // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. № 12 (декабрь). С. 16–20. [Электронный ресурс]. URL: <http://e-koncept.ru/2014/14336.htm> (дата обращения: 15.05.2020).
7. Васютенкова И.В. Развитие профессионально-личностного потенциала педагога в системе постдипломного образования в современных социокультурных условиях // Известия Российского государственного педагогического университета имени А.И. Герцена. 2015. № 174. С. 141–148. [Электронный ресурс]. URL: <https://lib.herzen.spb.ru/media/magazines/contents/1/174/vasyutenkova> (дата обращения: 15.05.2020).
8. Сергеева Н.И. Профессионально-личностное саморазвитие как цель профессионального роста педагога // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=18933> (дата обращения: 15.05.2020).
9. Захарова Е.А. Требования к профессиональному развитию педагогов в условиях последипломного образования // Молодой ученый. 2011. № 3. Т. 2. С. 115–117. [Электронный ресурс]. URL: <https://moluch.ru/archive/26/2863/> (дата обращения: 15.05.2020).
10. P. Adey Model of professional development of teachers' thinking. Thinking skills and creativity. 2006. Vol. 1 (1). P. 49–56. DOI: 10.1002/jocb.20.
11. Tomassini M., Zanazzi S. Reflexivity and self-development of competencies as key drivers in individuals' learning and career paths: cases from Italy. Research in Comparative and International Education. 2014. Vol. 9 (3). P. 301–312. [Electronic resource]. URL: <https://www.edscience.ru/jour/article/view/1095/803> (date of access: 15.05.2020).
12. Beltramo J.L. Developing adaptive teaching practices through participation in cogeneratedialogues. Teaching and Teacher Education. 2017. Vol. 63. P. 326–337. DOI: 10.1016/j.tate.2017.01.007.
13. Johnson M. Relations between explicit and implicit self-esteem measures and self-presentation. Personality and Individual Differences. 2016. Vol. 95. P. 159–161. DOI: 10.1016/j.paid.2016.02.045.
14. Kalimullin A.M. Processes of reforming teacher training in modern Russia (experience of the Kazan federal university). American Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 11(8). P. 1365–1368. [Electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/287449863_Processes_of_reforming_teacher_training_in_modern_Russia_Experience_of_the_Kazan_Federal_University (date of access: 15.05.2020).
15. Kokkos A. The Challenges of Adult Education in the Modern World // Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2015. Vol. 180. P. 19–24. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.02.079.

УДК 378.14

ПРОЕКТНОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВОЧНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ У БАКАЛАВРОВ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Иванова Е.Г.

*ФГБОУ ВО «Чувашский педагогический университет им. И.Я. Яковлева,
Чебоксары, e-mail: elena_d_86@mail.ru*

Статья посвящена феномену проектного обучения как средству формирования проектировочной компетентности бакалавров автомобильного строительства. Раскрывается сущность понятия «проектное обучение» в целом по отношению к бакалаврам направления подготовки 08.03.01 «Строительство» и относительно бакалавров автомобильной отрасли. Сформулированы предназначение и преимущества применения технологии проектного обучения для формирования проектировочной компетентности бакалавров автомобильного строительства, заключающиеся в обеспечении взаимопонимания, взаимодействия, взаимообогащения обучающихся и обучающихся. Обоснованы рабочие этапы организации проектного обучения обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»: подготовительный, базовый и исследовательский. Показана особая роль курсовых работ по дисциплинам «Начертательная геометрия и инженерная графика» и «Инженерно-геодезические работы в строительстве», выполняемых на подготовительном этапе проектного обучения, в процессе подготовки которых студенты овладевают основами конструирования и теорией геодезических работ. Доказано, что выполнение учебных творческих проектов позволяет расширить теоретические знания обучающихся, развить их практические проектировочные навыки, инициативность, самостоятельность и творчество. Представлен механизм выполнения обучающимися исследовательских и практико-ориентированных проектов, направленных на совершенствование приобретенных навыков и умений, проявление профессионально-творческих способностей и формирование осознанного стремления к самосовершенствованию.

Ключевые слова: проектировочная компетентность, обучающиеся, проектное обучение, этапы проектного обучения

DESIGN TRAINING AS A MEANS OF FORMING DESIGN COMPETENCE IN TRAINERS OF ROAD CONSTRUCTION

Ivanova E.G.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University», Cheboksary, e-mail: elena_d_86@mail.ru*

The article is devoted to the phenomenon of project training as a means of forming the design competence of bachelors of road construction. The essence of concept of «project learning» as a whole in relation to bachelors in specialty 08.03.01 «Construction» and bachelors of the road sector is revealed. The purpose and advantages of using the technology of project training for the formation of design competence of bachelors of road construction, which is to ensure mutual understanding, interaction, mutual enrichment of teachers and students, are formulated. The working stages of the organization of project training of students in the direction of training 08.03.01 «Construction»: preparatory, basic and research – are proved. The special role of coursework in the disciplines «descriptive geometry and engineering graphics» and «engineering and geodesic work in construction», performed at the preparatory stage of project training, in the preparation of which students master the basics of design and the theory of geodesic work, is shown. It is proved that the implementation of educational creative projects allows students to expand their theoretical knowledge, develop their practical design skills, initiative, independence and creativity. The article presents a mechanism for students to carry out research and practice-oriented projects aimed at improving the acquired skills and abilities, demonstrating professional and creative abilities and a conscious desire for self-improvement.

Keywords: design competence, learners, project-based learning, stages of project-based learning

Современный этап развития общества в целом и производства в частности выдвинул в качестве одного из важнейших требование к такой характеристике специалиста в любой сфере, как способность и готовность к проектированию как компоненту профессиональной деятельности. Особое значение приобретает эта характеристика по отношению к работникам сферы строительства, например автомобильного строительства. В связи с вышесказанным перед техническими вузами была поставлена задача формирования

у бакалавров дорожного строительства проектировочной компетентности как приоритетной в структуре профессиональной подготовки. Вместе с тем в связи с внедрением стандартов нового поколения в содержание подготовки бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» было сокращено количество аудиторных часов, отводимых на практические занятия, несмотря на то, что практическая подготовка – один из основных факторов формирования проектировочной компетентности у бакалавров дорожного строительства [1].

Пути устранения данного противоречия являются изменение используемых в учебном процессе форм, методик и технологий обучения, переход на проектную модель обучения.

Цель исследования: выявить влияние проектного обучения, введенного в образовательный процесс технического вуза, на формирование проектировочной компетентности обучающихся по направлению автомобильного строительства.

Материалы и методы исследования

Был проведен теоретический анализ педагогической литературы, научных исследований и периодических изданий об особенностях использования проектного обучения в вузе, изучены Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», профессиональный стандарт «Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности», проведен анализ учебных планов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» технических вузов, функционирующих в Чувашской Республике: Волжского филиала ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» – направление подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Автомобильные дороги»), бакалавриат; Чебоксарского института (филиала) ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» – направление подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Промышленное и гражданское строительство»), бакалавриат; ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» – направление подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Промышленное и гражданское строительство»), бакалавриат.

Результаты исследования и их обсуждение

Проектное обучение как дидактическая модель было создано на платформе базовых идей прагматизма еще в начале прошлого века. Проектное обучение предполагает разработку обучающимися проектов решения практико-ориентированных задач путем привлечения самостоятельно приобретенных знаний. Оно направлено на актуализацию индивидуальных качеств обучающегося как личности, стимулирование развития когнитивных и креативных способностей и умений обучающегося [2], становление его как успешного, компетентного и конкурентоспособного бакалавра.

Особенности использования проектного метода обучения исследовались в научных работах Н.В. Гавриловой [3], Ю.Н. Зиятдинова [4], Л.А. Боков [5], М.С. Нурмаганбетова [6], Р.А. Яфизова [7] и др.

Цель проектной технологии обучения, по мнению Н.В. Гавриловой, состоит в моделировании и организации совместной социально-учебной деятельности обучающихся, направленной на решение профессионально ориентированных задач [3].

В трудах М.С. Нурмаганбетовой сделан акцент на деятельностном компоненте проектного обучения, который, по ее мнению, является основным. Эффективность этого компонента проявляется в том, что при наличии соответствующих условий у обучающихся формируется устойчивая мотивация к самостоятельному добыванию знаний из разнообразных источников, их применению в процессе решения теоретических и практико-ориентированных задач. Благодаря организации совместной деятельности обучающиеся приобретают коммуникативные навыки и овладевают исследовательскими умениями: выявлять проблемы, искать информацию, осуществлять наблюдения, проводить эксперимент, обрабатывать его результаты [6].

И.Р. Рыбина акцентирует внимание на развитии при проектном обучении личностных качеств, таких как критическое и творческое мышление, коммуникативная культура, готовность к реализации социальных ролей в совместной деятельности, способность к аргументированию и отстаиванию своей точки зрения [8].

М.А. Смирнова в процессе исследования раскрыла педагогический потенциал проектного обучения, который заключается в создании посредством реализации в образовательном процессе данной технологии условий для развития познавательных навыков, умений творческой деятельности и самостоятельного конструирования знаний, развития критического мышления [9].

По мнению М.В. Петровой, реализация системы проектного обучения способствует приобретению обучающимися опыта поиска знаний и их усвоения в соответствии с индивидуальным темпом познавательной деятельности, участия в разработке и реализации коллективных проектов [10].

Анализ вышеперечисленных точек зрения исследователей позволяет заключить, что каждый из них выделяет отдельные компоненты проектного обучения, рассматривает его как дидактическую технологию, направленную на самостоятельное приобретение обучающимися новых знаний посредством организации ориентиро-

ванного учебного поиска, формирование у них умений и навыков профессиональной деятельности путем практико-ориентированного обучения.

Вместе с тем нам ближе формулировка, принятая в Нижнетагильском технологическом институте (филиале) УрФУ, согласно которой проектное обучение – это взаимодействие педагогов вуза, внутренних и внешних консультантов и обучающихся, направленное на создание уникального продукта, услуги или на формирование научно-технического задела, способствующего достижению запланированных и дополнительных образовательных результатов [11].

Целями применения проектного обучения являются активизация процесса поиска, получения и закрепления новой информации с использованием дополнительных источников, закрепление практических навыков работы с ГОСТами, СНИПами и другими нормативными документами, информационными технологиями; развитие проектно-исследовательских умений и способностей, проявление креативности и опережающей клиентоориентированности при создании макетов проекта с помощью компьютерных технологий; развитие системного, логического и творческого мышления.

Результатом применения проектного подхода обучения должна быть подготовка бакалавра, способного эффективно использовать в проектировочной деятельности имеющиеся у него теоретические и практические знания, умения и способности в соответствии с ФГОС ВО 08.03.01 «Строительство» [12] и профессиональным стандартом «Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности» [13].

Проектное обучение является педагогической технологией, которая предполагает совокупность научно-исследовательских, информационных, практико-ориентированных, поисковых, творческих задач за счет моделирования учебного процесса и использования современных образовательных технологий.

Формы занятий, применяемые в технологии проектного обучения, разнообразны: лабораторные работы, практические занятия, курсовое проектирование, практики и др. Проектное обучение не ограничивается одними аудиторными занятиями и предполагает большой объем внеаудиторной совместной работы обучающихся. В этом случае целями формирования проектировочной компетентности у будущих бакалавров будут являться осознание процесса решения задач проектирования, сознательное

овладение данной деятельностью, освоение технологий проектирования с помощью компьютерных технологий как средства реализации конкретных способов и методов решения задачи.

В зависимости от цели организуемой работы и уровней подготовки студентов можно выбрать тот или иной тип проекта. Так, Е.С. Милинчук классифицирует учебные проекты следующим образом:

- практико-ориентированный проект (бакалавры разрабатывают новые проекты, которые апробируют на практике);

- исследовательский проект (это исследование какой-либо проблемы);

- информационный проект (такой проект предполагает презентацию результатов широкой аудитории);

- творческий проект (здесь главную роль играет авторский творческий подход в решении проблемы);

- ролевой проект (популярными являются деловые игры) [14].

С нашей точки зрения, использование творческих, практико-ориентированных, исследовательских учебных проектов в образовательном обучении способствует наиболее эффективному формированию проектировочной компетентности у бакалавров автомобильного строительства.

Рассмотрим преимущество применения проектного обучения у обучающихся в Волжском филиале ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)». Для эксперимента были отобраны 86 обучающихся, из них 44 человека в контрольной группе и 42 человека в экспериментальной группе.

Для эффективной организации проектного обучения студентов были проанализированы учебный план направления подготовки 08.30.01 «Строительство», рабочие программы и методическое обеспечение учебных дисциплин. Анализ показал, что существующие курсовые работы и проекты по учебным дисциплинам имеют слабую междисциплинарную связь. Тематика курсовых работ и проектов разрабатывается индивидуально для каждой дисциплины без учета ранее выполненных курсовых работ и проектов, что приводит к отсутствию систематизации в формировании проектировочных компетенций у обучающихся. Поэтому применение технологии проектного обучения может скоординировать глубокое взаимодействие между учебными дисциплинами, а выполнение курсовых проектов совершенствует проектировочные знания, умения и способности обучающихся.

Проектное обучение обучающихся в области автомобильного строительства мы разбили на 3 рабочих этапа.

1. *Подготовительный этап (1-й курс).* На подготовительном этапе был проведен опрос обучающихся 1-го курса с целью выявления степени знаний и умений в проектной деятельности, ранее полученных в общеобразовательных учебных заведениях. В ходе опроса было выявлено, что 76% обучающихся ранее не изучали дисциплины, связанные с проектной деятельностью. Поэтому на данном этапе было решено дополнительно ввести в курс дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» основ оформления единой системы конструкторской документации для формирования у обучающихся дорожного строительства базовых навыков и умений при разработке проектов. Кроме того, в процессе анализа учебного плана направления подготовки 08.03.01 «Строительство» Волжского филиала ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» было выявлено, что дисциплины «Автоматизированное проектирование дорог» и «Проектирование в среде САПР «КОМПАС»» обучающиеся изучают на 4-м курсе. При этом навыки и компетенции, получаемые в ходе изучения данных предметов, необходимы при подготовке курсовых работ и проектов по другим дисциплинам. Поэтому было предложено ввести в курс обучения «Начертательная геометрия и инженерная графика» основы проектирования на персональном компьютере с использованием систем автоматизированного проектирования, таких как специализированное инженерное программное обеспечение AutoCAD, КОМПАС и др.

Выполнение работы по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» позволяет закладывать у обучающихся первоначальные знания, навыки и умения применения методов инженерного конструирования и проектирования объектов в соответствии с требованиями стандартов единой системы конструкторской документации, умения чтения технических чертежей проектируемых и существующих строительных конструкций, развивать абстрактное и пространственное воображение. Использование комплекса заданий с 2D- и 3D-технологией позволяет ускорить процесс выполнения работ, работать с существующей технической библиотекой в программе, создавать трехмерные модели в реальном времени.

При изучении дисциплины «Инженерно-геодезические работы в строительстве»

обучающиеся 1-го курса выполняют курсовую работу на тему «Построение профиля автомобильной трассы по результатам нивелирования с проектированием на нем оси линейного сооружения». Дисциплина «Инженерно-геодезические работы в строительстве автомобильных дорог» является одним из основных предметов, формирующих проектировочную компетентность. Теоретические знания и опыт, полученные при ее изучении, понадобятся студентам при изучении последующих специальных дисциплин и в профессиональной деятельности.

Процесс выполнения курсовой работы по дисциплине «Инженерно-геодезические работы в строительстве» делится на несколько этапов:

1) *ознакомление с заданием.* Каждый обучающийся выполняет курсовую работу по индивидуальному заданию. Задание на выполнение курсовой работы студенты получают в процессе выполнения практических работ по результатам нивелирования определенного участка;

2) *выявление целей и задач.* Целями курсовой работы являются ознакомление обучающихся с видами нивелирования и нивелирных работ, изучение очередности обработки полевых материалов и оформления камеральных документов, выполнение графической части при трассировании автомобильных дорог.

Задачи курсовой работы:

- обработка пикетажного журнала;
- составление ведомости углов поворота, прямых и кривых;
- построение плана трассы;
- выполнение детальной разбивки круговой кривой второго угла поворота;
- обработка журнала нивелирования трассы;
- построение продольного и поперечного профилей дороги;

3) *анализ публикаций, патентов, существующих технических решений, геодезических измерений, изучение технической документации и формирование гипотезы;*

4) *составление плана работы* совместно с преподавателем в соответствии с учебным планом и рабочей программой дисциплины «Инженерно-геодезические работы в строительстве»;

5) *самостоятельное выполнение курсовой работы.* Обучающимся во время выполнения курсовой работы выдавались промежуточные задания. Экспериментальной группе предлагалось оформить курсовую работу с использованием систем автоматизированного проектирования, а контрольная группа выполняла задания с использованием миллиметровой бумаги;

6) *защита курсовой работы*. Обучающиеся сдают пояснительную записку и чертежи курсовой работы на кафедру. Оцениваются работы студентов на итоговой защите перед аудиторией в присутствии комиссии, в которую входят руководитель курсовой работы, преподаватели кафедры и заведующий кафедрой. При защите курсовые работы оцениваются по следующим критериям: соответствие выданному заданию, полнота раскрытия темы, соответствие графической части работы требованиям ЕСКД и СНИП, тщательность подготовки к выступлению и умение преподнести материал аудитории.

Таким способом у обучающихся дорожного строительства формируются знания и умения поэтапно выполнять проект, а также работать с необходимыми приборами и инструментами, применять методы производства дорожных работ в объеме, необходимом для изысканий, создавать геометрическую основу строительства дорожных сооружений на каждой стадии строительного процесса.

2. *Базовый этап (2-й и 3-й курсы)*. На данном этапе обучающимся предлагалось самостоятельно выполнить творческие проекты по дисциплине «Строительство автомобильных дорог» с применением профессиональных знаний в проектировочной деятельности:

1) проектирование автомобильной дороги (магистральной) в сложных местностях Российской Федерации: зонах вечной мерзлоты, в заболоченных районах, овражистой или горной местности;

2) проектирование технической дороги, предназначенной для технологического процесса предприятия;

3) проектирование городской магистрали, улицы, набережной и т.п.;

4) проект автомобильной дороги с использованием новейших материалов и технологий строительства дорог.

В качестве примера можно привести разработку проекта «Возведение земляного полотна автомобильной дороги». При разработке проектного решения особое внимание уделялось обеспечению организованности строительного процесса, безопасности, удобству и комфортабельности движения автотранспортных средств с расчетными скоростями; созданию однородных условий движения; соблюдению принципа зрительного ориентирования водителей.

На втором этапе происходят углубление теоретических знаний и развитие базовых практических навыков обучающихся, их инициативности, самостоятельности и творчества. Данный этап соответствует формированию инициативного уровня про-

фессиональной компетентности, показателем которого является использование усвоенных знаний, умений, приобретенного опыта для решения различного рода профессиональных задач.

Реализация технологии проектного обучения требует особой подготовки и проработки преподавателем, так как при этом формируются и осваиваются все необходимые навыки, обеспечивающие целевую эффективность использования проектных умений, благодаря чему осуществляется выход студентов на следующий уровень сформированности данного умения.

3. *Исследовательский этап (4-й курс)*. На данном этапе для обучающихся дорожного строительства создается профессиональная среда, где реализуются практико-ориентированные и исследовательские проекты. Обучение проводится как в стенах учебного заведения, так и в исследовательских лабораториях предприятий дорожного строительства. Тематика проектов обусловлена исходя из текущих потребностей предприятий Чувашской Республики, то есть формируется реальный практический опыт. При этом задания включают не только строительство новых автомобильных дорог, но и реконструкцию существующих. При выборе вариантов проектных решений предпочтение отдается таким инженерным решениям, которые предусматривают наилучшее сочетание элементов дороги с ландшафтом и оказывают наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду. Обязательным элементом проектов являются мероприятия по охране окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов.

При оценке проекта применяются следующие критерии:

– проект должен быть направлен на создание уникального продукта или услуги;

– в работе над проектом участвуют преподаватель, внешние и внутренние консультанты, обучаемые;

– у проекта есть заказчик в лице предприятия, а также проводится внешняя экспертиза;

– по завершении проекта оцениваются запланированные и дополнительные результаты обучения.

Результатом этого этапа было получение конкретного продукта как итога проектной деятельности. На третьем этапе совершенствуются приобретенные навыки и умения, происходят создание образовательно-мотивационной среды с целью побуждения студента к самосовершенствованию при проектной деятельности и формирование деятельности, в основе которой лежит уме-

ние решать профессионально ориентированные задачи с использованием инновационных технологий.

В результате на выходе уровень сформированности проектировочной компетентности будущих бакалавров соответствует потребностям работодателей, отражает наличие развитых профессионально-творческих способностей, умений разрабатывать и реализовывать проекты.

Заключение

Таким образом, теоретическое и практическое исследование показало, что технология проектного обучения имеет значительный потенциал для формирования проектировочной компетентности у обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» дорожного вуза. Построение образовательного процесса на основе данной дидактической технологии активизирует формирование всех компонентов проектировочной компетентности: способствует прочному усвоению знаний в области теоретических основ проектирования в автодорожном строительстве, мотивирует на овладение проектировочными умениями, позволяет приобрести опыт проектирования.

Список литературы

1. Варламов Л.Д., Луковцева Я.Н. Педагогические технологии в формировании компетенций современного инженера // Модернизация инженерного образования: российские традиции и современные инновации: сборник материалов международной научно-практической конференции. Якутск: Издательский дом СВФУ, 2017. С. 123–127.
2. Аксенов Л.А. Метод проектного обучения в процессе подготовки бакалавров по направлению «Сервис» и «Туризм» для современной экономики // Журнал правовых и экономических исследований. 2017. № 1. С. 101–103.
3. Гаврилова Н.В. Применение проектного метода обучения в преподавании дисциплины «Макетирование и моделирование» студентам технологического профиля обучения // Современный взгляд на будущее науки: сборник статей Международной научно – практической конференции (Казань, 20 марта 2017 г.). Уфа: АЭТЕРНА, 2017. С. 138–141.
4. Зиятдинова Ю.Н., Сангер Ф.А. Проектное обучение для подготовки XXI века // Педагогика Высшей Школы. 2015. № 3. С. 92–97.
5. 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. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11762.pdf> (дата обращения: 20.05.2020).
6. Нурмаганбетова М.С. Проектное обучение как один из инновационных методов обучения // Молодежь и государство: научно-методологические, социально-педагогические и психологические аспекты развития современного образования. Международный и российский опыт: сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Тверь, 23 октября–30 октября 2017 г.). Тверь: Изд. Тверской государственный университет, 2017. С. 80–86.
7. Яфизова Р.А. Применение проектного метода обучения как средство повышения качества обучения // Наука и современность. 2011. № 10–1. С. 265–268.
8. Рыбина И.Р., Попова И.Ю. Проектное обучение как элемент организации учебной деятельности в контексте современного образования // Ученые записки Орловского государственного университета. 2014. № 4 (60). С. 299–302.
9. Смирнова М.А. Развитие профессиональных компетенций бакалавров в условиях проектного обучения в вузе: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Калининград, 2007. 24 с.
10. Петрова М.В. Формирование профессиональной компетентности бакалавров посредством технологии проектного обучения // Известия южного федерального университета. Педагогические науки. 2014. № 12. С. 140–145.
11. Евстратова Л.А., Исаева Н.В., Лешукова О.В. Проектное обучение: практики внедрения в университетах. М.: Открытый университет Сколково, 2018. 152 с.
12. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 31 мая 2017 г. № 481 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (уровень бакалавриат). [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_218855 (дата обращения: 17.05.2020).
13. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 28 декабря 2015 г. № 1167н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]. URL: <http://rulaws.ru/acts/Prikaz-Mintruda-Rossii-ot-28.12.2015-N-1167n> (дата обращения: 17.05.2020).
14. Милинчук Е.С. Роль метода проектов в активизации познавательной деятельности бакалавров // Образование в современном мире: сборник научных статей. Саратов: Изд. Саратовского университета, 2018. С. 297–302.

УДК 378.14

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ГЛАЗАМИ СТУДЕНТОВ (АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРОСА СТУДЕНТОВ ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА)**Игнатьев В.П., Архангельская Е.А.***ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»,
Якутск, e-mail: vpi_50@mail.ru*

В условиях вынужденного перехода высшей школы России на дистанционное обучение, актуальными становятся вопросы обеспечения качества используемых дистанционных образовательных технологий (ДОТ). Целью работы является выяснение уровня удовлетворенности обучающихся организацией и проведением занятий с использованием системы электронного дистанционного образования (СЭДО) Moodle в Северо-Восточном федеральном университете. Для этого в университете был проведен онлайн-опрос студентов с использованием Google Forms, который позволил выяснить отношение обучающихся к образовательному контенту с точки зрения его содержания, качества подачи учебного материала и удобства пользования интерфейсом обучающей системы. Результатом данного исследования стали рекомендации, составленные на основе проведенного опроса, направленные на совершенствование собственного образовательного контента и исправление тех недочетов системы, на которые указали респонденты. Регулярные опросы студентов позволяют улучшить организацию процесса обучения студентов университета. С учетом того, что в настоящее время многие российские вузы имеют свой оригинальный образовательный контент, полагаем, что проведенное исследование может быть полезно им для выявления слабых сторон существующей системы ДОТ и принятия мер по совершенствованию её функциональных возможностей.

Ключевые слова: дистанционные образовательные технологии, система электронного дистанционного образования, образовательный контент, образовательные инструменты

**DISTANCE EDUCATION THROUGH THE EYES OF STUDENTS
(ANALYSIS OF THE RESULTS OF A SURVEY OF FEDERAL UNIVERSITY STUDENTS)****Ignatev V.P., Arkhangelskaya E.A.***North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, e-mail: vpi_50@mail.ru*

In the context of the forced transition of higher education in Russia to distance learning, issues of ensuring the quality of distance education technologies (DET) are becoming relevant. The purpose of the work is to find out the level of satisfaction of students with the organization and conduct of classes using the electronic distance education system (EDES) Moodle in the North-Eastern Federal University. To do this, the University conducted an online survey of students using Google Forms, which allowed to find out the attitude of students to educational content in terms of its content, the quality of educational material and ease of use of the learning system interface. The results of this research are recommendations based on the survey, aimed at improving their own educational content and correcting the shortcomings of the system, which were pointed out by respondents. Regular surveys of students allow us to improve the organization of the University students' learning process. Given the fact that many Russian universities currently have their own original educational content, we believe that this research can be useful for them to identify the weaknesses of the existing DET system and take measures to improve its functionality.

Keywords: distance education technologies, electronic distance education system, educational content, educational tools

Одной из основных тенденций, связанных с цифровизацией российской экономики, включая сферу образования, является переход на дистанционные образовательные технологии, которые в последние годы начинают активно внедряться в российских вузах. Дальнейшее развитие высшей школы России направлено на «расширение поля цифровизации как важнейшего тренда не только учебного процесса, но и других сфер функционирования вузов» [1, с. 28].

Во всем мире активное развитие получили онлайн-технологии обучения студентов, которые позволяют обучаться дистанционно практически по любым дисциплинам на различных образовательных платформах открытого образования, в том числе ведущих мировых университетов [2–4].

В нашей стране реализация образовательных программ с применением дис-

танционных образовательных технологий закреплена на законодательном уровне, о чём говорится в статье 16 Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 01.03.2020) «Об образовании в Российской Федерации». В данном законе «под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников» [5]. Дальнейшее развитие цифровых технологий связано с утверждением приоритетного проекта «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации», согласно которому к концу 2020 г. «на онлайн-курсах должно обучаться не менее 6 млн человек» [6].

Многие российские вузы работают над вопросами использования дистанционных образовательных технологий, поскольку «это качественно новый уровень взаимодействия между преподавателем и обучающимися» [7, с. 191]. Однако вопросов рационального использования данной системы обучения студентов остается ещё довольно много.

Для того чтобы выяснить, насколько эффективно работает образовательный контент СВФУ, в университете был проведен опрос обучающихся при помощи анкеты, разработанной на базе Google Forms. Сбор данных проводился на добровольной основе, с предварительным ознакомлением респондентов с целями исследования, информацией о способах заполнения анкеты, имеющей закрытые и открытые вопросы. Оценка степени удовлетворенности осуществлялась по разным признакам, рассчитанным при помощи баллов от 0 до 10, или по распределению уровня удовлетворенности в интервале от 0 до 100 %. По итогам опроса осуществлен стандартный корреляционный анализ полученных результатов. Для оценки значимости нулевых гипотез был принят уровень значимости, равный 0,05.

Цель исследования: совершенствование организации и проведения занятий с использованием системы электронного дистанционного образования (СЭДО) Moodle в Северо-Восточном федеральном университете. Для достижения данной цели исследования необходимо решить следующие задачи:

1. Выяснить мнение студентов о технических возможностях использования дистанционных образовательных технологий в СВФУ (компьютерные классы, скорость интернета, наличие необходимого программного обеспечения и пр.).

2. Выявить мнение студентов о структуре и интерфейсе СЭДО Moodle (качество подачи учебного материала, удобство использования для проведения занятий, возможность самообразования, объективность системы контроля знаний студентов).

3. Узнать потребности студентов, выявить влияние образовательной платформы СЭДО Moodle на степень вовлеченности студентов в образовательный процесс с использованием дистанционных технологий.

Материалы и методы исследования

Для достижения цели исследования и решения поставленных в нем задач использовались следующие материалы и методы исследования: интерпретационные (комплексное и системное изучение объ-

екта исследования; сопоставление различных объектов исследования между собой; обобщение теоретического и практического опыта и др.), эмпирические (проведение опроса студентов очной формы обучения СВФУ с целью определения уровня их удовлетворенности организацией и проведением занятий с использованием СЭДО Moodle и выработки рекомендаций по совершенствованию работы в части повышения эффективности дистанционного образования в университете).

Результаты исследования и их обсуждение

Объект исследования – СЭДО Moodle. В качестве предмета исследования было выбрано отношение студентов университета к этому образовательному контенту.

В анкетировании приняли участие 1027 респондентов из числа студентов очной формы обучения разных курсов всех учебных подразделений университета уровней бакалавриата, специалитета, магистратуры и аспирантуры. Поскольку анкетирование проводилось онлайн с использованием Google Forms, без планового квотирования количества студентов, на добровольной основе, подавляющее количество опрошенных оказались студентами, обучающимися по программам бакалавриата, доля которых составила 84,7 % от общего количества респондентов. На втором месте с 10,2 % по количеству респондентов, принявших участие в анкетировании, оказались студенты, обучающиеся в специалитете.

Наибольшее количество опрошенных являются студентами инженерно-технического института – 25,3 % и филологического факультета – 21,1 %, что составляет практически половину всех опрошенных. С учетом добровольности проведения опроса данное обстоятельство является очень удачным, так как по техническим и гуманитарным направлениям подготовки приняло участие примерно одинаковое количество респондентов: 412 и 465 человек соответственно.

Свою успеваемость в среднем оценивают на «хорошо» 47,3 % и на «отлично» 16,8 % респондентов, или в сумме 64,1 %, что коррелирует с показателями качественной успеваемости в среднем по университету. Данное обстоятельство указывает изначально на серьезность отношения студентов к проводимому анкетированию, что отразилось на репрезентативности полученных в итоге результатов опроса.

Техническую доступность системы позитивно оценили 91,8 % опрошенных обучающихся, при этом скорость интернета устраивает 78,7 % респондентов. Неполная

удовлетворенность связана с тем, что часть студентов проживает в частных домах без подключенного скоростного интернета.

О возможностях СЭДО Moodle в качестве средства для дистанционного обучения осведомлены в достаточной степени 86,6% опрошенных студентов. Большая часть неосведомленных обучающихся (72,3%) оказалась, как и следовало ожидать, из числа студентов первого курса.

На вопрос о доступности работы в Moodle 83,8% опрошенных ответили, что у них имеется доступ к работе в данной системе в компьютерных классах СВФУ, 89,0% – дома и в общежитии. При этом у 65,9% их персональный компьютер, ноутбук или планшет подключен к скоростному интернету. Эти студенты имеют максимальную мобильность и постоянство обращения к учебной информации, содержащейся в системе, а также возможность непосредственного взаимодействия с преподавателем.

Интерфейс пользователя устраивает 84,0% респондентов, при этом 73,7% опрошенных отметили удобство работы в Moodle. К сожалению, немногие обучающиеся следят за новыми разработками данной образовательной среды, о чем свидетельствуют полученные результаты опроса, показавшие, что только 57,6% опрошенных студентов знакомы с последними версиями Moodle.

Цели, с которыми используется система Moodle, понятны 90,4% обучающихся, 85,1% готовы получать знания с использованием образовательного контента данной системы. При этом 70,5% опрошенных отметили в своих ответах, что используют все возможности, заложенные в Moodle, однако 45,9% респондентов хотели бы получить дополнительные знания по более эффективному использованию данной системы.

По оценке участвовавших в опросе студентов, достаточно полно в организационно-методическом и учебно-методическом планах представлено 74,3% изучаемых дисциплин учебного плана, остальные дисциплины имеют неполный образовательный контент, что, по мнению студентов, осложняет в определенной степени освоение данных дисциплин, так как приходится тратить лишнее время на поиск недостающих материалов, в числе которых различные справочники, государственные стандарты, технические условия и местами даже учебный материал, представленный в усеченном виде.

Ценность СЭДО Moodle заключается в том, что она позволяет сосредоточить в одном образовательном контенте весь необходимый учебный материал по дисциплине,

всю требуемую учебную и учебно-методическую литературу и документацию. Имея всегда под рукой такой информационно насыщенный ресурс, студентам удобнее не только обучаться, но и выполнять индивидуальные задания. Согласно проведенному опросу, 78,9% респондентов активно используют информацию, содержащуюся в системе Moodle, при выполнении курсовых проектов и работ. При этом 92,2% опрошенных студентов используют данный образовательный контент при выполнении других видов СРС.

СЭДО Moodle содержит несколько встроенных в систему учебных модулей. Анкета позволила выяснить, какие модули и насколько активно используются студентами в процессе обучения. Наиболее активно обучающиеся пользуются модулем Тест (92,6%), модулем Индивидуальные задания (91,8%), модулем Лекции (73,9%), модулем Семинар (72,3%). То, что наибольший процент активности показали тесты, вполне объяснимо, так как контрольные срезы качества обучения студентов преподаватели проводят преимущественно с использованием данной системы.

Образовательный контент СЭДО Moodle имеет довольно много различных встроенных в систему инструментов, которые при умелом использовании могут оказать студенту помощь в усвоении дисциплины, а преподавателю – в установлении контактов с обучающимися и контроля их активности и качества обучения. Одна из серий вопросов анкеты была посвящена вопросам, связанным с выяснением, какими сервисами системы пользуются студенты в процессе своего обучения с использованием Moodle. По итогам опроса оказалось, что в форумах однозначно участвуют 26,1% опрошенных студентов, чат используют 24,3% обучающихся, глоссарию пользуются 16,9% респондентов, технологию wiki используют 8,8% опрошенных, в видеоконференциях с преподавателями участвовало 9,3% студентов. О том, как работает обратная связь с преподавателем, знает 25,3% участвовавших в опросе студентов. Ранее опрос с использованием системы Moodle проходили 37,9% респондентов. Полученные довольно скромные данные свидетельствуют в первую очередь о том, что преподаватели не очень активно используют все возможные инструменты, заложенные в СЭДО Moodle.

Следующий блок вопросов был направлен на выяснение степени удовлетворенности обучающихся исследуемым образовательным контентом. Несмотря на довольно высокий процент студентов, использующих

систему Moodle в образовательном процессе, тем не менее 56,6% опрошенных считают использование данной системы формальным явлением. Но при этом 70,7% студентов полагают, что этот образовательный контент должен использоваться обязательно. Причем 69,5% респондентов указали на то, что применение Moodle в университете необходимо расширять.

На вопрос о желании студентов изучать некоторые дисциплины исключительно дистанционно с использованием СЭДО СВФУ, 62,9% ответили утвердительно. Установлено, что 61,3% обучающихся используют учебный материал, содержащийся в Moodle, для самостоятельного освоения изучаемой дисциплины. Тем не менее 52,4% опрошенных студентов считают уместным применение образовательного контента Moodle лишь в качестве дополнительного материала к традиционному обучению.

На вопрос, предоставляет ли СЭДО Moodle возможность упрощения / облегчения освоения дисциплины, утвердительные ответы получены от 89,4% респондентов. Позитивно использование Moodle при изучении технических и естественнонаучных дисциплин оценили 87,8% опрошенных студентов, и 91,9% обучающихся дали утвердительный ответ касательно изучения с использованием данной системы гуманитарных дисциплин.

С тем, что образовательный контент помогает в лучшем усвоении изучаемой дисциплины, согласны 89,3% респондентов. При этом положительно организацию работы в Moodle оценивают 90,7% обучающихся.

Относительно индивидуальной удовлетворенности использования образовательного контента были получены следующие ответы. На возможность получения объективной оценки по изучаемой дисциплине с использованием только СЭДО СВФУ рассчитывают только 37,2% опрошенных студентов. При этом всего 35,6% студентов указали на то, что они имеют возможность получения дистанционно индивидуальных консультаций от преподавателя по предмету. Тем не менее 59,7% респондентов интересно использовать систему Moodle при изучении дисциплины. Скорее всего, среди тех, кому интересен данный контент, числятся те студенты, которым хватает времени на занятия через СЭДО СВФУ. Таких оказалось 62,5%.

Нам было интересно также узнать о мнении студентов относительно того, насколько сами преподаватели грамотно и эффективно используют возможности, заложенные в СЭДО Moodle. Квалификацию преподавателей в части владения исследуе-

мым образовательным контентом на «хорошо» и «отлично» оценили 47,1% опрошенных студентов. При этом качество учебного материала, размещенного в Moodle, высоко оценили 54,7% респондентов. В целом хорошую и отличную оценку образовательной ценности данной системы дистанционного образования дали 57,7% обучающихся.

При удаленной работе со студентами помимо СЭДО Moodle преподаватели университета используют также другие известные программные продукты, которые вполне успешно приспособлены ими для проведения занятий со студентами в дистанционном формате. Сравнив различные инструменты, используемые преподавателями в целях удаленной работы, авторы получили следующие результаты опроса. Проранжировав полученные ответы респондентов по качественной оценке ими различных инструментов для проведения дистанционных занятий и связи с преподавателями, мы получили следующую картину. На первом месте оказался мессенджер WhatsApp, который среди молодежи Якутии пользуется в настоящее время наибольшей популярностью. Основным преимуществом социальных сетей является их высокая мобильность и оперативность в случае использования их в качестве доски объявлений и для обмена различной информацией между преподавателем и студентами. Далее по порядку идут следующие инструменты Zoom (47,6%), СЭДО Moodle (46,3%), Skype (42,6%), Instagram (39,1%) и другие (37,6%), среди которых такие инструменты, как Webinar, BigBlueButton, Google Hangouts и Proficonf. Провайдер Zoom, образовательные возможности которого высоко оценены студентами, используется преподавателями для проведения онлайн-лекций, которые можно организовать на поток обучающихся из 100 человек, правда с ограничением в 40 минут. Большие возможности имеет также сервис Google Meet, возможности которого преподаватели только начинают изучать для проведения удаленных занятий со студентами. Различные комбинации указанных образовательных инструментов используют для дистанционного обучения 84,2% опрошенных студентов.

На вопрос, касающийся интенсивности использования обучающимися СЭДО Moodle для дистанционного обучения и работы, получены следующие ответы. 5 дней в неделю пользуются данной системой 45,5% опрошенных студентов, 22,6% – 4 дня в неделю и 21,7% – 3 дня в неделю. Реже заходят в Moodle 10,2% обучающихся.

В качестве самого ценного и полезного в использовании СЭДО Moodle наибольшее

количество опрошенных студентов отметили следующее: возможность проведения дистанционных занятий, наличие загруженных лекционных материалов, возможность закрепить или изучить материал по дисциплине самостоятельно, возможность прислать выполненную индивидуальную работу в электронном виде и проконсультироваться с преподавателем, возможность проведения самоконтроля успеваемости при помощи тестов, доступность образовательного контента в любое удобное время.

Последний вопрос анкеты касался предложений респондентов по улучшению использования СЭДО Moodle в образовательном процессе. На данный вопрос получено достаточно большое количество ответов, которые содержат, на наш взгляд, очень дельные советы, направленные на повышение эффективности дистанционного обучения при помощи данного образовательного контента.

Сгруппировав полученные предложения, мы имеем следующие рекомендации, направленные на совершенствование образовательной системы Moodle:

- необходимо в системе разделить группы и курсы, часто наблюдается смешение дисциплин, что крайне неудобно для обучающихся;

- на календаре, где отмечены задания, необходимо выставлять только те задания и лекции, которые относятся к данному студенту;

- нужно удалять дисциплины, которые уже пройдены, и добавлять только те дисциплины, которые относятся к курсу конкретного студента, или дать возможность студентам делать это самим;

- надо улучшить интерфейс сайта, сделать общий вид нагляднее, проще и практичнее;

- сообщения, форум и прочий функционал необходимо зафиксировать на видном месте на главной странице;

- необходимо ввести оповещения через мобильное приложение или Push-уведомления или предусмотреть специальную иконку для обращений в адрес студента;

- преподавателям необходимо выставлять на портале видеоматериалы, объясняющие порядок выполнения задаваемых ими индивидуальных работ;

- необходимо увеличить ёмкость сервера, чтобы была возможность загрузки выполненных курсовых работ и проектов одним файлом, так как в лимитированные 5 Мб некоторые работы целиком не помещаются;

- обеспечить совместимость СЭДО Moodle с поисковиками Google, Bing, сервисами Skype, Telegram, Wikipedia, YouTube, WhatsApp, Google Drive;

- необходимо ввести поисковую систему, чтобы был помощник для упрощения поиска нужной информации;

- нужно обучить преподавателей, которые не освоили все возможности Moodle, чтобы повысить эффективность данной обучающей системы;

- необходимо ввести список преподавателей в меню программы, чтобы студенты имели возможность напрямую задать им интересующий вопрос по изучаемой дисциплине.

Заключение

Проведенное исследование позволило выяснить мнение студентов о СЭДО Moodle с точки зрения технических условий её функционирования (доступность, технические характеристики), удобства и возможностей использования (структура, элементы, навигация), организации и качества обучения с использованием образовательного контента (полнота представленности необходимых для обучения материалов, содержание представленных курсов и качество образовательного контента). Полученные в результате опроса данные систематизированы, сформулированы в качестве конкретных практических предложений и переданы в Департамент информатизации университета для совершенствования системы дистанционного образования Северо-Восточного федерального университета.

Список литературы

1. Сероштан М.В., Кетова Н.П. Современные российские университеты: позиционирование, тренды развития, возможности наращивания конкурентных преимуществ // Высшее образование в России. 2020. Т. 29. № 2. С. 27–40. DOI: 10.31992/0869-3617-2020-29-2-27-40.
2. Kaplan A.M., Haenlein M. Higher Education and the Digital Revolution: About MOOCs, SPOCs, Social Media, and the Cookie Monster. Business Horizons. 2016. Vol. 59. № 4. P. 441–450. DOI: 10.1016/j.bushor.2016.03.008.
3. Kellogg S., Edelman A. Massively Open Online Course for Educators (MOOC-Ed) Network Dataset. British Journal of Educational Technology. 2015. Vol. 46. № 5. P. 977–983. DOI: 10.1111/bjet.12312.
4. Fu J.S. ICT in Education: A Critical Literature Review and Its Implications. International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT). 2013. Vol. 9. Issue 1. P. 112–125.
5. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 01.03.2020) «Об образовании в Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 19.05.2020).
6. Паспорт приоритетного проекта «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации». 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71677640/> (дата обращения: 19.05.2020).
7. Кущева Н.Б., Терехова В.И. Современная цифровая образовательная среда в высшем образовании России // Проблемы современной экономики. 2018. № 1 (65). С. 191–194.

УДК 37.03:374.71

ДЕТСКИЕ ШКОЛЫ ИСКУССТВ КАК ЦЕНТРЫ КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СЕЛЕ

¹Лобанова О.Б., ²Плеханова Е.М., ¹Фирер Н.Д., ³Попшой Е.Ю.,
¹Перцева С.А., ¹Карпечина Е.Н.

¹Лесосибирский педагогический институт – филиал ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Лесосибирск, e-mail: olga197109@yandex.ru;

²ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет
им. В.П. Астафьева», Красноярск, e-mail: plem9@mail.ru;

³Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Лесосибирск,
e-mail: ekaterina.zvezdochka.kiseleva@yandex.ru

Авторы анализируют важнейшие направления социокультурной политики государства в сельской местности, нацеленные на обогащение жителей сельской местности новыми культурными достижениями, способствующими личностному развитию каждого члена социума, формированию высокого уровня толерантности в обществе. Объединяя подходы к определению культуры как феномена бытия человека, авторы исходят из представления о том, что культура является важнейшей основой успешной коммуникативной стратегии существования человека в обществе, вследствие чего от поколения к поколению формируются и передаются антропологические ценности, ставшие базовыми при формировании общечеловеческих духовных ценностей. Детская школа искусств, функционирующая в сельской местности, занимает особое место в современной образовательной парадигме. Деятельность детской школы искусств в сельской местности позволяет эффективно решать задачи построения успешной коммуникации в контексте диалога искусств, способствующего трансформации жизненного пространства обучающихся под влиянием активного общения с искусством в целом и творчеством в частности. Задача функционирования учреждений дополнительного образования, расположенных в сельской местности, состоит в утверждении общечеловеческих духовных ценностей, интегрированных в региональную этнокультурную среду, трансляции этих ценностей следующему поколению, приобщении к концептуальным основам традиций, символов, моделей поведения, коммуникативных стратегий, присущих населению, проживающему в данной местности. Выявляются особенности различных форм культурно-просветительской деятельности, способствующей консолидации различных групп сельского населения.

Ключевые слова: сельская местность, дополнительное образование детей, культурно-просветительская деятельность, этнокультурная среда, коммуникативная стратегия, детская школа искусств

CHILDREN'S ART SCHOOLS AS CENTERS OF CULTURAL AND EDUCATIONAL ACTIVITIES IN RURAL AREAS

¹Lobanova O.B., ²Plekhanova E.M., ¹Firer N.D., ³Popshoy E.Yu.,
¹Pertseva S.A., ¹Karpechina E.N.

¹Lesosibirsk Pedagogical Institute, branch of Siberian Federal University,
Lesosibirsk, e-mail: olga197109@yandex.ru;

²Krasnoyarsk State Pedagogical University V.P. Astafiev, Krasnoyarsk, e-mail: plem9@mail.ru;

³Lesosibirsk branch of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Lesosibirsk, e-mail: ekaterina.zvezdochka.kiseleva@yandex.ru

The authors analyze the most important directions of socio-cultural policy of the state in rural areas, aimed at enriching rural residents with new cultural achievements that contribute to the personal development of each member of society, the formation of a high level of tolerance in society. Combining approaches to the definition of culture as a phenomenon of human existence, the authors proceed from the idea that culture is the most important basis for a successful communicative strategy of human existence in society, as a result of which anthropological values are passed from generation to generation, which have become basic in the formation of universal spiritual values. The children's art school, which operates in rural areas, occupies a special place in the modern educational paradigm. The activity of the children's art school in rural areas allows us to effectively solve the problems of building successful communication in the context of a dialogue of arts, which contributes to the transformation of students' living space under the influence of active communication with art in General, and creativity in particular. The task of functioning institutions of additional education located in rural areas is to approve universal spiritual values integrated into the regional ethno-cultural environment, to transmit these values to the next generation, to introduce them to the conceptual foundations of traditions, symbols, behaviors, and communication strategies inherent in the population living in this area. The author identifies the features of various forms of cultural and educational activities that contribute to the consolidation of various groups of the rural population.

Keywords: rural areas, additional education for children, cultural and educational activities, ethno-cultural environment, communication strategy, children's art school

Важнейшее из направлений социокультурной политики государства предполагает обогащение общества новыми достижениями, способствующими личностному

развитию каждого его члена, что, в свою очередь, нацелено на повышение толерантности в социуме в целом. Объединяя подходы к определению культуры как феноме-

на бытия человека, следует иметь в виду, что культура является важнейшей основой успешной коммуникативной стратегии существования человека в обществе, при котором от поколения к поколению формируются и передаются антропологические ценности как основа духовных ценностей человечества. Эта функция культуры, обеспечивающая гармонизацию отношений в семье, обществе и государстве, способна эффективно реализоваться только в процессе формирования единого культурного пространства, актуализирующего коммуникационный опыт каждого из участников социокультурных отношений, гармонично существующий в современном человеке, когда, как считают многие исследователи, «происходит постепенная замена логоцентрической модели понимания мира поликультурной» [1, с. 14]. Актуальность статьи обусловлена тем, что ученые, методисты, педагоги-практики, осознавая мировую культуру как единое пространство усвоения универсальных духовных ценностей, стремятся ориентировать их продуцирование в процессе обучения и воспитания личности ребенка [2]. На решение этой проблемы нацелена деятельность культурных центров территориальных образований регионального уровня (города, села, деревни и др.). В связи с этим целью исследования стала деятельность детских школ искусств как центров культурно-просветительской работы в сельской местности, с учетом того, что обучающиеся таких школ являются одновременно объектами и субъектами образовательной и культурно-просветительской деятельности.

Материалы и методы исследования

Методологической базой исследования стала научно-педагогическая и методическая литература, в которой рассматриваются особенности функционирования сельских детских школ искусств как центров культурно-просветительской деятельности сельских жителей. Эффективными методами нашего исследования стали кластерный анализ материалов, анализ научных источников, интервьюирование студентов – выпускников детских школ искусств, функционирующих в селах, поселках и деревнях Красноярского края.

Результаты исследования и их обсуждение

В современной образовательной парадигме трудно переоценить дополнительное образование детей, нацеленное не только на построение успешной коммуникации в контексте диалога искусств, способству-

ющего трансформации жизненного пространства дошкольника, младшего школьника и подростка под влиянием активного общения с искусством в целом и творчеством в частности. В условиях эффективного функционирования в сельских территориальных образованиях детских школ искусств как культурно-просветительских центров в процессе работы с детьми педагоги стремятся к гармоничному сочетанию важнейших составляющих образовательного процесса: самоопределения, самовоспитания, самореализации личности.

Красноярский край является многонациональным административно-территориальным образованием, администрация которого активно содействует культурно-просветительской деятельности в регионах. В этом контексте особое значение приобретают учреждения дополнительного образования, в которых творческое познание детьми и подростками окружающего мира происходит одновременно с приобщением детей к духовным, общекультурным, нравственным ценностям, способствующим сохранению национальных традиций народов, проживающих в Красноярском крае. Так, деятельность детских школ искусств отражает подготовку к календарным народным праздникам (Наурыз, Масленица, Сабантуй, Акатуй и др.), в процессе которой осуществляется формирование коммуникационных стратегий человека в культурно-историческом контексте, способствующих воспитанию просветителя, не только толерантно и корректно воспринимающего национальное искусство и соответствующие этнокультурные концепты, но и готового актуализировать этнокультурные параллели, определяющие представления детей и подростков о едином многонациональном мире.

Являясь живым, быстро реагирующим на изменение социума, современный образовательный процесс в России и многих государствах мира находится в постоянном развитии, поиске новых форм и средств воздействия на обучающихся. Эта тенденция характерна и для учреждений дополнительного образования, неотъемлемым компонентом деятельности которых является культурно-просветительская работа. На наш взгляд, актуальные для современного человека концептуальные представления отражены в определении «культурно-просветительская деятельность», сформулированном в Основах государственной культурной политики, где эта деятельность рассматривается как «разновидность неформального образования», т.е. она определена как деятельность, направленная

на распространение достижений науки и культуры и других общественно значимых представлений среди преимущественно поликультурного сельского населения. В документе, регламентирующем деятельность учреждений дополнительного образования, подчеркнуто: «...культурно-просветительская деятельность должна проводиться с использованием различных средств и методов, адекватных возрастным особенностям и уровню образования аудитории, осуществляться в интересах человека, семьи, общества и государства» [3, с. 3].

Осмысливая вопросы, связанные с организацией и функционированием центров дополнительного образования, находящихся в сельской местности, мы понимаем, что сегодня село является не только местом проживания и профессиональной деятельности тех, кто производит сельскохозяйственную продукцию. Обладая сложной социально-экономической структурой, современное село развивается в соответствии с иными закономерностями, правилами и традициями, гармонично отражающими другие условия жизнедеятельности людей, не так, как это происходит в малых и больших городах. Общеизвестно, что в жизни современного села/поселка/деревни велика роль ритуалов, обрядов, обычаев, традиций, для него характерны открытость быта, более строгие формы социального контроля поведения личности, приоритет общественного мнения, его определяющее влияние на поведенческие установки личности, более значимая роль всех учреждений культуры и образования. Из всего сказанного становится понятно, что совокупность социокультурных и социально-экономических условий развития современного села не может рассматриваться без фактора воздействия личности, являющейся объектом и субъектом развития. Культурно-просветительская деятельность в наиболее полной мере отражает эту роль сельского жителя. Устойчивое снижение уровня жизни в большинстве малых сел/поселков/деревень Красноярского края приводит к уменьшению средств и ресурсов, которые могут быть привлечены к эффективной культурно-просветительской деятельности. Но функционирование детских школ искусств, способствующее актуализации семейных этнокультурных ценностей (взаимоотношения в семье, воспитание ребенка, отношение представителей разных поколений, взаимоотношение человека и природы, актуализация народных календарных ритуалов и обрядов и др.) может быть эффективным при включении в работу артефактов, сохраняющихся в каждом сельском доме, в каждой семье. Процесс

создания краеведческих музеев, экспозиций, посвященных знаменательным датам и событиям села/поселка/деревни, издания различных летописей, творческих альманахов и др., безусловно, способен включить большинство жителей в культурно-просветительскую деятельность, заставить их осознать жизнь своей семьи и своего рода в контексте жизни края и страны.

Все вышесказанное объясняет то особое внимание, которое сегодня уделяется культурно-просветительской работе учреждений дополнительного образования на селе. Как известно, Распоряжением Правительства РФ от 26 декабря 2014 г. № 2716-р разработана и принята к реализации Программа создания центров культурного развития в малых городах и сельской местности. Указанный регламентирующий документ нацелен на обеспечение максимального вовлечения населения в социально-культурную и творческую деятельность посредством создания «новых возможностей для культурного обмена и творческой самореализации, духовного обогащения и культурного развития» [4]. Разрабатывая и реализуя соответствующие культурно-просветительские и социо-культурные проекты, детские школы искусств комплексно решают задачи развития личности обучающихся с учетом культурно-исторического и этнокультурного контекста. Это позволяет посредством интерактивной коммуникационной среды приобщать обучающихся к богатствам музыкального и художественного искусства, формировать у детей эстетический вкус. Востребованы такие формы работы, как «Музей одной картины», «Виртуальная экскурсия», «Любимая песня моей бабушки», «Любимая мелодия моей семьи» и др.

Деятельности детских школ искусств в сельской местности посвящены работы В.И. Антоновой, В.О. Борисова, О.В. Егоровой, А.С. Елагиной, М.П. Наумовой, в которых отмечается изменение вектора современной культурной политики. Сельские детские школы искусств в настоящее время являются свидетельством отмеченной исследователями тенденции развития современной культуры. Так, специалисты пишут: «Культурный институт в прямом смысле чаще всего соотносится с различными организациями и учреждениями, непосредственно, напрямую осуществляющими функции сохранения, трансляции, развития, изучения культуры и культурно значимых явлений» [5, с. 73].

Педагоги и методисты отмечают, что детская школа искусств, являясь культурным и образовательным центром села, активно создает оптимальные условия форми-

рования у ребенка представлений о самом себе, об окружающем мире. На это направлены такие образовательные программы, как «Музыкальный фольклор», «Хореографическое творчество», «Народные инструменты», «Театральная студия», «Поэтическая мастерская» и др.

Концептуальность традиций, символов, моделей поведения, коммуникативных стратегий в различных этнокультурах, отражая многовековой путь развития человека, его духовной сферы, требует от современного человека бережного отношения к культурному наследию, предполагая сосредоточение усилий не только на сохранении культурных и духовных ценностей прошлого, но и на транслировании опыта предков в настоящее. Поэтому так важно предоставить возможность современному сельскому жителю состояться как личности, осознающей ответственность за актуализацию общекультурных духовных ценностей в современной жизни. Именно острое осознание собственной ответственности перед прошлым и будущим делает культурно-просветительскую деятельность актуальной, востребованной, плодотворной.

Соединяя творчество, образование и досуг, являясь многогранной деятельностью современного человека, культурно-просветительская работа оказывается актуальна и интересна разным по интересам потребителям культуры, объединяя их в различные творческие группы. Например, обучающимися в детских школах искусств являются и дети с особыми возможностями развития, в том числе дети-инвалиды.

Так, в детской школе искусств Детско-юношеского центра Северо-Енисейского района разработан и активно реализуется проект «Давай светить», который был разработан и реализован в 2019 г. Проект нацелен на вовлечение детей-инвалидов в творческую деятельность и предполагает систематическую работу с ними в течение нескольких лет. Куратором проекта стала Ю.А. Котовская, руководитель музыкальной студии «ЮЛА». Ключевыми мероприятиями проекта стали концертные программы ко Дню инвалида, новогодние утренники (совместно с комплексным центром ДЮОЦ), конкурсные программы ко Дню матери, а также Праздники творчества детей с особыми возможностями развития.

Одним из героев проекта стал подросток-инвалид Леонид Агиенко (12 лет), в творческой копилке которого 12 книг, составленных из написанных мальчиком рассказов и сказок, ранее опубликованных в местных СМИ. Одно из произведений было опубликовано в в крупном региональ-

ном сборнике творческих работ сибирских молодых авторов.

В многочисленных работах, посвященных культуре современного человека, специалисты бьют тревогу по поводу кризиса нравственно-духовной сферы современного человека, особенно сельского жителя; они отмечают трудности социальной идентификации личности, усиливающуюся угрозу девальвации конструктивных ценностей, растущей материальной и социальной поляризации населения и т.д. Специалисты (О.В. Егорова, И.В. Дмитриева и др.) предупреждают о резком снижении интереса общества к культурным институтам и роли села в жизни современного человека. Они призывают обратить особое внимание на решение проблемы создания и развития центров культуры в сельской местности [5]. Детская школа искусств на селе является очагом творческой, культурно-просветительской деятельности, ведет методическую работу, направленную на совершенствование образовательного процесса по следующим направлениям: выявление и развитие способностей детей, их интересов и склонностей; оказание дополнительных образовательных услуг исключительно бесплатно; организация и проведение общественно-значимых мероприятий в сфере образования; организация и проведение просветительских, культурно-массовых мероприятий в районе; социально-педагогическое сопровождение образовательного процесса (профилактическая и коррекционная работа по выявленным социально-педагогическим проблемам учащихся).

Разнообразна палитра творческих мероприятий, посредством которых детские школы искусств привлекают к культурно-творческой деятельности широкую аудиторию, состоящую из различных групп (родители и родственники обучающихся, партнеры и спонсоры, волонтеры, гости: престарелые люди, воспитанники школ-интернатов, дети из детских садов и др.). Наиболее востребованными формами творческих мероприятий являются фестивали («Ступени»), форумы («Российское могущество прирастает будет Сибирью...»), мастер-классы (по фольклору: «Реконструкция народного обряда»; по технике точечной росписи: «Африканские слоны»), квест-игра («Путешествие в мир искусства»), выставки («Женское лицо Победы», «Портрет солдата», «Космические путешествия», «Мои впечатления»), литературные и музыкальные гостиные («Вечер романса», «В салоне графини Евдокии Ростопчиной»). Педагоги и методисты среди других форм культурно-просветительской деятельности

указали следующие: «организация и проведение лекториев для сельского слушателя; праздничные тематические концерты для различных слоев населения; организация выставочных работ обучающихся в рамках культурно-просветительской деятельности школы искусств, <...> посиделки в интерьерах сельских изб и других достопримечательных мест» [6]. Важно отметить, что организация и проведение таких масштабных и трудоемких мероприятий позволяет задействовать всех, кто хочет проявить себя в просветительской деятельности, так как количество задействованных детей, их родителей, волонтеров и др. придает особую значимость и торжественность мероприятию. А в подготовке афиш, рекламы, создании каталога выставки, программы концерта, мастер-класса, приглашений для почетных гостей, костюмов участников мероприятия, оформления аудитории и т.п. может найти себе дело по душе каждый потенциальный участник. Безусловно, методика организации и проведения культурно-просветительских мероприятий в сельской местности предполагает учет особенностей территории, на которой расположена детская школа искусств, этнокультурной специфики региона, культурно-исторического контекста становления и формирования территориального образования и т.д.

Оценивая значение учреждений дополнительного образования в сельской местности, С.А. Морозова пишет об «ограниченности представленных культурно-досуговых учреждений и центров», «локальности социокультурной среды» и др. [7]. Это заставляет учреждения дополнительного образования ориентироваться на постоянный контингент, расширение форм и методов культурно-просветительской работы, нацелено работать на поддержание интереса взрослой и детской аудитории.

Выводы

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что культурно-просветитель-

ская деятельность детской школы искусств в сельской местности позволяет сочетать в образовательном процессе нацеленность на самоопределение, самовоспитание, самореализацию личности обучающегося с поиском инновационных и интерактивных форм. Концептуальность традиций, моделей поведения сельского жителя, его коммуникативных стратегий в различных этнокультурах требует от современного человека бережного отношения к культурному наследию, предполагая сосредоточение усилий не только на сохранении культурных и духовных ценностей прошлого, но транслирование их в жизнь современного человека, на это и нацелена деятельность детской школы искусств в сельской местности.

Список литературы

1. Бахор Т.А. Обучение будущих учителей литературы методам анализа художественного произведения // Проблемы современного педагогического образования: сб. науч. тр. / Гл. ред. проф. А.В. Глузман. Ялта: РИО ГПА, 2019. Вып. 64. Ч. 4. С. 13–16.
2. Плеханова Е.М., Лобанова О.Б. Формирование духовных потребностей у детей младшего школьного возраста средствами искусства // Научное обозрение. Педагогические науки. 2017. № 6–1. С. 104–113. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1704> (дата обращения: 10.05.2020).
3. Концепция развития дополнительного образования детей в РФ от 04.09.2014 № 1726-р. [Электронный ресурс]. URL: <http://school6sp.ru/wp-content/uploads/2013/10/Kontsepsiya-razvitiya-dopobrazovaniya.pdf> (дата обращения: 10.05.2020).
4. Программа создания центров культурного развития в малых городах и сельской местности РФ от 26.12.2014 № 2716-р. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420244623> (дата обращения: 10.05.2020).
5. Егорова О.В., Дмитриева И.В. Трансформация социальных институтов культуры на селе с советского периода до современности // Вестник Чувашского университета. 2019. № 4. С. 73–83.
6. Бауэр Э.А. Культурное воспитание детей и подростков: Германия и Россия // Инновационные технологии в воспитании детей. 2017. № 8. С. 105–108.
7. Морозова С.А. Анализ передового педагогического опыта организации культурно-просветительской деятельности в современной школе // Педагогический журнал. 2016. № 1. С. 45–50.

УДК 796.421

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОТБОРА МУЗЫКАЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА В СПОРТИВНОЙ ХОДЬБЕ

Машина В.Е., Синельник Е.В.

*Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск,
e-mail: sinelnik-ev@mail.ru*

В статье представлены результаты теоретического обоснования подбора музыкального сопровождения тренировочного процесса в спортивной ходьбе. Предлагается рассмотреть музыкальное сопровождение как средство, сохраняющее или улучшающее функциональное состояние спортсменов в тренировочном процессе в спортивной ходьбе. Проблема исследования заключается в том, что в настоящее время использование музыкального сопровождения в подготовке часто используется спортсменами в циклических видах спорта в целом и в легкой атлетике в частности. Но при этом в научной литературе отсутствуют фактические научные данные, описывающие физиологические, функциональные и тренировочные эффекты, которые оказывает музыкальное сопровождение на организм спортсменов, специализирующихся в спортивной ходьбе в процессе тренировки. Исследование было проведено с использованием следующих методов: теоретический анализ литературных источников; описание; обобщение, мобильное приложение «Spectroid». Во время проведения исследования с помощью оценки и измерения музыкальных параметров и характеристик выявлены следующие критерии отбора музыкального сопровождения, такие как синхронность музыки, ее частота, ритм и темп, а также сочетаемость этих критериев. Исходя из представленных критериев, в плейлист, который будет использоваться в тренировочном процессе в спортивной ходьбе, были включены такие направления, как рок, хеви-метал и классическая музыка в современной обработке.

Ключевые слова: музыка, спортивная ходьба, тренировочный процесс, функциональное состояние

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF CRITERIA FOR SELECTION OF MUSICAL SUPPORT OF THE TRAINING PROCESS IN SPORTS WALKING

Mashina V.E., Sinelnik E.V.

Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, e-mail: sinelnik-ev@mail.ru

The article presents the results of a theoretical justification for the selection of the musical accompaniment of the training process in race walking. It is proposed to consider musical accompaniment as a means of preserving or improving the functional state of athletes in the training process of sports walking. The research problem is that at present, the use of musical accompaniment in training is often used by athletes in cyclic sports in general and in athletics in particular. But at the same time, in the scientific literature there is no actual scientific data describing the physiological, functional and training effects that musical accompaniment has on the body of athletes specializing in walking in the training process. The study was conducted using the following methods: theoretical analysis of literary sources; description; generalization, Spectroid mobile application. During the study, by evaluating and measuring musical parameters and characteristics, the following selection criteria for musical accompaniment, such as the synchronism of music, its frequency, rhythm and tempo, as well as the compatibility of these criteria, were identified. Based on the presented criteria, the selection of a musical playlist that will be used in the training process in race walking included such areas as rock, heavy metal, and classical music in a modern twist.

Keywords: music, walking, training process, functional state

Современный олимпийский спорт предъявляет высокие требования к физической, психической, технической и тактической подготовленности спортсменов. Высокий уровень физической подготовленности – одно из важных условий для повышения тренировочных и соревновательных нагрузок. За последние 20–25 лет показатели нагрузок у сильнейших спортсменов мира увеличились в 3–4 раза [1]. Вследствие этого резко возросло количество спортсменов с симптомами перетренированности, физического и психического перенапряжения. Кроме того, в циклических видах спорта, таких как марафонский бег и спортивная ходьба, нагрузка носит однотипный характер и является фактором, вызывающим торможение центральной нерв-

ной системы, состояние монотонии, что отрицательно сказывается на успешности и эффективности тренировочного процесса. Многие ученые ищут способы устранения данной проблемы. К одному из малоизученных и практически не применяемых в тренировочной практике циклических видов спорта способов относится использование музыкального сопровождения в процессе тренировки. Вопрос о влиянии музыки на функциональное состояние спортсменов в настоящее время мало изучен и требует новых экспериментальных подходов и исследований.

Проблема исследования заключается в том, что в настоящее время использование музыкального сопровождения в подготовке используется спортсменами в циклических

видах спорта в целом и в легкой атлетике в частности. Но при этом в научной литературе отсутствуют фактические научные данные, описывающие физиологические, функциональные и тренировочные эффекты, которые оказывает музыкальное сопровождение на организм спортсменов, специализирующихся в спортивной ходьбе в процессе тренировки.

Цель исследования: определить критерии отбора музыкального сопровождения тренировочного процесса в спортивной ходьбе.

Для достижения поставленной цели нами использовались следующие методы исследования: теоретический анализ литературных источников; описание; обобщение, мобильное приложение «Spectroid».

Результаты исследования и их обсуждение

В тренировочном процессе скороходов в подготовительном периоде специально-подготовительного этапа наблюдается высокий объем и интенсивность физических нагрузок, из-за чего повышается вероятность возникновения негативных психических состояний, таких как монотония, состояние неуверенности и страха предстартовой готовности, депрессия, состояние гиперпрозекции, психосоматический срыв и, как следствие, фрустрация [2]. Для того чтобы предотвратить данные негативные психические состояния, существует множество действенных средств, но каждое затрагивает и корректирует только одну сторону: или физическое, или психическое состояние спортсмена. Поэтому в нашем исследовании предлагается использовать музыкальное сопровождение в тренировочном процессе, так как, по нашим размышлениям, музыка воздействует на весь спектр возможных функциональных состояний.

Рассмотрим проявление музыкального влияния с точки зрения физики.

Музыка – это продольные звуковые волны, которые могут менять свои параметры даже при любом изменении мерности пространства. Тогда человек, вошедший в комнату с музыкой, вызовет перераспределение волн, и, одновременно проходя через человеческое тело, они приведут клетки в изменённое состояние до времени их рассеивания. При этом человек переживает соответствующие эмоции. Таким образом, звуки вызывают у человека вынужденные эмоции, это говорит о том, что звук влияет на эмоциональную сферу, настроение, работу мозга.

Звуковые волны чередуются между собой с различной частотой, поэтому звуки

имеют различную высоту, которая измеряется в герцах (число звуковых колебаний в секунду).

В работах П.П. Гаряева (1993) показано, что звуки низкой частоты оказывают негативное воздействие на человека, вызывают упадок сил и депрессию. Разрушительным действием обладают звуки бас-гитары, направления джаз, фокстрот, блюз, рэп, что оказывает влияние на состояние спинномозговой жидкости, функционирование желез, происходит изменение уровня инсулина в крови, снижается самоконтроль [3].

Анализ современной литературы выявил, что основное воздействие музыкального сопровождения на человека заключается в улучшении настроения, контроле возбуждения, снижении воспринимаемой нагрузки, повышении производительности труда, закреплении навыков, отстранении от ощущения боли и усталости. Использование перечисленных преимуществ возможно в том случае, когда музыкальные составляющие подобраны под определенные факторы ритм-отклика: темпа, ритма, частоты, музыкальности, культурного влияния и внемusicalных ассоциаций. Простым примером будет тенденция людей реагировать на ритмические качества музыки, синхронизируя паттерны (шаблоны) движения с темпом (скоростью музыки) [4].

Синхронная музыка, как было достоверно показано, производит эргогенный (повышающий работоспособность) эффект. Поэтому если подобрать музыку с определенными параметрами, подходящими под цикл движения в циклических видах спорта, и синхронизировать ее с оптимальным темпом движений, то функции работоспособности, выносливости организма и экономичность движений, несомненно, повысятся. Асинхронная или фоновая музыка вызывает менее предсказуемые реакции, а полезные эффекты менее надежны, хотя при соблюдении определенных принципов сохраняется значительный потенциал. К примеру, быстрая, приподнятая музыка производит стимулирующий эффект, в то время как медленная, мягкая музыка производит успокаивающий эффект [5]. Подобно настройке музыкального инструмента с помощью камертона, музыка способна помочь настроить человека на нужную частоту.

В работах Е.В. Серебряковой (2014) говорится, что человек рождается с установкой на музыкальные ритмы своей нации – так действует его генная память. Последние исследования в области генетики показали, что ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) человека способна подчиняться специфическим командам лингвисти-

ческой природы, имеющей вибрационную и мелодическую определённую. На основе современной теории влияния музыки на структуру ДНК канадского ученого Роберта Коксона возникает технология музыкального ГЛП (генно-лингвистического программирования). Согласно канадской теории, с помощью специально подобранного комплекса музыки осуществляется воздействие на информационную структуру ДНК человека. Эта гипотеза в настоящее время находит всё большее подтверждение в исследовательских центрах мира и открывает значительные возможности для использования современных музыкально-терапевтических методов в лечебных целях. Возможности метода музыкального воздействия в комплексной профилактике и лечении негативных психических состояний имеют большие перспективы, но до сих пор недооценивались и не использовались в полной мере [6].

Важным явлением при включении в тренировочный процесс музыки становится «состояние потока». Под состоянием потока понимается состояние, при котором спортсмен абстрагируется от утомления и усталости, а его мозг и тело работают в тесной гармонии с нацеленностью на решение задачи. Данное явление описано американским психологом Михайлом Чиксентмихайи (2018) [7].

Синхронная музыка, по исследованиям С.И. Karageorghis, Р.С. Terry (2012), производит эргогенный эффект. Поэтому если подобрать музыку с параметрами, подходящими под цикл движения в циклических видах спорта и синхронизировать ее с темпом движений, то функции работоспособности, выносливости организма и экономичность движений, несомненно, повысятся. В настоящее время научные исследования в области использования музыки в тренировочном процессе спортсменов малочисленны. Но Р.С. Terry и С.И. Karageorghis (2012) в своих работах вывели основные аспекты воздействия музыки и стандартизировали методы подбора произведений [8]. Это помогло вывести изучение данной темы на достойный качественный уровень. Использование музыкального сопровождения при физических нагрузках обеспечивает:

1. Регулировку специфических эмоций и настроения (повышение положительного и снижение негативного эмоционального фона).
2. Активацию или расслабление перед событием.
3. Снижение оценки воспринимаемой нагрузки, особенно во время аэробных тренировок.

4. Отстранение от неприятных ощущений, таких как боль и усталость.

5. Увеличение коэффициента полезного действия (КПД) работы через синхронизацию музыки с движением.

6. Активизацию ассоциаций и других когнитивных процессов.

7. Улучшение двигательных навыков, когда ритм или ассоциация соответствуют требуемым моделям движения.

8. Повышение вероятности достижения спортсменами состояния потока.

9. Оптимизацию всех систем функционального состояния.

Стоит отметить, что использование активной музыки до начала занятий имеет стимулирующий эффект, помогающий оптимизировать подготовку и психологическое состояние спортсмена. В то же время использование спокойной размеренной музыки после тренировочного процесса способствует восстановлению.

Все эти реакции на звуковой ряд обеспечивают баланс психофизиологической системы организма, слияние в единый консонанс души, тела и разума человека. Главными факторами, влияющими на восприимчивость к музыке во время нагрузок, были отмечены ритм и общая гармония произведения (характеризуемая как слаженная, соразмерная последовательность звуков, приятная слуху, с оптимальным соотношением высоких, средних и низких частот). Второстепенным фактором стал жанр исполнения. Наиболее подходящим под термин гармоничное произведение подходит такой жанр, как классическая музыка [9].

Таким образом, анализ литературных источников выявил, что в настоящее время воздействие музыки на подготовку спортсменов изучено не полностью и имеет общую направленность, без учета специфики вида спорта, периода подготовки, индивидуальных особенностей спортсмена, что открывает большие перспективы разработки данного научного направления. Мы предлагаем вам рассмотреть проведенное нами исследование воздействия музыки на функциональное состояние спортсменов, специализирующихся в спортивной ходьбе.

Подготовка спортсмена-скорохода в подготовительном периоде специально-подготовительного этапа подразумевает большие по объему и интенсивности нагрузки [10]. Для благоприятного функционального состояния спортсмена во время тренировочного процесса необходимо грамотно подобрать музыкальный ряд, который будет обеспечивать стимулирование вхождения человека в состояние потока и облегчать симптомы неблагоприятных

психических состояний. Музыкальный ряд должен подбираться под каждую тренировку индивидуально, исходя из методов физического упражнения, выбранного тренером.

Проанализировав литературные источники по физиологии, а также, в частности, психо-, нейрофизиологии и психологии человека, мы выявили требования к выбору музыкального ряда.

Для наиболее благоприятного эффекта от тренировочного процесса выбор музыкального ряда должен соответствовать следующим критериям:

1. Музыка должна быть синхронной. Это означает, что в музыке должен присутствовать музыкальный квадрат, который состоит из двух составляющих – функционально-гармонической, являющейся качественной характеристикой, и тактовой – количественной характеристикой (например, качественной характеристикой музыкального квадрата гитарной музыки будут лады, аккорды будут наложенной импровизацией, а количественной характеристикой будут такты). Синхронная музыка может встречаться в различных жанрах музыки, но ее преобладание отмечено в классическом жанре, рок- и поп-направлениях. Синхронность музыки повышает эргогенный эффект, то есть увеличивает работоспособность спортсмена при тренировке.

2. В музыке должны по содержанию преобладать высокие частоты. То есть число звуковых колебаний в секунду, измеряемое в герцах (Гц), должно быть от 10 до 15 кГц. Для определения преобладания высоких частот в музыкальных произведениях нашего исследования мы использовали мобильное приложение «Spectroid». В ходе исследования выявлено, что к музыкальным направлениям с преобладанием высоких частот относятся рок, хеви-метал и классическая музыка. Для определения высоких частот мы также использовали шкалу звукового спектра.

3. Музыка должна иметь повышенную скорость темпа. Музыкальный темп – это скорость исполнения музыки (скорость смены музыкальных нот). Темп измеряется в BPM (beats per minute – от англ. удары в минуту). BPM – это количество долей в минуту, например 120 BPM означает, что в минуту играет 120 долей (следовательно, 2 доли в секунду), или 120 ударов метронома в минуту. Стоит отметить, что у синхронной музыки количество долей обязательно четное. Для отбора музыкальных композиций, включаемых в наше исследование, мы использовали мобильное приложение «Metronome», чтобы подобрать

музыку, соответствующую указанным выше критериям темпа.

4. Музыка должна обладать ритмичностью. Для того чтобы измерить ритм, нужно знать понятие такта. Такт – это расстояние (время) от одной сильной доли до следующей. Один такт содержит одну сильную долю и несколько слабых. Такт измеряется в составляющих музыкального метра, где отсчет ведется с сильной, таким образом указывается размер музыкального произведения. Музыкальный ритм можно измерить с помощью метронома. В нашем исследовании мы использовали мобильное приложение «Metronome». Наиболее благоприятным для спортивной ходьбы будет размер музыки две четверти, так как именно при таком размере паттерны движения наиболее синхронно будут совпадать с музыкой.

Опираясь на выявленные критерии подбора музыкального сопровождения, авторы выявили, что им соответствуют такие направления, как рок, хеви-метал и классическая музыка. В работах P.C. Terry и C.I. Karageorghis (2012) указано, что высокочастотная музыка благотворно влияет на функциональное состояние человека. Но есть такая особенность: когда верхние высокочастотные звуки более 15 кГц преобладают в музыкальной композиции, то концентрация внимания с управления двигательными действиями может сместиться на прослушивание музыкальной композиции [10]. Такое преобладание верхних высокочастотных звуков есть во многих классических произведениях. Из этого мы сделали вывод: чтобы включить в плейлист классическую музыку, мы будем ее использовать в современной обработке, где к высоким частотам добавятся средние, что поможет спортсмену лучше концентрироваться на двигательных действиях. В классической музыке современной обработки увеличится темп музыкального произведения, что позволит спортсмену лучше синхронизировать паттерны движения спортивной ходьбы с темпом музыки.

Исходя из представленных выше критериев, в подбор музыкального плей-листа для нашего исследования предлагается включить такие направления, как рок, хеви-метал и классическую музыку в современной обработке. Так как исследование будет проводиться в подготовительном периоде специально-подготовительного этапа, то в тренировочный процесс преимущественно включается чередование равномерного, повторного и интервального методов. Мы выявили, что для равномерной по скорости и интенсивности работы спортсмену подойдет плей-лист с классической

музыкой в современной обработке, а при интервальном и повторном методе тренировки лучше использовать такие направления, как рок и хеви-метал, что поможет активизировать спортсменов на работу высокой скорости и интенсивности.

Выводы

1. Анализ научно-методической литературы позволил определить следующие критерии отбора музыкального сопровождения: синхронность музыки, ее частота, ритм и темп, а также их сочетаемость.

2. На основе критериев отбора музыкального сопровождения и особенностей тренировочного процесса в подготовительном периоде специально-подготовительного этапа тренировки в спортивной ходьбе нами были определены направления музыки, которые им соответствовали: рок, хеви-метал, классическая музыка в современной обработке.

Список литературы

1. Королев Г.И. Да здравствует ходьба! Энциклопедия ходьбы человека. Изд. 2-е, доп. М.: Мир атлетов, 2003. 538 с.

2. Смоленцева В.Н. О психотехниках, психических состояниях и их регуляции в спорте. Изд. 2-е, доп. Омск: Изд. СибГУФК, 2012. 144 с.

3. Гаряев П.П. Волновой генетический код. М., 1997. 108 с.

4. Бреан А., Скейе Г. Музыка и мозг. М.: Альпина Паблишер, 2020. 295 с.

5. Талибов А.Х., Джалилов С.А., Дмитриева Е.С. Динамика состояния здоровья и работоспособности спортсменов на различных этапах многолетней тренировки // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2019. № 2 (168). С. 345–348.

6. Серебрякова Е.А. Влияние музыки на психофизическое состояние человека // Вестник Брянского государственного университета. 2014. № 1. С. 258–263.

7. Чиксентмихайи М., Латтер Ф., Вейнкауфф К. Бегущий в потоке. Как получать удовольствие от спорта и улучшать результаты. М., 2018. 269 с.

8. Karageorghis C.I., Terry P.C., Lane A.M., Bishop D.T., Priest D.L. The bases expert statement on use of music in exercise. J. Sports Sci. 2012. № 9. P. 953–956. DOI: 10.1080/02640414.2012.676665.

9. Waterhouse Y., Hudson P., Edwards B. Effects of music tempo upon submaximal cycling performance. Med Sci Sports. 2010. Vol. 20. № 4. P. 662–669. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.00948.x.

10. Terry P.C., Karageorghis C.I. Psychophysical effects of music in sport and exercise: an update on theory, research and application. Proceedings of the Joint Conference of the Australian Psychological Society and the New Zealand Psychological Society, Melbourne: Australian Psychological Society, 2009. № 12. P. 415–419.

УДК 371.3:372.857

**ВИРТУАЛЬНАЯ ЭКСКУРСИЯ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ
У ОБУЧАЮЩИХСЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА К БИОЛОГИИ****Михайлова О.С., Потапкин Е.Н.***ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: olgamihailova1995@mail.ru*

Выполненное исследование базировалось на применении системы методов, среди которых ведущие позиции занимали следующие группы: теоретические – анализ литературных и электронных источников научной информации по сущности проблемы с последующим обобщением, систематизацией и интерпретацией выявленных фактов; эмпирические – педагогический эксперимент с использованием возможностей педагогического наблюдения за процессом обучения биологии, дополненное анкетированием участников образовательных отношений и беседами с ними. Осуществление экспериментальной деятельности позволило определить актуальность рассматриваемой проблемы организации виртуальной экскурсии в качестве средства формирования познавательного интереса обучающихся и ее значение для современного учителя биологии. Системное использование виртуальной биологической экскурсии позволяет обеспечить устойчивый познавательный интерес, который активизирует умственные усилия обучающихся, что позволяет добиваться позитивных изменений при решении разнообразных интеллектуальных задач. В качестве основного недостатка виртуальных экскурсий в учебном процессе была обозначена методическая неподготовленность ее использования большинством учителей биологии. Для устранения выявленных недочетов был разработан алгоритм конструирования виртуальных биологических экскурсий, определено необходимое информационно-материальное обеспечение, разработаны три варианта таких экскурсий по изучению кровеносной, дыхательной и пищеварительной систем организма человека. Результаты заключительного этапа экспериментальной работы позволяют отметить достигнутые и закреплённые положительные установки обучающихся на овладение биологическим материалом в условиях систематического использования виртуальных экскурсий.

Ключевые слова: обучение биологии, виртуальность, биологическая экскурсия, виртуальная биологическая экскурсия, живая природа, организм человека, познавательный интерес к изучению биологии, алгоритм, конструирование, информационно-материальное обеспечение

**VIRTUAL TOUR AS A MEANS OF FORMING STUDENTS
COGNITIVE INTEREST IN BIOLOGY****Mikhaylova O.S., Potapkin E.N.***Mordovian State Pedagogical Institute named after M.E. Evsevev, Saransk,
e-mail: olgamihailova1995@mail.ru*

The research was based on the application of a system of methods, among which the leading positions were held by the following groups: theoretical – analysis of literary and electronic sources of scientific information on the essence of the problem with subsequent generalization, systematization and interpretation of the revealed facts; empirical – pedagogical experiment using the possibilities of pedagogical observation of the process of teaching biology, supplemented by questionnaires of participants in educational relations and conversations with them. The implementation of experimental activities allowed us to determine the relevance of the considered problem of organizing a virtual tour as a means of forming students' cognitive interest and its significance for a modern biology teacher. The systematic use of virtual biological excursions allows us to provide a stable cognitive interest that activates the mental efforts of students, which allows us to achieve positive changes in solving a variety of intellectual tasks. The main drawback of virtual excursions in the educational process was identified as the methodological unpreparedness of its use by most biology teachers. To eliminate the identified shortcomings, an algorithm for constructing virtual biological excursions was developed, the necessary information and material support was determined, and three variants of such excursions were developed to study the circulatory, respiratory and digestive systems of the human body. The results of the final stage of the experimental work allow us to note the achieved and fixed positive attitudes of students to master the biological material in the conditions of systematic use of virtual excursions.

Keyword: biology training, virtuality, biological excursion, virtual biological excursion, wildlife, human body, cognitive interest in studying biology, algorithm, construction, information and mate

В настоящее время функционирование российской системы общего образования определяется положениями Федерального государственного образовательного стандарта, в котором достаточно подробно обозначены предметные, метапредметные и личностные результаты обучения, в частности обучения биологии [1, с. 48, 2, с. 138]. Достижение данных результатов было бы

проблематичным без наличия у обучающихся интереса к изучению школьной биологии. В этой связи представляется понятным, почему данная проблема волнует исследователей, как нашего времени, так и прошлого. Известно, что еще основоположники научной педагогики Я.А. Коменский, И.Ф. Герbart считали невозможным полноценное обучение, если у школьника отсутствует

интерес к изучаемому предмету. Сходного подхода придерживался и великий отечественный педагог К.Д. Ушинский, который указывал, что «интерес – основной внутренний механизм успешного учения» [3, с. 256]. Таким образом, среди всех мотивов учебной деятельности самым действенным является познавательный интерес.

Под познавательным интересом понимаю особую избирательную направленность психических процессов человека на явления и объекты реального мира, что находит свое выражение в стремлении личности заниматься конкретной деятельностью. Первичной формой познавательного интереса является любопытство, из которого в последующем развивается любознательность и увлеченность предметом. Познавательный интерес активизирует умственную деятельность обучающихся и направляет ее на решение разнообразных интеллектуальных задач.

При изучении биологии познавательный интерес связан с наличием у обучающихся интереса к живой природе, поскольку она способна стимулировать и мотивировать школьников на осознанное участие в трудовой, исследовательской и творческой деятельности по преобразованию реальности.

Эффективность биологической подготовки обучающихся напрямую определяется умением учителя использовать все многообразие доступных ему форм, методов и средств, которые позволяют настолько обеспечить «погружение» школьников в содержание биологии, что образовательный процесс в значительной степени приобретает интенсивные черты. В условиях, когда имеет место сокращение программного времени на организацию биологических экскурсий, внимание педагогов обращается к инновационным формам организации обучения. Среди таких форм не последнее место занимает виртуальная экскурсия по изучению биологических объектов или явлений.

Виртуальная экскурсия становится все более востребованной в образовательном пространстве нашей страны, однако учитель к лучшему представлению и использованию ее в обучении мало готов.

Целью выполненного исследования являлось обобщение опыта формирования познавательного интереса обучающихся к биологии в условиях использования возможностей виртуальной экскурсии.

Материалы и методы исследования

В настоящее время под виртуальностью (от лат. *virtualis* – возможный) понимают мир, не имеющий физического воплощения,

относящийся к реальности константной как самостоятельная и автономная реальность, существующая лишь во временных рамках процесса ее порождения и поддержания ее существования [4, с. 195]. Ярким выражением подобного мира в форме инновационной технологии, направленной на организацию личностно-мотивированной познавательной деятельности обучающихся и основанной на доступной коммуникации, будет выступать виртуальная экскурсия.

Обозначим достоинства такой формы изучения биологии:

- наличие возможности, не покидая учебного кабинета, изучить объекты живой природы, музеев или научных лабораторий, расположенных в любой области нашей планеты;

- отсутствие влияния погодных условий на сроки и время проведения виртуальной экскурсии;

- наличие возможности для учителя подобрать учебный материал и определить оптимальный маршрут его развертывания, основываясь на обязательном учете уровня биологической подготовки обучающихся и их готовности к процессу познания разнообразных биологических объектов;

- способствование организации исследовательской деятельности школьников при овладении ими методами поиска и обработки информации с помощью компьютера, практическими умениями самостоятельного наблюдения и анализа;

- наглядное и доступное изучение сложного материала через реализацию возможности повторного просмотра, что особенно важно для обучающихся, обладающих замедленной скоростью восприятия или имеющих проблемы с запоминанием;

- способствование закреплению у обучающихся умений и навыков применения современных компьютерных технологий в различных – и не только учебных – ситуациях.

Кроме того, виртуальная экскурсия выступает как фактически единственная доступная форма познания окружающего мира для людей с ограниченными возможностями здоровья [5, с. 22].

Внедрение виртуальных экскурсий в практику обучения биологии имеет объективные причины. Экскурсия, как форма организации обучения, занимает особое место в биологической подготовке обучающихся. Для школьных биологических экскурсий характерно то, что они требуют значительных временных затрат от учителя на их подготовку и проведение. В ходе экскурсии учитель имеет возможность использовать наблюдение, несложные эксперименты, различные виды объяснения или

беседы, самостоятельную работу обучающихся и т.п. [6, с. 645].

Приобретенные школьниками в ходе биологических экскурсий умения воспринимать природу такой, какая она есть в действительности, позволяют:

- формировать у них целостную картину бытия, включающую знания о взаимосвязи природы и общества, о роли и месте человека в окружающем его мире;

- овладеть адекватными методами исследования как средствами гармоничного взаимодействия с природой и обществом;

- воспитывать ценностное отношение к живой природе;

- моделировать условия для эффективного усвоения не столько биологических знаний и умений, сколько ценностных ориентаций на творческом уровне [7, с. 235].

Однако учебная экскурсионная деятельность в последние годы испытывает на себе влияние негативных тенденций, присущих всей отечественной системе образования. Введение в практику государственной итоговой аттестации (ГИА) выпускников основного государственного экзамена и единого государственного экзамена, уменьшение времени, отводимого на освоение школьной биологии, напрямую сказывается на количестве и качестве школьных экскурсий. Общее число программных биологических экскурсий сократилось более чем в 2,5 раза по сравнению с 1970–1980-ми гг. При этом экскурсии все больше носят формальный характер, либо вообще не проводятся, поскольку учителя вынуждены значительный лимит учебного времени выделять на подготовку обучающихся к решению все более усложняющихся заданий ГИА.

Современные технологии позволяют в какой-то мере нивелировать обозначенные негативные проявления за счет включения в учебный процесс инновационных возможностей виртуальной образовательной среды.

В настоящее время под виртуальностью (от лат. *virtualis* – возможный) понимают мир, не имеющий физического воплощения, относящийся к реальности константной как самостоятельная и автономная реальность, существующая лишь во временных рамках процесса ее порождения и поддержания ее существования [8, с. 17]. Ярким выражением подобного мира в форме инновационной технологии, направленной на организацию личностно-мотивированной познавательной деятельности обучающихся и основанной на доступной коммуникации, будет выступать виртуальная экскурсия.

Организация исследования потребовала использования соответствующих теорети-

ческих и эмпирических методов. Нами были задействованы следующие теоретические методы: анализ психолого-педагогических и частно-методических источников научной информации по сущности рассматриваемой проблемы с последующим обобщением и систематизацией. Среди эмпирических методов предпочтение было отдано анкетированию и беседам с участниками образовательных отношений; прямому и косвенному наблюдению за процессом обучения биологии на разных его этапах; изучению продуктов деятельности обучающихся.

Теоретические положения о сущности виртуальной биологической экскурсии нами были положены в основу констатирующего и формирующего педагогического эксперимента, выполненного на базе МОУ «Лицей № 7» г. Саранска, при этом отдельные их этапы осуществлялись с привлечением учителей биологии общеобразовательных школ г. Саранска и муниципальных районов Республики Мордовия. Таким образом, общее число задействованных обучающихся составило 98 человек, а учителей – 25 человек.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальный этап исследования предполагал решение следующих задач:

- 1) отбор учебного материала для включения в содержание виртуальной экскурсии и для разработки творческих / продуктивных / исследовательских заданий обучающимся;

- 2) определение результативности разработанных материалов проведения виртуальной экскурсии как способа формирования познавательного интереса школьников при изучении биологии.

Особенностью *первого этапа эксперимента (мотивационного)* было установление значимости виртуальных экскурсий для основных участников образовательных отношений – учителей и обучающихся. Он реализовался посредством анкетирования на тему «Использование виртуальных экскурсий в повседневной практике учителя». При этом 53,9% учителей биологии ограничиваются при использовании информационно-коммуникативных технологий такими их формами, как демонстрация электронных презентаций, а также поиск и анализ необходимой информации в сети Интернет. 39,4% учителей биологии имеют представление о виртуальной экскурсии, но применять ее в своей практике не планируют. И лишь 7,7% из опрошенных учителей не только заявили о своей готовности организовывать виртуальные экскурсии при

изучении биологии, но и поделились некоторым опытом их проведения.

Собеседования с обучающимися позволили установить, что 92,6% из них имеют самое общее представление о виртуальной экскурсии, поскольку никогда не принимали участие в ее проведении, но с интересом испытали бы свои возможности в новой для себя ситуации. Лишь 7,4% из опрошенных указали, что не видят смысла в проведении подобного вида экскурсий при обучении биологии. Причем все эти обучающиеся являются жителями сельской местности, для которых живая природа во всем ее проявлении фактически является естественной средой существования. Поэтому заменять ее на виртуальную они не считают целесообразным.

В рамках *второго этапа эксперимента (формирующего)* были разработаны и апробированы три варианта виртуальных экскурсий для таких тем программы по биологии, как «Особенности строения органов пищеварения человека», «Система кровообращения человека», «Органы дыхания человека». Обозначим алгоритм конструирования такого вида экскурсии:

- подготовка компьютерного / проекционного оборудования, наличие программного обеспечения и доступа к сети Интернет;
- включение виртуальной экскурсии в календарно-тематический план изучения предмета «Биология» посредством определения ее тематики с учетом возрастных и познавательных особенностей обучающихся;
- определение цели и задач экскурсии, формулировка проблемного вопроса, являющегося базой для создания проблемной ситуации;
- подбор и последующий анализ доступных литературных / электронных источников информации для установления проблемной области экскурсии;
- отбор, с последующим сканированием, объектов демонстрации на предмет установления возможности их изучения во время экскурсии, подбор аудиозаписей, необходимых для составления полноценного виртуального образа изучаемых объектов или явлений;
- разработка видео-, фото- и аудиоряда как основы маршрута экскурсии;
- подготовка творческих заданий, выбор методов и приемов проведения экскурсии, ориентированных на эффективное овладение биологическим материалом и развивающих у обучающихся познавательный интерес;
- оформление развернутого плана-конспекта экскурсии («портфеля экскурсовода»), основным требованием которого

выступает его соответствие видео-, фото- и аудиоматериалам, познавательным возможностям обучающихся из любой типологической группы.

Эффективность виртуальной экскурсии определяется наличием и функциональностью соответствующего оборудования и обеспечения:

- компьютерной техники в составе системного блока, монитора, клавиатуры, оптической мыши;
- периферийного оборудования – аудиоколонок со стереоэффектом, наушников (при необходимости), принтера, сканера, видеокамеры, документ-камеры, микрофона, мультимедийного проектора;
- интерактивной доски, совместимой с компьютерной техникой и периферийным оборудованием;
- выхода во всемирную сеть Интернет;
- программного обеспечения, включающего операционную систему Windows XP, файловый менеджер Total Commander, текстовый редактор Microsoft Word, дистрибутив Microsoft Office, Microsoft Power Point, Photoshop, Windows Movie Maker.

Виртуальная экскурсия, смоделированная в аспекте формирования и развития познавательного интереса школьников, начинается со вступительной беседы, которая позволяет обозначить цели и конкретизировать задачи данного этапа изучения организма человека. Перед началом экскурсии учитель использует прием создания проблемной ситуации посредством формулирования одного или нескольких проблемных вопросов. Обязательное условие – создание и поддержание учителем биологии устойчивого положительного эмоционального фона, для чего в содержание и структуру экскурсии встраиваются элементы викторин, игр, конкурсов, соревнований. Положительный эффект виртуальной экскурсии придает включение в ее структуру практических заданий для обучающихся, что делает процесс усвоения и закрепления материала значительно продуктивнее [9, с. 44]. Все виртуальные экскурсии строились на принципах разумного сочетания различных форм самостоятельной познавательной деятельности школьников, которые имели возможность выполнять задания индивидуального, парного, группового либо фронтального характера. В качестве образовательных результатов выступали разработанные и заполненные школьниками текстовые таблицы, логические схемы, а также ведение глоссария.

На завершающем этапе виртуальной экскурсии организовывалась рефлексия через представление отчетов с обязательным формулированием выводов и обобщений.

Третий этап эксперимента (оценочный) реализовывался на последних уроках каждой темы, а также на уроках, следующих за виртуальными экскурсиями, для лучшего усвоения биологического материала и закрепления познавательного интереса. С этой целью проводились контрольные работы в традиционной или тестовой форме, организовывались беседы и анкетирования.

Организованный педагогический эксперимент позволяет утверждать, что качество подготовки обучающихся при систематическом использовании виртуальных биологических экскурсий повышается на фоне стабильно позитивного познавательного интереса. Однако учитель должен помнить об одном недостатке подобной формы обучения биологии – посещение виртуального мира не способствует личному чувственному восприятию школьниками объектов и явлений живой природы [10, с. 14]. Поэтому успешность при достижении целей биологической подготовки обучающихся будет в значительной степени определяться подготовленными учителем творческими заданиями для самостоятельной познавательной деятельности.

Заключение

Модернизационные процессы в системе отечественного основного общего образования предполагают активную учебно-познавательную деятельность обучающихся, формирование у них стойкого познавательного интереса, выраженного в готовности к саморазвитию и самосовершенствованию.

Однако смена образовательной парадигмы способна вызвать проявление негативных факторов в процессе биологической подготовки современных школьников, выраженное в выделении значительного лимита времени на подготовку к ОГЭ И ЕГЭ по биологии, причем не только в выпускных классах. Следствием подобного явления выступает сокращение количества программных лабораторных / практических работ, экскурсий, а также замена экскурсионной деятельности изучением теоретических положений биологии.

Реальным выходом из сложившейся ситуации представляется использование в учебном процессе современной школы виртуальных экскурсий, которые проще организовать, поскольку они доступны и не требуют финансовых вложений. Организация виртуальных биологических экскурсий повышает интерес обучающихся к предмету, облегчает формирование основных биологических понятий, способствует интеллектуальному развитию школьников в ходе самостоятельного усвоения

ими материала (даже повышенной сложности – за счет использования возможности его многократного просматривания, что особенно важно при изучении организма человека), экономит время учителя.

Завершая рассмотрение заявленной проблемы, необходимо отметить, что в ходе выполненного исследования, во-первых, были предложены пути совершенствования биологической подготовки обучающихся на основе систематического использования виртуальных экскурсий при изучении организма человека. Во-вторых, определены методические условия применения в обучении биологии возможностей виртуальных экскурсий. Опробование разработанных материалов показало, что почти 100 % обучающихся выступают за то, чтобы сделать виртуальные экскурсии неотъемлемой частью учебного процесса, ведь с их помощью развивается интерес к биологическому материалу, имеет место его большая усвояемость за счет использования разнообразных видов наглядности, а следовательно, повышается качество биологической подготовки.

Исследование проведено в рамках выполнения грантов на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям научной деятельности вузов-партнеров по сетевому взаимодействию между ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева» и ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева» (тема «Виртуальная биологическая экскурсия как способ формирования познавательного интереса обучающихся»).

Список литературы

1. Фундаментальное ядро содержания общего образования: проект / Под ред. В.В. Козлова, А.М. Кондакова. М.: Просвещение, 2009. 48 с.
2. Федеральные государственные образовательные стандарты общего образования: биология. М.: Просвещение, 2012. 138 с.
3. Ушинский К.Д. Воспитание человека: избранное. М.: Карапуз, 2015. 256 с.
4. Носов Н.А. Психологические виртуальные реальности. М.: Просвещение, 2001. 195 с.
5. Александрова Е.В. Виртуальная экскурсия как одна из эффективных форм организации учебного процесса. М.: Просвещение, 2010. 22 с.
6. Платунова Е.В. Виртуальные экскурсии как средство формирования познавательных универсальных учебных действий обучающихся. М.: Экспресс, 2017. 645 с.
7. Дейкина А.Ю. Познавательный интерес: сущность и проблемы. М.: Просвещение, 2012. 235 с.
8. Жаманова В.Н. Виртуальная экскурсия как одна из эффективных форм организации дистанционного обучения в учреждении дополнительного образования. Донецк: Эдит, 2018. 17 с.
9. Кислицина Е.Н., Кислицин Д.Ю. Виртуальная экскурсия: технология создания. М.: Просвещение, 2015. 44 с.
10. Устюжанина Н.В. Виртуальная экскурсия как инновационная форма обучения. М.: Экспресс, 2017. 14 с.

УДК 372.8

О СОДЕРЖАНИИ ВВОДНОГО КУРСА КОМБИНАТОРИКИ И МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ РЕШЕНИЮ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Морозов А.В.

*ФГКОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», Санкт-Петербург,
e-mail: alex.morozof@gmail.com*

В настоящее время дискретная математика (ДМ) объединяет много научных дисциплин: теорию множеств и отношений, комбинаторный анализ, теорию булевых функций, теорию алгоритмов и формальных грамматик, теорию графов и многие др. При кратком изложении курса ДМ для аудитории будущих инженеров перед составителями рабочих программ встает проблема выбора материала и способов его представления. Конечно, при составлении учебных программ продумываются темы, их конкретное содержание и объемы. Однако при конкретном исполнении программ лекторам отводится определенная свобода творчества, и они сталкиваются с вопросом, что конкретно выбрать из большого объема возможного материала, где провести границы и как читать. В статье обсуждаются некоторые аспекты комбинаторики и ее преподавания во вводном курсе ДМ втуза. Анализируется объем материала и возможность его представления за конкретное количество учебных часов. Обращается внимание на вопросы, которые наиболее важны для приложений и других разделов математики. Статья знакомит с опытом чтения лекций и проведения практических занятий по комбинаторике во втузе. Подчеркивается важность производящих функций как мощного аппарата математики. Даются дидактико-методические рекомендации решения типовых задач.

Ключевые слова: проблемы содержания краткого курса комбинаторики, производящие функции

ABOUT THE CONTENT OF THE INTRODUCTORY COURSE IN COMBINATORICS AND TEACHING METHODS SOLVING TYPICAL PROBLEMS

Morozov A.V.

Federal state military educational institution of higher professional education «Military space Academy named after A.F. Mozhaisky», Saint-Petersburg, e-mail: alex.morozof@gmail.com

Currently, discrete mathematics (DM) combines many scientific disciplines: set theory and relations, combinatorial analysis, Boolean function theory, theory of algorithms and formal grammars, graph theory, and many others. When summarizing the DM course for the audience of future engineers, the compilers of work programs face the problem of choosing the material and ways to present it. Of course, when drawing up training programs, the topics, their specific content and scope are considered. However, when performing specific programs, lecturers are given a certain freedom of creativity, and they are faced with the question of what exactly to choose from a large volume of possible material, where to draw boundaries and how to read. The article discusses some aspects of combinatorics and its teaching in the introductory course of DM vtuz. The volume of the material and the possibility of its presentation for a specific number of training hours is analyzed. Attention is drawn to the questions that are most important for applications and other sections of mathematics. The article introduces the experience of lecturing and conducting practical classes on combinatorics in vtuz. The importance of generating functions as a powerful mathematical tool is emphasized. Didactic and methodological recommendations for solving typical tasks are given.

Keywords: problems of the content of a short course in combinatorics, generating functions

При кратком изложении математических курсов особо остро встает проблема выбора учебного материала, при котором необходимо по возможности максимально полно представить предмет, описать основные задачи и ознакомить с важнейшими методами. При этом вопросы методологии, согласованности лекционного материала и практических занятий, визуализации материала, организации самостоятельной работы играют важнейшую роль. Ибо, как хорошо известно, способный и увлеченный предметом студент даже из плохой лекции может взять многое, что нельзя сказать о студенте, имеющем посредственные базовые знания по школьной программе [1]. Значительные трудности испытывают и студенты, теряющиеся в выборе подходящей дополнительной литературы, которая в зна-

чительной степени отражает вкусы и интересы авторов книг и разбросана по многочисленным источникам.

Целью настоящей статьи является: проектирование содержания вводного курса дискретной математики втуза с небольшим количеством учебных часов, включающего элементы комбинаторики, производящих функций и рекуррентных соотношений; оценка возможностей реализации такой программы за 6–8 часов лекций, а также разработка методических рекомендаций по обучению студентов решению ряда важнейших задач комбинаторики и рекуррентных уравнений.

Содержание курса и методические рекомендации по обучению решению задач

Приведем перечень вопросов, наиболее важных для первого знакомства с ком-

бинаторикой. Это: задачи комбинаторного анализа; принципы сложения, умножения и клеток; формулы для подсчета основных комбинаторных конфигураций; бином Ньютона и его обобщение, свойства биномиальных коэффициентов; мощность булеана; рекуррентные формулы, соотношения и уравнения; производящие функции и их применение в комбинаторике и решении рекуррентных уравнений; последовательности Фибоначчи и Каталана.

Важнейшие формулы комбинаторики и некоторые типовые задачи

Для начала обсудим некоторые аспекты преподавания основ комбинаторики и рассмотрим типовые примеры. В комбинаторике, как уже отмечалось, примерам отводится особая роль. Часто на языке примеров проводятся доказательства (особенно это характерно для программ с малым количеством учебных часов). Наш курс начинается с введения в предмет, формулировок фундаментальных *принципов умножения и сложения*, а также вывода формул подсчета основных комбинаторных конфигураций (таблица). Подчеркнем, что все формулы таблицы доказываются с применением принципа умножения и обычно представляются соответствующими теоремами.

слову 001111111 будет отвечать букет только из желтых роз, слову 011111110 – только из красных, слову 111001111 – из 3 белых и 4 желтых и т.д. Таким образом, устанавливается *биекция* (взаимно однозначное соответствие) между букетами роз разного состава и девятью битовыми словами с двумя нулями. Теперь вопрос, поставленный в задаче, можно переформулировать. Сколькими способами можно установить два 0 в таблице из 9 битов? Ответ: $\overline{C}_3^7 = C_9^7 = \frac{9!}{7!2!} = 36$.

Здесь следует обратить внимание на *принцип параллельного моделирования*. Букет из роз мы заменили новым объектом – двоичным словом. Тем самым мы редуцировали задачу к изученной (что такое число сочетаний без повторений, студент уже знает). Такой принцип часто используется в комбинаторике и является эффективным инструментом решения задач. С рассмотренной задачей методологически тесно связана следующая задача – о количестве решений алгебраического уравнения.

Задача 2. Сколько целочисленных неотрицательных решений имеет алгебраическое уравнение $x + y + z = 7$? На первый взгляд, эта задача далека от предыдущей, но, по сути, есть эквивалентная формулировка предыдущей, однако учащиеся это

Размещения без повторений и с повторениями	Перестановки без повторений и с повторениями	Сочетания без повторений и с повторениями
$A_n^k = \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-k+1)}{k!}$	$p_n = n!$	$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$
$\overline{A}_n^k = n^k$	$\overline{p}_n = \frac{n!}{n_1!n_2!\dots n_k!}$	$\overline{C}_n^k = C_{n+k-1}^k$

Среди формул таблицы нетривиальными являются две последние. Их логическое обоснование может быть связано со следующими задачами.

Задача 1 (сочетания с повторениями). В киоске продаются белые, красные и желтые розы. Сколько различных по составу букетов из 7 роз можно составить? *Алгоритм* решения этой задачи следующий. Действительно, пусть в некотором букете 3 белые розы. Тогда запишем 111 и поставим 0. Если в букете 2 красные розы запишем далее 11 и поставим 0. Если в букете еще 2 желтые розы, напишем 11. Таким образом, получим девятибитовое слово с семью единицами и двумя нулями. Ясно также, что и любому двоичному слову длины 9 с двумя нулями можно поставить в соответствие букет из 7 роз трех цветов. Так, например,

не всегда отмечают. Здесь полезно выдать задание на самостоятельную работу, чтобы студенты перечислили все 36 решений уравнения. Выполняя это задание, учащиеся лучше прочувствуют постановку вопроса.

После разбора этих задач естественно перейти к общей формуле для подсчета числа *сочетаний с повторениями* и привести ее в виде теоремы: $\overline{C}_n^k = C_{n+k-1}^k = C_{n+k-1}^{n-1}$.

При этом пояснительные замечания будут здесь минимальными.

Задача 3 (перестановки с повторениями). Имеется набор букв: «Р», «Н», три буквы «А» и две буквы «Б». Если этим буквам придать некоторый порядок – получим *перестановку*. Например, слово «БАРАБАН». Меняя любые буквы между собой, получим другую перестановку. Если бы все

буквы были различны, то всего перестановок было бы $p_7 = 7! = 5040$. Но в нашем случае, очевидно, что, переставляя между собой одинаковые буквы, мы не приходим к новым словам – новым перестановкам. Учитывая сказанное и используя правило умножения, заключаем, что различных по прочтению перестановок будет

$$\overline{p_7} = \frac{7!}{3!2!1!1!} = \frac{7!}{3!2!} = 420.$$

Обратим внимание, что существует много вариаций этой задачи: расстановка книг на полке, среди которых есть одинаковые; расстановка шаров разных цветов на желобе и т.д.

Обобщая эту задачу, приходим к теореме о числе перестановок с повторениями:

$$\overline{p_n} = \frac{n!}{n_1!n_2!\dots n_k!}, \quad (n_1 + n_2 + \dots + n_k = n).$$

Комментарии будут здесь также минимальными.

Задача 4 (о размещении предметов). Начнем с хорошо известного примера – игры в домино. Имеется 28 костей. Каждый из 4 игроков случайным образом выбирает 7 костей. Сколько существует раскладов? Предварительно зададимся вопросом: так ли важно, что кости разбираются одновременно? Нет. Поэтому будем считать, что сначала берет первый, затем второй, третий и, наконец, четвертый игрок. Такая детализация последовательности действий означает, что мы опять свели задачу к применению принципа умножения, согласно которому будем иметь

$$C_{28}^7 \cdot C_{21}^7 \cdot C_{14}^7 \cdot C_7^7 = \frac{28!}{7!7!7!7!} \text{ раскладов.}$$

Далее напрашивается естественное обобщение этой задачи. Пусть имеется k одинаковых коробок и n различных между собой предметов. В первую коробку необходимо положить n_1 предмет, во вторую n_2 и т.д., в последнюю n_k предметов; $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$. Сколькоими способами это можно сделать? Ответ содержится в теореме:

$$C_n^{n_1 n_2 \dots n_k} = C_n^{n_1} \cdot C_{n-n_1}^{n_2} \cdot C_{n-n_1-n_2}^{n_3} \cdot \dots \cdot C_{n_k}^{n_k} = \frac{n!}{n_1!n_2!\dots n_k!}$$

$$\{C_n^m\}_{m=0}^n \rightarrow C_n^0 + C_n^1 x + C_n^2 x^2 + \dots + C_n^m x^m + \dots + C_n^n x^n = (1+x)^n,$$

$$\{1\}_{m=0}^\infty \rightarrow 1 + x + x^2 + \dots + x^m + \dots = \frac{1}{1-x},$$

$$\{\overline{C_n^m}\}_{m=0}^\infty \rightarrow \overline{C_n^0} + \overline{C_n^1} x + \overline{C_n^2} x^2 + \dots + \overline{C_n^m} x^m + \dots = \frac{1}{(1-x)^n}, \quad (\overline{C_n^m} = C_{n+m-1}^m)$$

и рассмотрим ряд типовых задач, а затем приведем дополнительный комментарий.

Важное место в комбинаторике занимают следующие два утверждения.

Теорема 1 (биномиальная).

$$(x_1 + x_2)^n = \sum_{n_1+n_2=n} C_n^{n_1 n_2} x_1^{n_1} x_2^{n_2},$$

$$\text{где } C_n^{n_1 n_2} = \frac{n!}{n_1!n_2!}.$$

Теорема 2 (полиномиальная).

$$(x_1 + x_2 + \dots + x_k)^n = \sum_{n_1+n_2+\dots+n_k=n} C_n^{n_1 n_2 \dots n_k} x_1^{n_1} x_2^{n_2} \dots x_k^{n_k},$$

$$\text{где } C_n^{n_1 n_2 \dots n_k} = \frac{n!}{n_1!n_2!\dots n_k!}.$$

Коэффициенты $C_n^{n_1 n_2}$ и $C_n^{n_1 n_2 \dots n_k}$ – называются соответственно биномиальными и полиномиальными коэффициентами (заметим, что первый есть частный случай второго). Среди многочисленных следствий из теоремы 1 отметим здесь только одно $\sum_{n_1+n_2=n} C_n^{n_1 n_2} = 2^n$, по существу являю-

щееся доказательством теоремы о мощности булеана. Другие следствия мы здесь не приводим [2]. Доказательства теорем 1 и 2 необходимо провести обязательно, так как методология этих рассуждений будет использована далее при построении производящих функций.

Следующий пример чисто конструктивный, но полезный с точки зрения закрепления полиномиальной формулы.

Пример 1. Найти коэффициент при $x_1^2 x_2^3 x_3$ в разложении $(3x_1 + 4x_2 + 2x_3)^6$.

Так как $C_6^{2,3,1} = \frac{6!}{2!3!1!} = 60$, то коэффициент при $x_1^2 x_2^3 x_3$ равен $60 \cdot 3^2 4^3 \cdot 2 = 69120$.

Производящие функции в комбинаторике

Производящие функции играют важную роль во многих разделах математики, имеют широкие приложения и являются незаменимым аппаратом комбинаторики. Полагая, что читатель знаком с определением производящей функции числовой последовательности, напомним только лишь формулы

Задача 5. Пусть $A = \{a, b, c, d, e\}$ – множество, $(1, 2, 3, 2, 1)$ – вектор спецификаций. Сколько сочетаний по 3 с повторениями можно составить из элементов множества A с учетом заданных спецификаций? Для ответа на вопрос составляется *производящая функция* (здесь предварительно необходимо вспомнить формулу бинома Ньютона)

$$f(x) = (1+x)(1+x+x^2)(1+x+x^2+x^3)(1+x+x^2)(1+x). \quad (1)$$

После раскрытия скобок в (1) получим 144 слагаемых (уместен вопрос «почему их 144?»), каждое из которых отвечает определенной выборке. Например, если взять 1 из первой скобки, x – из второй, x^3 – из третьей, x^2 – из четвертой и x – из пятой, то произведение x^7 отвечает выборке: *bcccdde*. После приведения подобных, получим

$$f(x) = 1 + 5x + 13x^2 + 23x^3 + 30x^4 + 30x^5 + 23x^6 + 13x^7 + 5x^8 + x^9.$$

Коэффициент при x^3 равен 23 и дает число сочетаний с повторениями. Среди них $C_5^3 = 10$ сочетаний без повторений и 13 с повторениями: *abc, abd, abe, bcd, bce, acd, ade, bde, cde, ace, dda, ddb, ddc, dde, bba, bbc, bbd, bbe, cca, ccb, ccd, cce, ccc*.

Обратим внимание, что $f(x)$ выступает в роли «хранителя» комбинаторных чисел, а его коэффициенты позволяют ответить и на другие вопросы в рамках данной задачи. Заметим, что производящей функцией для этой задачи без вектора спецификаций будет

$$f(x) = (1+x+x^2+x^3+\dots)^5 = \frac{1}{(1-x)^5} = \overline{C}_5^0 + \overline{C}_5^1 x + \overline{C}_5^2 x^2 + \dots$$

Можно сказать, что вектор спецификаций имеет символический вид $(\infty, \infty, \infty, \infty, \infty)$.

Задача 6 (игра в кости). Пусть подбрасывается k игральных костей. Рассматривается величина n – сумма выпавших очков. Анализируя задачу 5, нетрудно сообразить, что производящей функцией числа вариантов, дающих в сумме n очков, будет

$$f(x) = (x+x^2+x^3+x^4+x^5+x^6)^k. \quad (2)$$

Раскрывая произведение в (2), получим многочлен степени $6k$. Коэффициент при x^n ($k \leq n \leq 6k$) даст в точности ответ на поставленный вопрос.

Задача 7 (размен денег). Построить производящую функцию для определения числа способов размена n рублей через монеты в 1, 2, 5 и 10 рублей. Учítывая, что монеты четырёх достоинств, а параметр n не конкретизирован, то производящая функция будет иметь четыре сомножителя, каждый из которых имеет вид бесконечной геометрической прогрессии, со знаменателями x, x^2, x^5 и x^{10} соответственно:

$$f(x) = (1+x+x^2+\dots)(1+x^2+x^4+\dots)(1+x^5+x^{10}+\dots)(1+x^{10}+\dots). \quad (3)$$

После раскрытия скобок в (3) коэффициент при x^n даст ответ. О применении производящих функций к комбинаторным подсчетам можно прочитать в книгах [2; 3]. В завершение выскажем основной принцип решения таких задач. На первом шаге, исходя из анализа условий задачи, строится функция $f(x)$, моделирующая процесс выбора сочетаний. На втором шаге функция $f(x)$ «распаковывается», т.е. раскладывается по степеням x . В результате чего определяются комбинаторные числа, как коэффициенты при степенях x .

Производящие функции и линейные рекуррентные уравнения

Производящие функции дают эффективный метод решения линейных рекуррентных уравнений с постоянными коэффициентами k -го порядка

$$a_{n+k} + p_1 a_{n+k-1} + p_2 a_{n+k-2} + \dots + p_k a_n = P(n), p_i - \text{const.} \quad (4)$$

При этом считается, что числа $a_0, a_1, \dots, a_{k-1}$ (начальные условия) – заданы. Пусть для начала $P(n) = 0$ (случай однородного уравнения). Идея метода заключается в следующем.

Вводится производящая функция $\mathcal{A}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ с неизвестными коэффициентами $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$.

Затем уравнения (4) умножаются на x^{n+k} и суммируются. В результате бесконечная система уравнений приводится к виду функции

$$\mathcal{A}(x) = R(x) \equiv \frac{a_0 + x(a_1 + p_1 a_0) + \dots + x^{k-1}(a_{k-1} + p_1 a_{k-2} + \dots + p_{k-1} a_0)}{1 + p_1 x + p_2 x^2 + \dots + p_k x^k}.$$

Так как $R(x)$ – правильная рациональная функция, то ее раскладывают в ряд по степеням x , но $\mathcal{A}(x)$ – тоже ряд. Приравнявая соответствующие коэффициенты в равенстве $\mathcal{A}(x) = R(x)$, находят явный вид коэффициентов $a_n = a(n)$.

Пример 2. Рассмотрим уравнение 2-го порядка с начальными условиями $a_{n+2} + 3a_{n+1} + 2a_n = 0, a_0 = 1, a_1 = 0$. Тогда $\mathcal{A}(x) = R(x) \equiv \frac{1+3x}{1+3x+2x^2}$.

Разлагая функцию $R(x)$ в ряд, получаем

$$\mathcal{A}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (2 \cdot (-1)^n - (-2)^n) x^n \Rightarrow a_n = 2 \cdot (-1)^n - (-2)^n.$$

Если $P(n)$ – многочлен, то уравнение (4) сводится к однородному уравнению более высокого порядка [3].

Иной метод решения линейных рекуррентных уравнений с постоянными коэффициентами приведен в статье [4], там же изложена и общая теория таких уравнений.

Нелинейные уравнения и числа Каталана

Хорошо известно, в частности программистам, понятие правильных скобочных форм [3; 5]. Вот примеры таких форм:

$$\underbrace{()}_{a_1=1} \quad \underbrace{()() \quad (())}_{a_2=2} \quad \underbrace{((())) \quad (()()) \quad ()()() \quad ()(()) \quad (()())}_{a_3=5}.$$

Рассмотрим теперь нелинейное рекуррентное соотношение

$$a_{n+1} = a_0 a_n + a_1 a_{n-1} + a_2 a_{n-2} + \dots + a_n a_0, a_0 = 1. \quad (5)$$

Последовательные вычисления дают $a_1 = a_0 a_0 = 1$, $a_2 = a_0 a_1 + a_1 a_0 = 2$,

$$a_3 = a_0 a_2 + a_1 a_1 + a_2 a_0 = 5, \quad a_4 = 14, \quad a_5 = 42, \quad a_6 = 132, \quad a_7 = 429, \dots$$

На соотношение (5) будем смотреть как на бесконечную систему уравнений относительно величин a_n . Числа $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$, удовлетворяющие соотношениям (5), т.е. представляющие собой решение уравнений (5), называются числами Каталана. В частности, они описывают число правильных скобочных форм. Для нахождения общего члена $a_n = a(n)$ последовательности $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$ используют также производящую функцию

$$\mathcal{A}(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n,$$

которая, как несложно показать, должна удовлетворять иррациональному уравнению

$$x\mathcal{A}(x) = \frac{1 - \sqrt{1 - 4x}}{2}. \quad (6)$$

Левая часть формулы (6) представляет собой формальный ряд. Разлагая правую часть в ряд и приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях x , находим $a_n = \frac{C_{2n}^n}{n+1}$.

Замечание. Отметим, что исходный объект (5) является дискретным – рекуррентно заданной числовой последовательностью. После некоторой трансформации (как говорят, «упаковки»), рождается непрерывная функция $\mathcal{A}(x)$ – «хранитель» дискретной информации. Разложение $\mathcal{A}(x)$ в ряд позволяет определить снова дискретный объект – общий член числовой последовательности (рисунок). Заметим, что в отличие от $R(x)$ – производящей функции линейного рекуррентного уравнения, в этом примере она иррациональна. Кроме того, ряд Каталана оказывается сходящимся в области $|x| \leq \frac{1}{4}$.

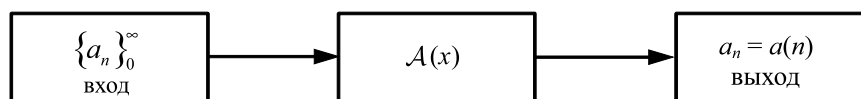


Схема метода производящих функций

Замечание. К сожалению, нелинейных уравнений, допускающих столь простое и красивое решение, насчитывается немного, а этот пример демонстрирует скорее исключение, чем правило. Рассмотрим теперь нелинейное уравнение первого порядка

$$a_{n+1} = pa_n(1 - a_n),$$

где $p \in (1, 4) - \text{const}$ (параметр).

Оно имеет два простых решения $a_n = 0$ и $a_n = 1 - \frac{1}{p} \forall n \in N_0$. Других решений этого уравнения, представимых какими-либо формулами, мы не знаем. Однако много интересных свойств решений этого уравнения установить удалось, но методами совсем далекими от производящих функций.

Заключение

В настоящее время имеется много хороших книг и учебных пособий по дискретной математике. Лектору остается вроде бы совсем немного: выбрать нужный материал и погрузить его в заданный объем часов. Однако этого оказывается мало, так как материал еще нужно переработать, чтобы он был усвоен студентами, учитывая их уровень подготовки, а последний, как известно, из года в год не растет. Описанный план изложения комбинаторики неоднократно был апробирован, имеет положительный опыт в ряде вузов с небольшим объемом учебных часов по программе и, на наш взгляд, формирует необходимую базу для дальнейшего, возможно самостоятельного, изучения комбинаторики. Затронутая в статье тема многогранна, а высказанные методические рекомендации по поводу решения примеров приведены

очень кратко. Кроме того, многие аспекты теории и важные примеры нам обсудить не удалось. Поэтому начатый здесь разговор планируется продолжить в следующих публикациях.

Из года в год обращает на себя внимание следующий факт. Большая часть студентов, ранее испытывающих трудности при изучении высшей математики, при изучении дискретной математики, в данном случае комбинаторики, приобретают, если так можно сказать, «интеллектуальное вдохновение», что явно сказывается в их поведении, самооценке и результатах контрольных опросов. Конечно, это в значительной степени связано с тем, что материал вводного курса ДМ не требует знаний из смежных разделов высшей математики. Однако это подчеркивает и особенности восприятия человеком разного рода информации и его мышления в целом. Что касается работ, посвященных методике изложения тем дискретной математики, то их множество. Для этого достаточно обратиться, например, к списку литературы, приведенному в [6].

Список литературы

1. Кудрявцев Л.Д. Современная математика и ее преподавание. М.: Наука, 1980. 144 с.
2. Андерсон Джеймс А. Дискретная математика и комбинаторика: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 960 с.
3. Ландо С.К. Введение в дискретную математику. М.: МЦНМО, 2012. 265 с.
4. Морозов А.В. Линейные дифференциальные и рекуррентные уравнения во втузе // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 4. С. 147–152.
5. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов. СПб.: Питер, 2013. 384 с.
6. Мельников О.И. Обучение дискретной математике. М.: Издательство ЛКИ, 2019. 222 с.

УДК 372.881.111.1

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ В РОССИЙСКОМ ВУЗЕ

Перевалова А.А.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемерово, e-mail: aljona_04@mail.ru

Статья посвящена исследованию и анализу проблемы обучения иностранных студентов ближнего зарубежья английскому языку в российском вузе и определению основных подходов к решению данной проблемы. В статье подчеркивается, что особой трудностью, с которой сталкиваются иностранные студенты в процессе обучения, является низкий уровень языковой компетентности, что значительно осложняет как бытовое общение, так и освоение учебных дисциплин, и приобретение профессиональных знаний. В статье представлены и проанализированы данные эмпирического исследования, проведенного автором на базе двух университетов: КемГУ и КемГМУ. Результаты исследования показали низкий уровень владения иностранными студентами английским языком, что затрудняет процесс овладения компетенциями, позволяющими студентам пользоваться английским в будущей профессиональной и научной деятельности. Кроме того, недостаточно высокий уровень практического владения русским языком препятствует успешной коммуникации в образовательном процессе, значительно осложняет освоение необходимого учебного материала и контроль за усвоением его содержания преподавателем. В статье сделан вывод о возможности использования ИКТ в качестве субъекта педагогической интеракции, необходимости разработки профессионально ориентированного учебного пособия и вводного курса в профессиональную лексику, что позволит повысить качество полученных знаний и навыков, необходимых для осуществления продуктивного взаимодействия с представителями различных культур в будущей профессиональной и научной деятельности.

Ключевые слова: обучение иностранных студентов, английский язык, уровень владения иностранным языком, ИКТ, языковая компетенция, педагогическая интеракция

PECULIARITIES OF TEACHING ENGLISH TO FOREIGN STUDENTS IN THE RUSSIAN UNIVERSITY

Perevalova A.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University»,
Kemerovo, e-mail: aljona_04@mail.ru

The article is devoted to the research and analysis of the problem of teaching English to foreign students of the neighboring countries in the Russian university and determining the main approaches to solving this problem. The article emphasizes that the primary difficulty which foreign students encounter in the process of studying is the low level of linguistic competence, which significantly complicates both everyday communication and the development of academic disciplines, and the acquisition of professional knowledge. The article presents and analyzes the data of the empirical research conducted by the author on the basis of two universities – KemSU and KemSMU. The results of the study showed a low level of foreign students' knowledge of English, which makes it difficult to master competencies that allow students to use English in their future professional and scientific activities. In addition, the insufficient level of the Russian language proficiency prevents successful communication in the educational process, significantly impedes the grasping the necessary educational material and the control over the assimilation of its content by the teacher. The article concludes that it is possible to use ICT as a subject of pedagogical interaction, and necessary to develop a professionally-oriented Student's book and an introduction course to professional vocabulary. This will improve the quality of acquired knowledge and skills that are necessary for productive interaction with representatives of various cultures in future professional and scientific activities.

Keywords: teaching foreign students, English language, foreign language proficiency, ICT, linguistic competence, pedagogical interaction

Актуальность исследования проблем, с которыми сталкивается преподаватель в процессе обучения иностранных студентов в российском вузе в настоящее время, не вызывает сомнений. Обусловлена она активным продвижением российских образовательных услуг на международный рынок, интенсификацией образовательных контактов и академической мобильности. В связи со стремительно возросшей международной активностью российских вузов приоритетной задачей для высшей школы стала организация эффективного процесса обучения студентов из дальнего и ближнего зарубежья, обеспечивающего высокое каче-

ство конкурентоспособных образовательных услуг.

Как показывает анализ современных исследований, одной из основных проблем, с которой сталкиваются иностранные студенты в процессе обучения в России, является недостаточный уровень владения русским языком, что препятствует как бытовому общению, так и овладению выбранной ими специальностью. О наличии данной проблемы свидетельствуют результаты социологических опросов, проведенных Центром социологических исследований Минобрнауки России среди иностранных студентов, аспирантов и стажеров, обучавшихся

в российских вузах, которые показали, что существенным препятствием в учебе в России для них является недостаточное владение русским языком (отмечали до 60% респондентов) [1].

Анализ подобных социологических опросов, проводимых в РУДН (Москва), НГТУ (Новосибирск), ОмГПУ (Омск), ПГУ (Пенза), показал наличие той же проблемы [2–4], что представлено в табл. 1.

В процессе обучения студентов английскому языку в моно- и полиэтнических группах русский язык используется в качестве языка-посредника для объяснения, отработки и закрепления учебного материала, а также контроля и проверки понимания его содержания. В данном случае недостаточно высокий уровень практического владения русским языком создает значительные сложности в освоении дисциплины «Иностранный язык» и овладении определенными компетенциями.

Целью нашего исследования является анализ проблемы обучения английскому языку иностранных студентов ближнего зарубежья на основе проведенного исследования, определение основных подходов к решению данной проблемы.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленной цели были использованы теоретические и эмпирические методы исследования, включающие наблюдение, опрос и анализ результатов исследования.

В рамках осуществляемого исследования педагогической интеракции в условиях полиэтнической образовательной среды вуза нами был проведен социологический опрос среди иностранных студентов ближнего зарубежья, обучающихся в Кемеровском государственном университете и Кемеровском государственном медицинском

университете [5; 6]. В опросе участвовали респонденты разных национальностей: таджики, узбеки, казахи, киргизы. В выборку было включено всего 124 студента первого и второго курсов бакалавриата в возрасте 17–19 лет, для которых английский язык не является профильной дисциплиной. Более подробная информация об участниках опроса представлена в табл. 2.

Для данного эмпирического исследования была разработана анкета по исследуемой проблеме, включающая 10 вопросов, направленных на выявление уровня практического владения русским и английским языками и основных трудностей, с которыми обучающиеся сталкиваются в процессе изучения дисциплины «Иностранный язык». Респондентам было предложено выбрать ответы из представленных вариантов и/или написать свой вариант. При ответе на вопросы анкеты студенты могли пользоваться электронными переводчиками и словарями, обращаться за разъяснением к преподавателю и за помощью к одногруппникам. Кроме того, для объективной оценки знания английского языка нами был использован тест, результаты которого оцениваются по системе Общеввропейских компетенций владения иностранным языком (CEFR).

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ результатов теста на определение уровня владения английским языком (рисунок) показал преобладающее число студентов (62,9%), способных понимать и употреблять знакомые повседневные фразы и выражения, представлять себя и других, понять собеседника, если он говорит медленно, четко и использует простые предложения в своей речи (что соответствует начальному уровню A1).

Таблица 1

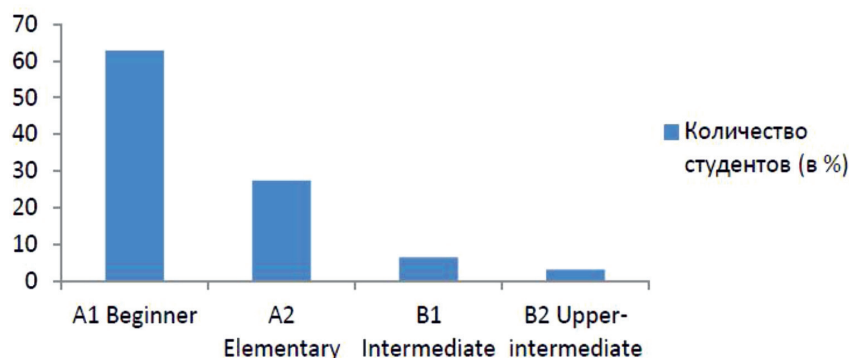
Выборка из социологических опросов

Учебное заведение	Число иностранных студентов (%)	Проблемы, связанные с низким уровнем владения русским языком
РУДН	76	недостаточный уровень языковой компетентности препятствует успешной учебной деятельности и приобретению профессиональных знаний и навыков
НГТУ	95	не владели русским языком при поступлении в вуз и после первого года обучения еще испытывали трудности при работе с учебной литературой, прослушивании лекций и выступлениях на семинарах
ПГУ	70	низкий уровень владения русским языком значительно затрудняет освоение учебных дисциплин
ОмГПУ	39,1 46,1	испытывают серьезные проблемы при усвоении учебного материала по причине низкого уровня языковой компетентности испытывают определенные трудности в обучении

Таблица 2

Сведения об исследуемом контингенте

Национальный состав	КемГУ (количество студентов)	КемГМУ (количество студентов)
Таджики	39	12
Казахи	28	10
Узбеки	16	2
Киргизы	15	2



Уровни владения английским языком (в соответствии с CEFR)

Количество студентов, уровень знаний которых соответствует базовому A2, составило 27,4%. Данный уровень владения английским языком свидетельствует об умении общаться в простых, повседневных ситуациях, требующих прямого обмена информацией по знакомым и рутинным вопросам. Следует отметить достаточно низкое число студентов (6,5%), способных коммуницировать в учебной среде, на отдыхе, во время поездок; описать свой опыт и события, мечты, надежды, цели и планы; кратко объяснить причины поведения (что соответствует уровню B1). И только 3,2% студентов, принявших участие в исследовании, продемонстрировали уровень B2 (выше среднего), позволяющий им достаточно легко говорить на английском языке, делать сообщение по широкому кругу вопросов, объяснить свою точку зрения по актуальной проблеме, обсуждать преимущества и недостатки различных вариантов, читать сложные тексты по своей специальности.

Кроме того, отвечая на вопросы анкеты, студенты отмечали основные трудности, с которыми они сталкиваются в процессе изучения английского языка, среди которых:

- отсутствие аудиальных навыков (восприятия английской речи на слух) (67,7%);
- незнание основных правил грамматики, что препятствует выполнению грамматических упражнений, пониманию содержания текстов, разговорной практи-

ке (из-за неумения построить английское предложение) (42,7%);

- ограниченный словарный запас, не позволяющий читать учебную литературу на английском языке без словаря или (электронного) переводчика (47,6%);

- сложности с переводом оригинальных английских текстов/ научных статей (73,4%).

Анализ результатов теста и опроса показал достаточно низкий уровень владения иностранными студентами английским языком. Данная дисциплина не является профилирующей, и количество часов, выделенное на ее освоение, достаточно небольшое, а именно в среднем 2 часа в неделю в течение 3–4 семестров. Однако в процессе освоения дисциплины «Иностранный язык» студенты должны овладеть компетенциями, позволяющими им пользоваться английским языком в различных областях будущей профессиональной и научной деятельности, для самообразования и других целей. Следует отметить, что образовательная деятельность в российском вузе реализуется на государственном языке РФ русскоязычными преподавателями, следовательно, объяснение учебного материала и проверка понимания его содержания осуществляется на русском языке. Это обусловило следующую задачу исследования – определение образовательного потенциала русского языка как языка-посредника для освоения дисциплины и необходимых компетенций.

Таблица 3

Оценка уровня владения русским языком

№	Насколько хорошо Вы знаете и владеете русским языком?	Кол-во студентов (% от числа опрошенных)
1	Все понимаю, свободно говорю	26,6
2	Достаточно легко читаю учебную литературу на русском языке	27,4
3	Мне легко записывать то, что говорит преподаватель	26,6
4	Читаю учебную литературу со словарем	25
5	С трудом понимаю преподавателя на практических занятиях	47,6
6	Плохо (медленно) пишу на русском языке	53,2
7	Плохо воспринимаю беглую речь на слух	46,8
8	Мне сложно разговаривать на русском языке	47,6
9	Постоянно прошу друга перевести с русского языка на мой родной язык	12,1
10	Часто пользуюсь (электронным) переводчиком, чтобы что-то сказать	34,7
11	Не знаю профессиональной лексики на русском языке	72,6

Стоит признать, что проведенный опрос и наблюдение позволили выявить достаточно низкий уровень владения русским языком. Результаты оценки иностранными студентами своего уровня знаний и практического владения русским языком представлены в табл. 3.

Анализ результатов показал, что почти половина опрошенных студентов испытывают трудности в восприятии и понимании учебного материала, который объясняет преподаватель на занятии на русском языке; им сложно писать на русском переводы текстов и другие контрольные работы для проверки; а также объясняться с преподавателем и другими студентами. Кроме того, обучающиеся подчеркивают, что незнание профессиональной терминологии осложняет чтение и перевод научных статей по специальности на русский язык. Однако владение профессиональной лексикой является одним из необходимых условий освоения компетенций в процессе изучения английского языка и проверяется преподавателем на русском языке.

Фактически для большей части студентов из ближнего зарубежья русский язык является иностранным (L2), следовательно, им приходится переводить всю информацию, получаемую на английском языке (L3), сначала на родной (L1), затем на русский (L2), и воспроизводить ее устно или письменно преподавателю. И в обратном порядке – русский (L2) – родной язык (L1) – английский (L3). Практически изучение одного иностранного языка (английского) (L3) осуществляется через другой иностранный язык (русский) (L2). Поскольку уровень владения русским языком достаточно низкий, он не обладает большим потенциалом для изучения английского, выступая в ка-

честве языка-посредника, по крайней мере на начальном этапе обучения в вузе.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о важности изменения подхода к обучению иностранных студентов английскому языку. Для обеспечения повышения качества и облегчения процесса обучения считаем необходимым внедрение и использование образовательных технологий и методик, отвечающих требованиям новых образовательных стандартов, а именно информационно-коммуникационные технологии, интерактивные методы обучения, организацию и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Учитывая развивающий потенциал ИКТ, способных обеспечивать интерактивность образовательного процесса, осуществлять оперативную обратную связь, способствовать развитию исследовательских и коммуникативных навыков, а также обладающих обширным диапазоном других образовательных возможностей, считаем целесообразным их использование в процессе обучения иностранному языку и организации самостоятельной работы студентов в полиэтнических группах. Это позволит изменить формат аудиторной и самостоятельной работы, разнообразить и облегчить освоение, отработку и закрепление учебного материала в комфортных для каждого студента условиях (в индивидуальном режиме, темпе, без ограничения времени, с использованием всех необходимых материалов и источников и т.п.). Предварительная подготовка студентов обеспечит возможность преподавателю реже оперировать русским языком на занятии. Кроме того, применение ИКТ позволит эффективнее использовать время на практических занятиях, обраща-

ясь к интерактивным видам деятельности (дискуссионный, игровые), содействующим вовлечению всех студентов в процесс познания; побуждающим обмениваться знаниями, идеями, опытом; способствующим установлению эмоциональных контактов и работе в команде, чувству защищенности и собственной успешности.

Помимо электронных ресурсов, планируется разработка и публикация вводного курса в профессиональную лексику на английском языке и профессионально ориентированного учебного пособия, предусматривающего включение социокультурного компонента, способствующего формированию и развитию поликультурной языковой личности. Это позволит вовлечь обучающихся в диалог культур, познакомить с достижениями народов ближнего зарубежья, поможет научиться осуществлять продуктивное взаимодействие с носителями разных культур на английском языке, быть толерантными и заинтересованными в совместной деятельности.

Именно эти задачи будут решаться в процессе нашего дальнейшего исследования и подробно рассматриваться в последующих публикациях.

Выводы

Проведенное исследование позволило сделать следующие заключения.

1. Иностранные студенты, поступающие в КемГУ и КемГМУ, имеют достаточно низкий уровень владения английским языком, что осложняет овладение ими необходимыми компетенциями, предполагающими осуществление профессиональной и деловой коммуникации на английском языке, за достаточно небольшое количество часов, выделенное на освоение дисциплины «Иностранный язык».

2. Обучение английскому языку (L3) в данных вузах (объяснение, отработка, закрепление учебного материала, а также контроль и проверка понимания его содержания) ведется посредством русского языка (L2). Проведенное исследование показало достаточно низкий уровень практического владения иностранными студентами русским языком, что, в свою очередь, значительно затрудняет изучение английского.

3. В то же время следует отметить, что опрос студентов в полиэтнических группах показал их желание и готовность уделять больше внимания и времени изучению английского языка и самостоятельной работе;

они признают, что в настоящее время владение английским является одним из условий успешности в профессиональной жизни и получения престижной работы.

4. Использование возможностей ИКТ как субъекта педагогической интеракции позволит обеспечить подготовительную работу (освоение необходимого лексического и грамматического материала, формирование навыков аудирования (восприятия англоязычной речи на слух), повысить качество полученных знаний и навыков, активизировать самостоятельную и совместную групповую работу, облегчить процесс обучения иностранных студентов в целом.

5. Разработка и использование профессионально ориентированного учебного пособия и вводного курса в профессиональную лексику способствует возможности отработать и закрепить основной грамматический материал и профессиональную лексику, необходимые для осуществления коммуникации с представителями различных культур в будущей профессиональной и научной деятельности, для самообразования и других целей.

Статья выполнена в рамках проекта № 19-013-00805 А «Модели педагогической интеракции в процессе обучения иностранному языку в полиэтнической среде вуза» при финансовой поддержке фонда РФФИ.

Список литературы

1. Арефьев А.Л. Международный рынок образовательных услуг и российские вузы // Высш. образование в России. 2008. № 2. С. 154–157.
2. Капезина Т.Т. Проблемы обучения иностранных студентов в российском вузе // Электронный научный журнал «Наука. Общество. Государство». 2014. № 1 (5). С. 129–138.
3. Козулина А.П. Современные проблемы подготовки иностранных студентов к обучению в российских вузах // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: www.science-education.ru/119-15213 (дата обращения: 06.05.2020).
4. Берестнева О.Г., Марухина О.В., Щербаков Д.О. Проблема адаптации иностранных студентов как проблема адаптации субъекта деятельности к измененным условиям // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9985> (дата обращения: 06.05.2020).
5. Перевалова А.А. Педагогическая интеракция в условиях полиэтнической образовательной среды вуза // Мир науки. Педагогика и психология. 2019. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/63PDMN119.pdf> (дата обращения: 06.05.2020).
6. Ресенчук А.А., Тунева Н.В. Стереотипы об изучении иностранного (английского) языка у монолингвов и билингвов славянской и тюркской языковых групп // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29136> (дата обращения: 06.05.2020).

УДК 378.14:372.8

ИНТЕГРАЦИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ДЕЛОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ» В КОНТЕКСТЕ ТРЕБОВАНИЙ ИДЕОЛОГИИ CDIO

Приходько О.В.

*Сибирский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации,
Сибирский федеральный университет, Красноярск, e-mail: ov.prikhodko@yandex.ru*

Статья посвящена проблеме интеграции в образовательном процессе. Рассматривается сущность понятия «интеграция», раскрываются ее виды и смыслы. Сегодня во многих университетах мира реализуется модель мультидисциплинарного образования, основанная на междисциплинарной интеграции. В том числе в СФУ реализуется Всемирная инициатива CDIO, направленная на подготовку инженеров нового поколения и подчеркивающая необходимость интеграции дисциплинарных знаний, личностных и межличностных компетенций выпускника, а также его умения изобретать продукты и системы. В статье показана интеграция в учебном плане по направлению подготовки «Металлургия CDIO», рассказывается о проектировании образовательного процесса по дисциплине «Деловые коммуникации» в идеологии обратного дизайна в контексте требований идеологии CDIO. Поскольку в гуманитарных науках объектом является человек как интегративная личность и его деятельность, то в процессе преподавания гуманитарных дисциплин мы развиваем личностные и межличностные компетенции обучающихся и выстраиваем образовательный процесс на деятельностном подходе, используя разные виды интеграции. Согласно принципу интеграции, развитие речевой культуры обучающихся осуществляется не только в процессе упражнений и заданий, направленных на развитие речи, но и при организации всех видов деятельности. Приводятся примеры заданий технологической, содержательной, индивидуально-личностной интеграции в образовательном процессе по дисциплине «Деловые коммуникации».

Ключевые слова: интеграция, междисциплинарная интеграция, интегрированное занятие, интегрированное задание, коммуникация, речевая культура

INTEGRATION DURING TEACHING THE DISCIPLINE «BUSINESS COMMUNICATION» IN THE CONTEXT OF THE CDIO IDEOLOGY REQUIREMENTS

Prikhodko O.V.

*Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, The Siberian Federal University,
Krasnoyarsk, e-mail: ov.prikhodko@yandex.ru*

Our research is devoted to the problem of integration in the educational process. The «integration» concept is discussed; its types and meanings are revealed. Today, many universities around the world are implementing a model of multidisciplinary education based on interdisciplinary integration. Among them, SFU is implementing the CDIO global initiative, which is aimed at training a new generation of engineers and emphasizes the need to integrate disciplinary knowledge, personal and interpersonal competencies of graduates, as well as their ability to invent products and systems. The article shows integration in the curriculum according to the program of «CDIO metallurgy», describes the design of the educational process in the discipline «Business communication» in the reverse design ideology in the context of the requirements of the CDIO ideology. Since in the humanitarian sciences the object is a man as an integrative person and his activities, in the process of teaching Humanities, we develop personal and interpersonal competencies of students and build the educational process on an activity-based approach, using different types of integration. According to the principle of integration, the development of speech culture of students is carried out not only in the process of exercises and tasks aimed at the development of speech, but also in the organization of all types of activities. Examples of tasks of technological, meaningful, individual-personal integration in the educational process in the discipline «Business communication» are given.

Keywords: integration, interdisciplinary integration, integrated lesson, integrated task, communication, speech culture

Одной из актуальных проблем подготовки будущих инженеров на современном этапе является междисциплинарность образования. Это направление в науке обусловлено тем, что глобальные проблемы человечества, с решением которых связаны основные задачи инженерной деятельности, носят междисциплинарный характер. Поэтому инженеры должны иметь

не только соответствующую профессиональную подготовку, но и быть социально ориентированными: понимать влияние результатов своей деятельности на общество и окружающую среду, внедрять новые технологии, направленные на улучшение жизни человека, уметь выстраивать коммуникацию на всех уровнях, владеть деловой культурой.

Однако учёные отмечают, что дисциплинарная расчлененность в образовании не формирует системные знания у обучающихся, и акцентируют проблему преодоления межсистемных знаний. Это и послужило основанием выбора темы статьи, целью которой стало обоснование интеграции в процессе преподавания дисциплины «Деловые коммуникации». Объект исследования – дисциплина «Деловые коммуникации». Предмет – интеграция в образовательном процессе.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу исследования составил:

- системный подход, предлагающий рассмотрение относительно самостоятельных компонентов процесса образования во взаимосвязи и развитии;
- личностно ориентированный подход, предусматривающий субъектную позицию обучающегося в учебной деятельности;
- интегративный подход, предполагающий целостность целевых, содержательных, деятельностных, мотивационных и результативно-оценочных сторон деятельности субъектов при решении задач образования;
- компетентностный подход, ориентирующий на подготовку выпускников, способных решать конкретные профессиональные задачи;
- деятельностный подход, акцентирующий приоритетность активных технологий и методов обучения.

Результаты исследования и их обсуждение

Решения проблемы преодоления межсистемных знаний в педагогической науке предлагаются разные, но главное из них – сочетание теории и практики в образовательном процессе. Здесь на помощь приходит интеграция.

В педагогическом словаре интеграция трактуется как «объединение, органическое слияние образовательных учреждений, систем, подходов, направлений, образовательных программ, разных предметов или их элементов внутри образовательных областей» [1]. Сущность интеграции раскрывается через такие ключевые понятия, как взаимопроникновение, взаимодополнение, взаимосочетаемость, взаимозависимость, единство, целостность.

Интеграция предполагает объединение нескольких видов деятельности и разных средств развития личности в процессе образования, повышает мотивацию обучения за счет рассмотрения явления или

события с нескольких сторон, что формирует познавательный интерес обучающихся, развивает их творческое мышление. Существуют разные классификации интеграции: по методам, по приемам, по способам, по уровням, по направлениям.

Анализ педагогических трудов по теме исследования (А.А. Католиков, Б.М. Кедров, В.Н. Максимова, А.В. Теремов, В.Т. Фоменко) позволил выделить такие виды интеграции, как внутриспредметная (между разделами и темами одной дисциплины), междисциплинарная (по горизонтали: объединение подобного материала в разных дисциплинах; по вертикали: объединение материала одной дисциплины разного уровня сложности; интегрированное занятие (бинарное или с использованием междисциплинарных связей на основе единства изучаемых тем), интегрированный курс: объединение нескольких дисциплин в рамках конкретной темы), межсистемная (объединение содержания разных систем образования) [2].

Ученый А.В. Теремов идет дальше и выделяет еще интеграцию способов деятельности и интеграцию «организационных форм и методов обучения, адекватных целостному восприятию обучающимися объектов, предметов, явлений и процессов действительности, способствующих гармоничному развитию их личности» [3].

Поскольку человек сам по себе – интегративное существо, представляющее собой синтез операционально-технологических и эмоционально-ценностных качеств, интеграция в познании себя и окружающего мира естественна. Таким образом, в процессе образования происходит интеграция знаний на общенаучном, профессиональном и индивидуально-личностном уровнях. Общенаучный уровень включает в себя понятия, факты, законы, принципы и общенаучные методы исследования. В профессиональные знания входят целевые установки решения проблем, профессиональное содержание и технологические аспекты проблем. Индивидуально-личностный уровень подразумевает развитие способностей, раскрытие потенциала и формирование Я-образа.

Социально-экономическая интеграция и междисциплинарность научных исследований формируют заказ на подготовку специалиста, обладающего системным мышлением и способного ориентироваться в проблемах разных наук [4]. На сегодняшний день во многих университетах США, Европы и Азии реализуется модель мультидисциплинарного образования, основанная на междисциплинарной интеграции.

В Сибирском федеральном университете реализуется Всемирная инициатива CDIO, направленная на подготовку инженеров нового поколения.

Инициатива CDIO прописала 12 стандартов образовательных программ. В стандарте 2 «Результаты программы CDIO» говорится о необходимости интеграции дисциплинарных знаний, личностных и межличностных компетенций выпускника, а также его умения изобретать продукты и системы. Эта же мысль продолжается в стандартах 3 «Интегрированный учебный план» и 7 «Интегрированные учебные задания». В условиях развития личностных и межличностных компетенций одновременно с формированием дисциплинарных и профессиональных компетенций, согласно психологам Б.Г. Ананьеву и С.Л. Рубинштейну, происходит внутриличностная интеграция человека.

Учебный план подготовки будущих бакалавров по направлению подготовки 22.03.02.11 «Металлургия CDIO» в рамках реализации проекта инженерного образования в идеологии Всемирной инициативы CDIO представлен в модульной форме. Например, естественнонаучный модуль включает математику, физику, химию. В гуманитарный модуль входит иностранный язык, история, философия науки и техники производства, личностное развитие, командообразование. Инженерный модуль включает дисциплины профессионального цикла. В ходе образовательного процесса преподаватели, в соответствии с компетентностным подходом и стандартами CDIO, создают и используют условия интеграции, выделяя общие идеи, приемы исследования окружающей действительности средствами своих дисциплин, используя общность структур различных видов деятельности, общенаучные методы познания. Внутри модулей проводятся интегрированные занятия, используются задания интегративного содержания с профессиональным контекстом.

В соответствии с требованиями идеологии CDIO нами выстроено содержание дисциплины по выбору «Деловые коммуникации», которая изучается в 3–4 семестре и состоит из четырех зачетных единиц. Цель преподавания дисциплины «Деловые коммуникации»: формирование у обучающихся системы общекультурных, личностных и межличностных компетенций по практическому применению в повседневной и профессиональной деятельности теоретических знаний о процессах, закономерностях, этических правилах и психологических механизмах

протекания разных видов и форм деловой коммуникации.

Целенаправленное развитие речевой культуры в дисциплине «Деловые коммуникации» в интеграции с дисциплинами гуманитарного цикла обладает значительным педагогическим потенциалом в становлении нравственно-моральных качеств личности будущего бакалавра, развитии коммуникативных умений, эмоционально-ценностного отношения и профессиональной культуры инженера. Востребованность речевой культуры при решении учебно-профессиональных задач в дисциплинах профессионального блока способствует закреплению у будущих бакалавров навыков результативной речевой деятельности [2].

При проектировании образовательного процесса по дисциплине «Деловые коммуникации» в идеологии обратного дизайна нами были выделены компетенции в соответствии с ФГОС ВО, которые должны быть сформированы у выпускника в результате освоения программ бакалавриата, далее они были соотнесены с результатами обучения по Syllabus CDIO в уровне декомпозиции «3. Межличностные умения: работа в команде и коммуникации», затем сформулированы результаты обучения дисциплине, для достижения которых подобраны формы, виды работы и способы оценки результатов деятельности будущего инженера, представленные в табл. 1 [5].

Поскольку в гуманитарных науках объектом является человек как интегративная личность и его деятельность, то в процессе преподавания гуманитарных дисциплин, в частности «Деловых коммуникаций», мы развиваем личностные и межличностные компетенции обучающихся. Таким образом, воспитывать, преобразовывать человека можем в деятельности, а значит, основывать и выстраивать образовательный процесс на деятельностном подходе, используя разные виды интеграции. Согласно принципу интеграции, развитие речевой культуры обучающихся осуществляется не только в процессе упражнений и заданий, направленных на развитие речи, но и при организации всех видов деятельности.

Проявлению уровня сформированности речевой культуры и ее дальнейшему развитию способствует командная форма работы, в которой приобретаются навыки общения, сотрудничества, взаимопроверки и взаимоконтроля [2]. В табл. 2 представлены примеры интегрированных заданий в процессе преподавания дисциплины «Деловые коммуникации».

Таблица 1
Проектирование результатов обучения дисциплине «Деловые коммуникации»
для будущих бакалавров направления 22.03.02.11 Металлургия CDIO

№ п/п	Результат обучения по ФГОС	Результат обучения по Syllabus CDIO	Результат обучения дисциплине	Методы и средства
1	Способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-3)	3.2. Коммуникация 3.2.1. Коммуникационная стратегия 3.2.2. Коммуникационная структура 3.2.3. Письменная коммуникация 3.2.4. Электронные / мультимедиа коммуникации 3.2.5. Устная презентация 3.2.6. Опрос, слушание, ведение диалога 3.2.7. Ведение переговоров, достижение компромисса, разрешение конфликта 3.2.8. Отстаивание позиции	Чётко и ясно излагает собственные мысли и приводит факты для подкрепления своих суждений. Готовит и делает эффективные устные презентации. Использует технологии и графики для более ясного изложения своих мыслей и решений. Во время презентации отвечает на поставленные вопросы. Письменные материалы выстроены в чёткой логической последовательности и не содержат ошибок	Доклад, дискуссия. Создание и защита презентации. Обсуждение на семинаре. Индивидуальные и групповые проекты. Интеллектуальная работа в командах. Решение ситуационных задач. Деловая игра. Викторина. Анализ и интерпретация текстов. Написание и защита эссе. Составление и написание пакета официальных документов. Составление кроссвордов, схем, таблиц, ментальных карт, создание проекта. Работа в электронном образовательном курсе на платформе Moodle СФУ
2	Способность работать в команде, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОК-4)	3.1. Работа в команде 3.1.1. Формирование эффективной команды 3.1.2. Управление командой 3.1.3. Командный рост и развитие 3.1.4. Лидерство в команде	Вносит свой вклад в решение задачи. Принимает активное участие, слушает и сотрудничает с остальными членами команды. Делится информацией и помогает примирить членов команды, когда между ними возникают разногласия	
3	Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-5)	2.4. Позиция, мышление и познание 2.4.5. Самосознание, самопознание и интеграция знания 2.4.6. Обучение и образование в течение всей жизни	Способен к саморазвитию, самоорганизации и обучению в течение всей жизни	

Таблица 2
Примеры интегрированных заданий в процессе преподавания дисциплины «Деловые коммуникации»

№ п/п	Тема	Методы, формирующие интегративные знания и интегративные качества личности	Вид интеграции
1	2. Основные аспекты речевой коммуникации 3. Функциональные стили речи	Работа с текстами с металлургической тематикой: 1) трансформация при компрессии текста (аннотирование, составление плана, тезисов, цитирование, конспектирование, рецензирование, реферирование); 2) редактирование дефективного текста (исправление речевых, логических, фактических ошибок); 3) составление профессионального глоссария	Технологическая, содержательная, индивидуально-личностная
2	Все темы дисциплины	Рассказ. Подготовить доклад, реферат, эссе или информационное сообщение со слайдовым сопровождением на предложенные темы либо по выбору студента с учётом темы занятия. Беседа. Викторина	Технологическая, содержательная, индивидуально-личностная
3	3.6. Публичное выступление как жанр публицистического стиля и как форма деловой коммуникации	Ролевая игра, решение ситуационных задач. Выполнение упражнений, например: Составьте 5–7 вариантов приветствия аудитории и прощания с ней, фраз, управляющих вниманием аудитории. Публичное выступление: Подготовьте информационную речь (5–7 минут) на актуальную тему. Обсудите выбор. Выстройте речь в соответствии с требованиями, используйте приемы привлечения внимания аудитории, заключительные фразы речи, наглядные средства	Технологическая, содержательная, индивидуально-личностная
4	4.1. Корпоративное общение и управление	Деловая игра «Открытие фирмы. Набор сотрудников»	Технологическая, индивидуально-личностная
5	4.2. Критика и комплименты в деловой коммуникации	Решение ситуационных задач (критика сотрудников, замечания коллегам)	Технологическая, индивидуально-личностная
6	5.1. Коммуникативные барьеры и пути их преодоления	Выполнение упражнений, например: Назовите вежливые формы обращения с просьбой, затем вежливые формы отказа. Разыграйте в парах	Технологическая, индивидуально-личностная
7	5.2. Гендерный аспект коммуникативного поведения	Дискуссия «Раздельное обучение: за и против»	Технологическая, индивидуально-личностная

Окончание табл. 2			
№ п/п	Тема	Методы, формирующие интегративные знания и интегративные качества личности	Вид интеграции
8	5.3. Психология поведения в процессе деловых коммуникаций	Решение ситуационных задач	Технологическая, индивидуально-личностная
9	5.4. Слушание в деловой коммуникации	Выполнение упражнений на внимательное слушание, умение задавать вопросы и отвечать на них	Технологическая, индивидуально-личностная
10	6.2. Внешний вид делового человека	Выполнение упражнений, например: 1. Опишите имидж одного человека. 2. Проанализируйте имидж известного публичного человека. Решение ситуационных задач, например: Создайте образ делового мужчины для встречи с делегацией из другого города. Учтите встречу в аэропорту, сопровождение в гостиницу, переговоры в офисе, культурную программу, ужин. Город, время года, место работы, возраст, параметры внешнего вида указаны	Технологическая, индивидуально-личностная
11	7.1.-7.4 Специальные деловые события	Решение ситуационных задач, ролевая игра «Телефонные переговоры», деловая игра	Технологическая, индивидуально-личностная
12	7.5. Самопрезентация 7.6. Презентация	Выполнение упражнений, например: 1. Лифтовая презентация. Вы входите в лифт и видите там человека, которому давно хотели представиться. Расскажите ему о себе. У вас на это 30 секунд – пока едет лифт: кто вы? чем занимаетесь? чем и кому вы можете быть полезны? 2. Лифтовая презентация для особенных. Лифт едет всего 10 секунд, а вместе с вами едут 10 ваших конкурентов. 3. Проведите презентацию в аудитории, там, где сейчас находитесь (в комнате, поезде, самолете, парке, др.). Сколько помех вы можете предусмотреть?	Технологическая, индивидуально-личностная
13	7.7. Деловая полемика: спор, дебаты, дискуссии, прения»	Публичный спор на тему: «Конфликт между поколениями – объективная неизбежность или результат нашей общей невоспитанности?»	Технологическая, индивидуально-личностная

Заключение

Интеграция – необходимый процесс современного образования, позволяющий преодолеть проблему межсистемности знаний. Применение в преподавании дисциплины «Деловые коммуникации» таких видов интеграции, как технологическая, содержательная, индивидуально-личностная, способствует становлению нравственно-моральных качеств личности обучающегося, развитию коммуникативных умений, формированию эмоционально-ценностного отношения и профессиональной культуры инженера.

Список литературы

1. Жеглова О.А. Развитие гуманитарной культуры студентов вуза в условиях межпредметной интеграции дисциплин гуманитарного цикла // Теория и практика образования в современном мире: материалы междунар. науч. конф. СПб.: Реноме, 2012. С. 9–12.
2. Приходько О.В. Развитие речевой культуры будущих бакалавров в процессе профессиональной подготовки в вузе: дис. ... канд. пед. наук. Красноярск, 2017. 262 с.
3. Теремов А.В. Интегративные тенденции в естественнонаучном и гуманитарном образовании школьников: автореф. дис. ... докт. пед. наук. Москва, 2007. 45 с.
4. Чекмарев В.В. Мышление будущего: междисциплинарное образование как условие конкурентоспособности // Теоретическая экономика. 2014. № 3. С. 36–42.
5. Международный семинар по вопросам инноваций и реформированию инженерного образования «Всемирная инициатива CDIO»: Материалы для участников семинара (Пер. С.В. Шикалова) / Под ред. Н.М. Золотаревой и А.Ю. Умарова. М.: Изд. Дом МИСиС, 2011. 60 с.

УДК 371:373.5

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Савватеева О.А., Федорук Н.А., Федотова К.П.

*ГБОУ ВО Московской области «Государственный университет «Дубна», Дубна,
e-mail: ol_savvateeva@mail.ru*

Данная статья посвящена исследованию проблемы развития экологического образования и просвещения в средней школе. Несмотря на наличие предпосылок реализации этого блока образования в Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования, в большинстве общеобразовательных школ нашей страны направление реализуется на недостаточно высоком уровне. При этом нарастание экологического кризиса и сложностей во взаимоотношениях человека с окружающей средой требует наличия у каждого человека элементарных экологических знаний, умений строить экологические прогнозы хотя бы на ближайшую перспективу и навыков рациональной жизнедеятельности. Сложности обеспечения должного уровня экологического образования и связанного с ним уровня формирования экологической культуры обусловлены отсутствием в программе школьного образования предмета экологии и невозможностью исполнения всех необходимых мероприятий в рамках лишь урочной деятельности. Выходом из ситуации представляется внеурочная деятельность, а особенно такие формы образования, как приглашение внешних экспертов и специалистов, проведение недель экологии и экологических акций, использование свободных онлайн-материалов специализированных организаций, проведение исследовательской работы, организация экологических лагерей, взаимодействие с особо охраняемыми природными территориями и использование ресурсов библиотек. В качестве примера комплексной реализации большинства названных форм и методов рассмотрена деятельность в сфере экологического образования в наукограде Дубна Московской области.

Ключевые слова: экологическое образование, экологическая культура, средняя школа, внеурочная деятельность, Федеральный государственный образовательный стандарт

ENVIRONMENTAL EDUCATION IN SECONDARY SCHOOL

Savvateeva O.A., Fedoruk N.A., Fedotova K.P.

Dubna State University, Dubna, e-mail: ol_savvateeva@mail.ru

This article is devoted to the study of environmental education and enlightenment development in secondary school. Despite the existence of prerequisites for the implementation of this education block in the Federal State Educational Standard of Basic General Education, most general education schools in our country work out this aspect at insufficient level. At the same time the increase in the environmental crisis and difficulties in the relationship between man and the environment require elementary environmental knowledge, the ability to build environmental forecasts and the skills of rational life for each person. The difficulties of environmental education proper level and related environmental culture level ensuring are connected to the lack of ecology in the school curriculum and the impossibility of all necessary measures carrying out in the lesson activities framework. The decision of this situation is extra-regular activities, especially such forms of education as the invitation of external experts and specialists, the organization of ecology weeks and environmental actions, the use of specialized organizations free online materials, pupils' research, the organization of environmental camps, interaction with protected natural territories and the use of library resources. As an example of the comprehensive implementation of most specified forms and methods Dubna Science city (Moscow region) activities in the field of environmental education are represented.

Keywords: environmental education, ecological culture, secondary school, after-school activities, Federal State Educational Standard

В настоящее время человечество переживает эпоху сильнейшего обострения взаимоотношений с окружающей средой, время усиления количества и масштабов проявления неблагоприятных природных и техногенно обусловленных явлений, когда каждый должен иметь основные знания по экологически рациональной жизнедеятельности и умения прогнозировать надвигающиеся угрозы со стороны окружающей среды хотя бы в ближайшей перспективе. Трансляция подобных знаний, развитие умений и навыков предполагаются в рамках экологического образования, воспитания и просвещения.

Экологическое образование следует рассматривать как часть общеобразователь-

ной подготовки учащихся, целью экологического образования и просвещения является формирование экологической культуры учащихся, их любви к окружающей среде, экологическая культура является составной частью общей культуры. В средней школе чаще всего изучают основы экологии, а также характер взаимодействия и взаимосвязи общества и природы, плавно переходя к философским аспектам естественных наук. Экологическое образование способствует осознанию каждым школьником экологических проблем современности, их последствий, путей решения и предотвращения возникновения новых [1, 2].

Исходя из сказанного выше, актуальность исследования тематики экологическо-

го образования в школе в целом и в средней школе в частности, а также обмен опытом в этой сфере являются актуальными и практически значимыми.

Целью исследования является анализ правовой и методической базы для развития системы экологического образования в средней школе, а также определение достаточности уровня формирования экологической культуры школьников среднего звена и выявление тех направлений образовательной деятельности, следование которым позволит достичь более явного приумножения экологических знаний, умений и навыков. Практическая значимость работы и ее новизна определяются тем, что все виды деятельности рассмотрены через призму практического применения в г. Дубне Московской области, где система экообразования внедряется более 10 лет в непрерывной и сквозной форме, а уровень школы является одним из основных.

Материалы и методы исследования

В основу исследования положены работы практиков в сфере экологического просвещения и воспитания детей среднего школьного возраста, а также методические и правовые документы в указанной области и результаты деятельности авторов за последние годы в области экологического воспитания, образования и просвещения детей дошкольного, младшего и среднего школьного возраста, а также взаимодействия со средними образовательными учреждениями, ГОРУНО и организациями дополнительного образования и волонтерской направленности.

Результаты исследования и их обсуждение

Основная школа является одним из важнейших этапов формирования экологической культуры и мировоззрения личности.

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту основного общего образования (утвержден приказом № 1897 Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г.) личностные результаты освоения основной образовательной программы основного общего образования должны отражать в числе прочих формирование основ экологической культуры, соответствующей современному уровню экологического мышления, развитие экологически ориентированной рефлексивно-оценочной и практической деятельности в жизненных ситуациях, а метапредметными результатами освоения программы должны быть сформированное и развитое экологическое

мышление и умение применять его в познавательной, коммуникативной, социальной практике и профессиональной ориентации.

Формирование экологической культуры выступает одним из направлений программы. Кроме того, программа должна обеспечить:

- участие обучающихся в экологическом просвещении сверстников, родителей, населения; в благоустройстве школы, класса, сельского поселения, города;
- осознание обучающимися ценности экологически целесообразного, здорового и безопасного образа жизни;
- формирование знаний о современных угрозах для жизни и здоровья людей, в том числе экологических и транспортных, готовности активно им противостоять;
- формирование готовности обучающихся к социальному взаимодействию по вопросам улучшения экологического качества окружающей среды, устойчивого развития территории, экологического здоровьесберегающего просвещения населения;
- осознание обучающимися взаимной связи здоровья человека и экологического состояния окружающей его среды, роли экологической культуры в обеспечении личного и общественного здоровья и безопасности; необходимости следования принципу предосторожности при выборе варианта поведения.

Изучение предметной области «Общественно-научные предметы» должно обеспечить овладение учащимися экологическим мышлением, обеспечивающим понимание взаимосвязи между природными, социальными, экономическими и политическими явлениями, их влияния на качество жизни человека и качество окружающей его среды. При этом основным предметом, формирующим указанные навыки, является география.

Предметная область «Естественнонаучные предметы» должна обеспечить у учащихся формирование целостной научной картины мира, понимание возрастающей роли естественных наук и научных исследований в современном мире, постоянного процесса эволюции научного знания, значимости международного научного сотрудничества, воспитание ответственного и бережного отношения к окружающей среде, овладение экосистемной познавательной моделью и ее применение в целях прогноза экологических рисков для здоровья людей, безопасности жизни, качества окружающей среды и осознание значимости концепции устойчивого развития. Предметами, в рамках которых решаются поставленные задачи, являются физика, биология и химия.

Отдельное внимание уделяется таким предметным областям, как «Технология» и «Физическая культура и основы безопасности жизнедеятельности», при изучении которых у школьников среднего звена формируются соответственно способности придавать экологическую направленность любой деятельности, проекту и демонстрировать экологическое мышление в разных формах деятельности; и установки активного, экологически целесообразного, здорового и безопасного образа жизни, основы современной культуры безопасности жизнедеятельности, понимание ценности экологического качества окружающей среды как естественной основы безопасности.

Таким образом, образовательный стандарт, который действует в настоящее время, отражает системный подход к вопросу экологического образования, воспитания и просвещения школьников среднего звена, содержит ряд генеральных указателей на возможности и подходы к реализации деятельности в обсуждаемом аспекте.

Школьное экологическое образование характеризуется двумя нераздельными сторонами: теоретической и практической. В основе существования жизни лежат законы природы, на изучение которых направлено теоретическое обучение. Развитие мировоззрения формируется с помощью практической деятельности, через наблюдения и получаемый личный опыт взаимодействия с объектами окружающей природы. Только лишь знакомство с литературой, серфинг интернета, просмотр телевизион-

ных программ не способны в полной мере сформировать практико-ориентированные взгляды человека. Мировоззрение формируется в сознании личности после практического применения полученных знаний, системы ценностей и овладения навыками (рис. 1) [3].

У обучающихся в процессе экологического образования формируются компетенции по организации экологической деятельности [4]:

- в сфере общественно-политической деятельности – выполнение функций гражданина при охране и защите природы своей Родины, реализация прав и обязанностей гражданина согласно Конституции РФ и ФЗ «Об охране окружающей среды»;

- в сфере социально-производственной деятельности – анализ собственных профессиональных приоритетов и способностей через призму рационального природопользования, ориентирование в сфере наилучших доступных технологий и современных разработок в области охраны окружающей среды;

- в сфере учебно-познавательной деятельности – умения осуществлять самостоятельный поиск, получать, анализировать, систематизировать и интерпретировать информацию и большие массивы данных в области экологии и природопользования;

- в сфере эколого-практической деятельности – навыки организации жизнедеятельности в соответствии с генеральными естественнонаучными законами и требованиями устойчивого развития и неразрушительными принципами.

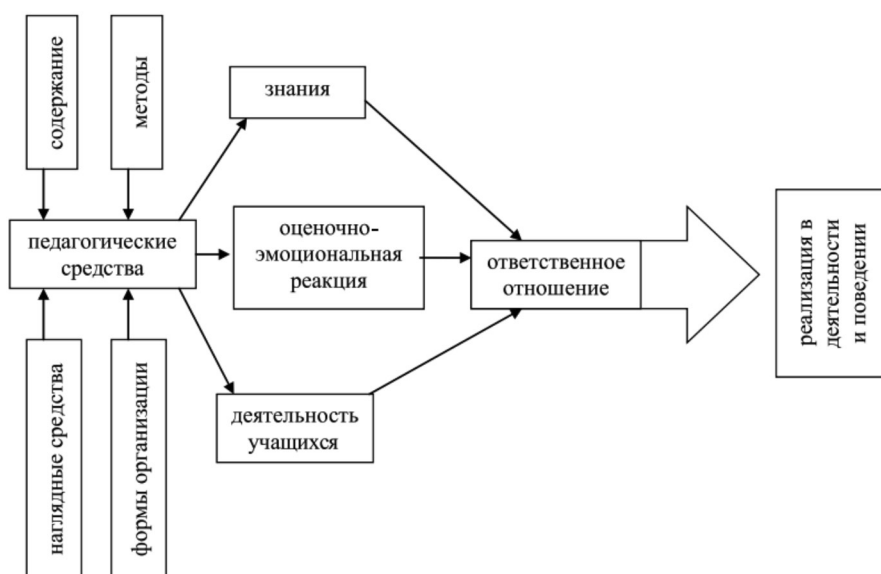


Рис. 1. Схема перехода от теоретических экологических знаний к практико-ориентированной экологической деятельности



Рис. 2. Формы экологического образования и воспитания учащихся

Сегодня предмет экологии согласно рассмотренным выше положениям Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (утвержден приказом № 1897 Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г.) рассматривается не как отдельная дисциплина, а как сложная междисциплинарная область знаний, опирающаяся на синтез подходов для правильного формирования экологического мировоззрения [4]:

1) естественнонаучный – обучение через предметы школьной программы (география, физика, биология, химия, физическая культура, основы безопасности жизнедеятельности), в рамках которых раскрываются блоки знаний, тренируются умения, развиваются навыки по тем или иным вопросам экологической направленности;

2) этнический – школьное экологическое образование должно включать особенности национальных традиций каждого региона Российской Федерации;

3) натуралистический – изучение природы через саму природу. Данный подход ориентирован на стремление дать не только необходимые знания, но и углубить понимание природы.

Основная форма реализации экологического образования в школе – школьный урок. Однако ограниченность временных рамок урока и наличие достаточно жесткой программы не дает учителю возможности передать в полном объеме необходимые знания и тем более практические навыки экологической направленности. В школе экологическое просвещение в основном построено на стремлении и энтузиазме лишь некоторых преподавателей и учителей, которые реализуют свою деятельность в большинстве случаев во внеклассной деятельности (рис. 2) [5].

При усилении в последние годы в образовательных учреждениях всех уровней подготовки роли профориентационной деятельности, одним из решений может быть приглашение в часы внеурочной деятельности внешних экспертов и специалистов, приглашенных гостей. Так, в г. Дубне Московской области подобная практика реализуется более 10 лет, при этом в школу приглашаются студенты старших курсов кафедры экологии и наук о Земле государственного университета «Дубна» для проведения экологических занятий, на которых рассматривается какая-либо тема на базе презентации и видеоблока, которая закре-

пляется кроссвордом, экологической игрой, игрой-угадкой или объявлением конкурса или акции. Также в Дубне с 2010 г. компанией ООО «ЭКОСИСТЕМА» реализуется проект «Экошкола», направленный на формирование культуры раздельного сбора отходов.

Несколько раз в разных школах г. Дубны проводились недели экологии. Здесь необходимы интерактивные мероприятия по экологическому просвещению и воспитанию: викторины, творческие конкурсы, олимпиады, аналоги эрудических телевизионных передач, спектакли на экологическую тематику. При наличии благоприятных погодных условий занятия проводятся вне стен класса: кратко преподносится теоретический материал (например, о растительном и животном мире г. Дубны или отходах), а затем реализуется практическая часть (исследуется травянистый покров вокруг школы, собирается гербарий / фотографируются растения, выполняются наблюдения за птицами или выполняется уборка / благоустройство территории соответственно). Также выполнение практической составляющей может быть отложенным по времени, когда задание выдается на определенный период, а итоги подводятся для всего класса позже.

При усилении роли информационных технологий и проведении школьниками большого объема времени за персональными компьютерами целесообразно рассмотреть имеющиеся возможности в онлайн-режиме и игровые и соревновательные методы. В первую очередь необходимо обратить внимание на деятельность Центра экономии ресурсов (<http://centreon.ru/>) и образовательный портал Общероссийских экологов («Экокласс.рф»), где собрано более 35 интерактивных экологических уроков. Цель этих уроков – научить школьников помогать природе простыми и доступными способами, все материалы доступны для бесплатного использования. На сайте зарегистрировано около 80 тысяч учителей, в уроках приняли участие более 2 миллионов школьников из всех регионов России и восьми стран СНГ. Целый ряд организаций в настоящее время занимается разработкой качественной методической литературы, тематических и дидактических материалов экологической направленности, организует выездные мероприятия, проведение мастер-классов и настольных игр. В г. Дубне Московской области налажено сотрудничество с Центром экономии ресурсов, во многих школах учителя и приходящие с визитами студенты-экологи используют не только собственные разра-

ботанные материалы, но и разработки указанных ресурсов.

Для расширения экологического кругозора, а также успеха природоохранной деятельности может быть рекомендовано проведение исследовательской работы с учащимися, благодаря которой школьники овладевают методами познания природы и накапливают собственный опыт. Природоохранная работа может быть весьма разнообразна, опирается на экспериментальные методы и исследовательские подходы. Это может быть изучение видового состава растений на пастбищах, культурных и дикорастущих, различных микроорганизмов, возбудителей и переносчиков заболеваний животных и растений; работы по изучению локальных источников загрязнения компонентов окружающей среды: атмосферы, гидросферы, почвенного покрова, лесных массивов», можно исследовать рекреационные возможности природных объектов.

Проведенные исследования показывают следующие положительные результаты: школьники понимают, что необходимо контролировать состояние экосистем, которые не должны испытывать негативного воздействия от прямой или косвенной деятельности человека, мониторинг среды способствует сохранению природного баланса, а для решения экологических проблем необходимы широкие знания в различных областях [6].

В педагогической практике существуют следующие типы проектов: информационные, исследовательские, творческие, игровые. Чаще всего предпочтение отдается исследовательским и творческим проектам, так как они активно побуждают развитие личности каждого отдельного школьника средних классов. Такого вида проекты позволяют учащимся проявлять личную инициативу, позволяют приобретать знания самостоятельно, генерировать свои идеи, что определенно даст хороший результат [6].

В г. Дубне Московской области сопровождение исследовательской и проектной работы школьников сотрудниками и студентами кафедр факультета естественных и инженерных наук государственного университета «Дубна» практикуется чуть менее 10 лет. Такое курирование повышает уровень выполняемых работ, налаживает взаимодействие между образовательными учреждениями, способствует росту экологической культуры учеников и студентов. Учащиеся среднего звена, благодаря участию в проектах, начинают успешно систематизировать накопленные знания и наблюдения, способны грамотно оформлять результаты своей деятельности в виде

статей, докладов, фотоотчетов. Школьники также могут представить результаты на конференциях (в том числе факультета естественных и инженерных наук государственного университета «Дубна»), публиковать свои работы на экологическую тематику на интернет-ресурсах (специализированных сайтах), журналах, представлять проекты на конкурсах. Некоторые школьники таким образом находят профессиональный путь, будущую профессию.

Во время школьных летних каникул хорошо зарекомендовавшим себя видом деятельности является организация экологических лагерей, экологических смен или проведение «зеленых» дней в оздоровительном лагере. Преимуществом такого подхода является получение интенсивной формы экологических знаний в непосредственном контакте с природой, участие в решении реальных проблем территории нахождения лагеря [7].

В г. Дубне Московской области неоднократно практиковалось проведение отдельных занятий и дней экологии в различных летних городских лагерях: рассматривались отдельные регионально обусловленные тематики, проводились экологические спортивные старты, игры, интерактивы. По результатам работы можно констатировать повышение интереса школьников к вопросам экологии.

Согласно ст. 71 ФЗ «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 установлена всеобщность и комплексность экологического образования, включающая в себя образование на различных уровнях, а также распространение экологических знаний через средства массовой информации, музеи, библиотеки, учреждения культуры, природоохранные учреждения, организации спорта и туризма. В этом аспекте весьма эффективным можно считать взаимодействие с особо охраняемыми природными территориями. Эколого-просветительская деятельность в государственных заповедниках и национальных парках реализуется через обустройство экологических троп, проведение экскурсий, воспитание у школьников созидательного отношения к природе и ее богатствам [8].

Важным фактором является использование в экологическом воспитании и просвещении школьников средней школы библиотек. Проводимые в библиотеке тематические мероприятия ставят своей задачей заинтересовать посетителей широким спектром актуальных экологических проблем на основе приобщения к чтению традиционных и электронных книг. Основой проведения работы по экологическому

просвещению подростков является фонд научно-популярной литературы, которая показывает взаимосвязь природы, общества и культуры, предостерегает детей от негативного поведения в окружающей среде. Электронные ресурсы по экологии позволяют вести работу по экологическому информированию детей и подростков в рамках индивидуального, группового и массового обслуживания [9].

В г. Дубне Московской области есть положительный опыт продвижения экологических идей через библиотеки: с 2019 г. совместно факультетом естественных и инженерных наук государственного университета «Дубна» и библиотеками семейного чтения реализуется проект «Экознания». В рамках проекта несколько раз в месяц для групп школьников общеобразовательных школ студенты кафедры экологии и наук о Земле в библиотеках проводят занятия природоохранной тематики, игры, обсуждения ключевых проблем экологии и другие виды деятельности.

На данный момент в нашей стране экологическое просвещение в средних учебных заведениях фрагментарное, в большинстве учреждений этим вопросам не отводят достаточного количества времени, а в некоторых школах они не затрагиваются вовсе [10].

Но при наличии предпосылок Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования, заинтересованности и целеполагания отдельных личностей, на базе сотрудничества школ с высшими образовательными учреждениями при поддержке бизнес-сообщества и добровольческой инициативы развитие экологического образования и просвещения в средней школе может быть весьма активным и продуктивным.

Заключение

Актуальность экологического образования и просвещения определяется глобальными экологическими вызовами, которые стоят перед всем человечеством и перед Россией. Экологическое образование и просвещение каждого человека должны содержать не только теоретические знания, но и практические навыки.

Экологическое образование учащихся средней школы является одним из основных блоков системы экообразования, его необходимо реализовывать различными методами и в разных формах, как на уроках различных предметов, так и во внеурочной деятельности через приглашение внешних экспертов и специалистов, проведение недель и дней экологии и экологических лагерей, онлайн-игры и соревнования, вы-

полнение исследований и проектов, взаимодействие с библиотеками, музеями, ООПТ и прочее.

На уровне отдельных муниципалитетов нашей страны в исследуемом аспекте существует положительный опыт, который необходимо развивать и тиражировать.

Список литературы

1. Мемедляев Д.Э. Экологическое воспитание учащихся в средней школе. ведущий образовательный портал «Инфоурок» [Электронный ресурс]. URL: https://infourok.ru/ekologicheskoe_vospitanie_uchaschihsya_v_sredney_shkole-415470.htm (дата обращения: 22.05.2020).
2. Движение ЭКА. Зачем нужно экологическое просвещение? Онлайн-медиа про образование и детей «Мел» [Электронный ресурс]. URL: <https://mel.fm/blog/yevgeniya-savina/24906-zachem-nuzhno-ekologicheskoye-prosveshcheniye> (дата обращения: 22.05.2020).
3. Кавтарадзе Д.Н. Экологическое образование – ключ к выживанию человечества! // Информационно-аналитический бюллетень «Киев-2003». 2003. № 5. С. 18–20.
4. Экоклас. Общероссийские и международные экологические уроки. [Электронный ресурс]. URL: <http://экокласс.рф> (дата обращения: 22.05.2020).
5. Данилова З.Д. Экологическое воспитание в средней школе // Биология. Все для учителя! 2011. № 4 (4). С. 8–10.
6. Чердниченко И.П. Экология 6–11 классы: внеклассные мероприятия, исследовательская деятельность учащихся. Волгоград: Учитель, 2010. 132 с.
7. Экологическое просвещение школьников. Агентство социальной информации. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.asi.org.ru/tag/ekologicheskoe-prosveshhenie-shkolnikov/> (дата обращения: 22.05.2020).
8. Лисниченко В.В., Лисниченко Н.Б. Основы педагогической экологии. Северодвинск: ОАО «Северодвинская городская типография», 2015. 95 с.
9. Анискович И.В. Экологическое воспитание в условиях школьной библиотеки через чтение и интернет ресурсы // Непрерывное экологическое образование: проблемы, опыт, перспективы: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. Томск: Изд. «Дельтаплан», 2019. С. 115–116.
10. Дзятковская Е.Н., Захлебный А.Н. Модели содержания экологического образования // Экологическое образование: до школы, в школе, вне школы. 2011. № 1. С. 12–17.

УДК 378:376.1

ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ ДЕФЕКТОЛОГОВ К КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ ПРОСОДИКИ У ДЕТЕЙ С ОВЗ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «РАЗВИТИЕ ИНТОНАЦИОННОЙ СТОРОНЫ РЕЧИ»

Семенова Т.Н.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева»,
Чебоксары, e-mail: tatyana900@yandex.ru

В статье представлены некоторые аспекты профессиональной подготовки бакалавров дефектологического профиля к коррекционно-логопедической работе по развитию просодической стороны речи у детей с ОВЗ на факультете дошкольной и коррекционной педагогики и психологии ЧГПУ им. И.Я. Яковлева в рамках изучения дисциплины «Развитие интонационной стороны речи». Раскрывается методическая новизна курса, которая заключается в том, что его преподавание базируется на проблемно-поисковой и игровой методиках обучения. Автором из собственного опыта работы приводятся примеры использования маркировочной таблицы INSERT (интерактивной системной разметки для эффективного чтения и понимания изучаемого материала) на лекционных занятиях. Одним из эффективнейших методов реализации профессионально-имитационных задач в образовательном процессе при изучении данного курса на практических и лабораторных учебных занятиях представлена деловая игра в рамках тем основного содержания дисциплины. Автор подробно описывает особенности одной из деловых игр, в которых студенты учатся использовать прием драматизации сюжетов детских прозаических и стихотворных художественных произведений для развития связной, эмоционально-выразительной речи у детей с ОВЗ и коррекции их нарушений просодии.

Ключевые слова: профессиональная подготовка, специальное (дефектологическое) образование, нарушения просодической стороны речи, развитие интонации

TRAINING OF FUTURE PATHOLOGISTS FOR THE CORRECTION PROSODIC DISORDERS IN CHILDREN WITH DISABILITIES IN THE STUDY OF THE DISCIPLINE «DEVELOPMENT OF THE INTONATION SIDE OF SPEECH»

Semenova T.N.

Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary,
e-mail: tatyana900@yandex.ru

The article presents some aspects of professional training of bachelors of defectological profile for correctional speech therapy work on the development of the prosodic side of speech in children with disabilities at the faculty of preschool and correctional pedagogy and psychology of the I. ya. Yakovlev CHPU within the framework of the discipline «development of the intonation side of speech». The methodological novelty of the course is revealed, which consists in the fact that its teaching is based on problem-search and game methods of teaching. The author gives examples of using the INSERT marking table (interactive system markup for effective reading and understanding of the material being studied) in lectures. One of the most effective methods of implementing professional simulation tasks in the educational process when studying this course in practical and laboratory training sessions is represented by the business game within the framework of the main content of the discipline. The author describes in detail the features of one of the business games in which students learn to use the technique of dramatizing the plots of children's prose and verse works of art to develop coherent, emotionally expressive speech in children with disabilities and correct their prosody disorders.

Keywords: professional training, special (defectological) education, violations of the prosodic side of speech, development of intonation

Профессиональная подготовка современного дефектолога в системе высшего образования обусловлена процессами, протекающими в социокультурной среде, возрастающими требованиями к качеству профессиональной компетентности.

В последние годы отмечается тенденция к значительному увеличению количества детей с речевой патологией. Новейшие исследования в области коррекционной педагогики (М.В. Арсентьева [1], О.С. Глухоедова [2], М.А. Ермакова [3], Е.В. Севастьянова [4], Т.В. Соколова [5] и др.) показывают, что на сегодняшний день одной из крайне актуальных проблем в специальной педагогике является проблема развития

произносительной стороны речи у детей с ОВЗ, в частности ее мелодико-интонационного (просодического) компонента.

Поскольку просодия и интонация пользуются одними и теми же средствами, есть определенная сложность в разделении этих понятий, что не входит в предмет исследования в контексте данной статьи. Оговоримся лишь, что интонация является основой просодии звучащей речи [6], и особенно остро проблема ее недоразвития касается детей с детскими церебральными параличами, с врожденными расщелинами губы и неба, с нарушениями слуха.

Нарушения иннервации мышц при ДЦП, патология анатомо-физиологического стро-

ения речевого аппарата при ринолалии либо недоразвитие слуховой функции обуславливают возникновение недостатков в голосоведении и интонировании. Это затрудняет как непосредственно речевое, так и личностное развитие детей с ОВЗ, поскольку акустические свойства голоса – это основное средство эмоционально-выразительно-го оформления смыслового высказывания.

Таким образом, развитие просодии не должно оставаться за пределами коррекционной работы по формированию рече-языковых способностей детей с ОВЗ. Дефектологу необходимо обеспечить всем детям возможность соприкоснуться с мелодико-интонационным богатством родного языка и содействовать его освоению [7].

В решении данной проблемы связующим звеном является профессиональная подготовка бакалавров дефектологического профиля к коррекционно-логопедической работе по развитию просодической стороны речи у детей с ОВЗ, усиление ее практической направленности. На факультете дошкольной и коррекционной педагогики и психологии Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева в рамках направления подготовки 44.03.03 Специальное (дефектологическое) образование в учебный процесс включена учебная дисциплина «Развитие интонационной стороны речи».

Цель исследования: обоснование роли, определение места и содержания учебной дисциплины «Развитие интонационной стороны речи» в вузовской системе профессиональной подготовки конкурентоспособного учителя-дефектолога на основе анализа инновационных тенденций развития современного высшего образования.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования являлись теоретико-эмпирические данные отечественных ученых по указанной проблематике, федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.03 Специальное (дефектологическое) образование (уровень бакалавриата), личный опыт автора статьи в области преподавания коррекционно-педагогических дисциплин. Комплексное изучение проблемы подготовки будущих дефектологов к развитию просодики у детей с ОВЗ осуществлялось на основе интеграции следующих методов: теоретических – анализ и систематизация научных исследований по проблематике формирования готовности будущих дефектологов к развитию интонационной стороны речи у детей с ОВЗ, обобщение

результатов исследования, педагогическое моделирование; эмпирических – изучение нормативно-правовой документации, педагогическое проектирование, анализ деятельности обучающихся вуза.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно требованиям основной профессиональной образовательной программы высшего образования бакалавриата по обозначенному направлению подготовки, освоение дисциплины «Развитие интонационной стороны речи» нацелено на формирование двух профессиональных компетенций: способности к рациональному выбору и реализации коррекционно-образовательных программ на основе личностно-ориентированного и индивидуально-дифференцированного подходов к лицам с ограниченными возможностями здоровья (ПК-1) и способности к организации, совершенствованию и анализу собственной образовательно-коррекционной деятельности (ПК-4).

Являясь практико-ориентированным, обозначенный курс направлен на формирование у будущих дефектологов представлений о просодике речи и ее компонентах, онтогенетических этапах ее становления, а также о существующих на сегодняшний день эффективных методиках развития интонационной стороны речи у детей с ОВЗ.

В результате изучения содержания данного курса в течение двух семестров, будущие дефектологи приобретают знания, умения и навыки по основным направлениям коррекционно-логопедической работы над голосом и интонацией детей с ОВЗ. Они должны знать компоненты интонации, структуру обследования их состояния у ребенка, критерии и показатели результатов диагностики просодической стороны речи, научно-методические основы организации занятий по развитию интонационной стороны речи с дошкольниками, имеющими ОВЗ.

Также студенту необходимо научиться выявлять задачи, содержание, организационные формы работы по развитию просодической стороны речи у детей; формулировать выводы по результатам диагностики просодики; разрабатывать модели фрагментов занятий по развитию различных компонентов интонации и органично включать их в общую систему коррекционно-логопедического воздействия.

Содержание дисциплины «Развитие интонационной стороны речи» носит интегративный характер, так как содержит знания из области логопедии, специальной

дошкольной педагогики и психологии, психолингвистики, теории и методики музыкального воспитания, техники речи.

Курс состоит из шести разделов: определение, компоненты и функции интонации; развитие интонационной системы языка в онтогенезе; особенности просодической стороны речи у детей с ринолалией, дизартрией, заиканием, нарушениями слуха; методика обследования восприятия и воспроизведения компонентов интонации у детей; технологии логопедической работы по развитию восприятия средств интонации; технологии логопедической работы по формированию воспроизведения средств интонации.

Методическая новизна курса заключается в том, что его преподавание базируется на проблемно-поисковой и игровой методах обучения. На лекционных занятиях нами используется инновационная технология INSERT (Interactive Noting System for Effective Reading and Thinking) – самоактивизирующаяся системная разметка для эффективного чтения и размышления [8].

Первым шагом в использовании маркировочной таблицы является знакомство будущих дефектологов с особенностями обозначения текста специальными символами (символ «V» обозначает то, что они уже знают; символ «-» маркирует то, что идет в противовес их представлениям; «+» – это маркировка чего-то интересного и необычного для себя; «?» ставится, если студентам материал непонятен и нужно углубить сведения по данному вопросу. На втором этапе студенты читают, слушают или записывают текст, помечая нужным маркером определенные абзацы или даже предложения и словосочетания. На третьем этапе они обобщают полученную на занятии информацию в соответствии со своими символами и заносят в таблицу. Четвертый шаг – это опрос или дискуссия, нацеленная на выявление степени полноты своих знаний по изучаемой теме курса, что помогает будущим

дефектологам получить при необходимости новое, недостающее знание.

Приведем один из небольших примеров использования маркировочной таблицы INSERT в рамках содержания обозначенной дисциплины (таблица).

Графическая маркировка, в отличие от традиционной устной лекции, делает ее увлекательнее, повышает ее эффективность, поскольку у студента нет возможности быть просто пассивным слушателем. Прием INSERT развивает аналитическое и критическое мышление будущего дефектолога, а для преподавателя является средством отслеживания осознания материала по теме.

Деловая игра – это один из эффективнейших методов реализации профессионально-имитационных задач в образовательном процессе и формирования у студентов предпосылок к становлению собственной профессиональной «Я-концепции». На практических и лабораторных учебных занятиях по дисциплине «Развитие интонационной стороны речи» большое внимание мы уделяем проведению и последующему обсуждению деловых игр в рамках тем курса.

Остановимся на одной из деловых игр, в которых студенты учатся использовать прием драматизации сюжетов детских произведений и стихотворных художественных произведений для развития связной, эмоционально-выразительной речи у детей с ОВЗ и коррекции нарушений просодии.

Л.Ю. Кореньюк пишет, что человек, независимо от возраста, осмысленно копирует интонацию других людей, собеседников, если говорящий имеет яркую, эффектную, вдохновляющую интонацию. В подобной ситуации при рассказывании одинакового текста интонации почти повторяются. Чем выраженнее индивидуально-личностное восприятие услышанного текста (например, увлекательного для малыша сказочного сюжета), тем «могущественнее» будут интонации рассказчика [9].

Один из примеров технология INSERT для эффективного чтения материала и размышления по дисциплине «Развитие интонационной стороны речи»

v	При тахилалии темп речи ускорен, повышена активность, дети суетливы, беспокойны, речь торопливая, сбивчивая; нечеткая, с перестановкой слогов. При брадилалии, наоборот, наблюдается замедление артикуляции и темпа речи; обилие необоснованных пауз
+	При мозжечковой дизартрии речь становится скандированной и ребенок говорит словно по слогам. Также повышается тон на ударном гласном: вопросительные высказывания звучат как восклицания, а повествования – как вопрос
-	При экстрапирамидной дизартрии темп речи медленный, речь монотонна, нарушаются паузация и акцентуация. Причиной этих особенностей является распад подкоркового блока речевых движений
?	Просодические нарушения при постцентральной апраксии дизартрии напоминают нарушения при заикании (уточнить, какие именно нарушения)

Несомненно, что и речь педагога, в том числе богатство ее интонационной выразительности, является образцом для подражания воспитанников. Поэтому эффективность коррекционной работы по развитию просодии у детей с ОВЗ напрямую зависит от умения дефектолога мастерски пользоваться средствами собственной интонации, используя при этом эмоционально богатую мимику, выразительные, изобразительные и подражательные жесты и движения. Вкупе с действенной наглядностью в виде кукол и картинок, оречевляя персонажей разными голосами, дефектолог «оживляет» героев произведения, создавая живые и яркие образы в воображении детей.

С опорой на проекты примерных адаптированных основных образовательных программ для детей раннего и дошкольного возраста с ОВЗ студенты выбирали художественное произведение, насыщенное диалогами персонажей с разными голосовыми характеристиками, для последующей инсценировки. При этом необходимо было использовать все средства мимико-жестикультурно-интонационной выразительности собственной речи, а также средства наглядности, облегчающие детям с ОВЗ восприятие и понимание текста.

Наличие простых для понимания и исполнения диалогов, которыми так изобилуют детские сказки, стихи и рассказы, способствует выработке естественности воспроизводимых интонаций, живости речи. Целью таких деловых игр является формирование у будущего дефектолога умения придать рассказыванию ту естественность интонации, которая присуща разговорной речи: на практических и лабораторных занятиях они учатся не зачитывать фрагменты произведений детской литературы, а свободно и выразительно рассказывать.

Преподаватель помогает нащупывать так называемые «живые нити», на своем примере показывает, как сделать слова текста произведения «своими». В руководстве этим видом занятий преподаватель делает не только режиссерские указания: истолковывает характер действующего лица, помогает найти подтекст, но и сам принимает участие в чтении пьесы, стремится учить на конкретном примере естественности интонаций, общению друг с другом, вживанию в текст. Для этого студенту по ходу рассказывания быстро, чтобы не разрывая линию повествования, задаются наводящие на место логического ударения во фразе вопросы. Это походит на обычную жизненную ситуацию общения, когда говорящего перебивают уточняющими вопросами.

При выполнении заданий на воспроизведение интонации на аудиторных занятиях мы наблюдали случаи излишнего усердия, чрезмерно утрированного усиления логических ударений, неточного движения тона голоса: в этих случаях преподаватель показывает интонационный образец и затем произнесение текста отрабатывается сопряженно-отраженно. Одной из причин невыразительного рассказывания мы считаем редкое чтение текстов вслух, особенно перед аудиторией, в результате чего студенты скованны, зажаты, им словно неловко, их чтение характеризуется отчужденностью, холодностью. Некоторые обучающиеся торопятся рассказать текст, дабы быстрее освободиться от стесняющей их обязанности. Как показывает практика, эти недостатки успешно преодолеваются путем систематических тренировок, в частности в рамках изучения дисциплины «Развитие интонационной стороны речи».

Также студенты в форме деловых игр демонстрируют на занятиях самостоятельно разработанные игры на развитие базовых компонентов просодии: высоты, силы, тембра голоса, темпа и ритма речи. Обязательное требование к ним – это наличие игрового сюжета, а также учет возрастных и психофизиологических особенностей развития «воображаемого» ребенка. Таким образом, обучающая задача (цель игры) проигрывается столько раз, сколько студентов обучается в академической группе, но индивидуально-творческие нестандартные игровые ситуации дают им возможность попробовать в них решения профессиональных задач в близкой к реальной обстановке условной коррекционно-педагогической практики. Ограничение времени, наглядность, возможность дублирования игр с разными вариациями, их адаптация под структуру конкретного дефекта, включение полученных на лекциях знаний в имажинативную профессиональную деятельность дефектолога, овладение навыками работы по профилю подготовки, обширные возможности индивидуализации образовательного процесса по обсуждаемой дисциплине. Последующий анализ содержания и хода проведения игр на коррекцию нарушений голоса, показанных студентами, без прямого вмешательства преподавателя, который словно остается за сценой, несомненно, пробуждает интерес к будущей профессиональной деятельности, а также позволяет предупредить организационно-методические недостатки, которые могут быть у начинающих педагогов-дефектологов при переходе к непосредственной автономной профессиональной деятельности.

Следует отметить, что готовой рекомендуемой литературы для развития просодической стороны речи у детей с ОВЗ по темам курса крайне недостаточно. Благодаря проведению лабораторных занятий в форме деловых игр у будущих дефектологов совершенствуется поисковая познавательная активность применительно именно к этой сфере коррекционно-логопедической работы, закрепляются умения профессионально и продуктивно мыслить, управлять коллективом, закрепляются навыки самостоятельной работы по сбору и анализу игровых технологий в области развития интонации у детей.

Заключение

Введение учебной дисциплины «Развитие интонационной стороны речи» в вузовскую подготовку является необходимой мерой в рамках модернизации образования, направленной на развитие конкурентоориентированности будущих дефектологов в области коррекции нарушений голоса у детей и взрослых и развития у них просодической стороны речи. Наряду с внедрением практико-ориентированного подхода к образовательному процессу, реализация данного курса позволяет сформировать у студентов представления о технологиях логопедической работы по коррекции нарушений голоса и интонации с учетом структуры дефекта, а значит, положительно влиять на их готовность к выполнению тру-

довых функций в данной сфере деятельности, отвечающих требованиям современного работодателя.

Список литературы

1. Арсеньева М.В. Коррекция нарушений связной речи у дошкольников с общим недоразвитием речи средствами детской художественной литературы: дис. ... канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 2014. 301 с.
2. Глухоедова О.С. Дифференцированный подход к активизации речевой деятельности детей с отсутствием вербальных средств общения: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2015. 26 с.
3. Ермакова М.А. Развитие интонации у детей старшего дошкольного возраста с экспрессивной алалией: дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2013. 258 с.
4. Севастьянова Е.В. Формирование эмотивной интонации у старших дошкольников с нарушениями зрения: дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2014. 166 с.
5. Соколова Т.В. Формирование связных высказываний у дошкольников с общим недоразвитием речи, имеющих нарушения зрения: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2019. 22 с.
6. Захарова Г.П., Семенова Т.Н. Развитие мелодико-интонационной стороны речи детей 5–6 лет с общим недоразвитием речи в инклюзивном образовательном пространстве // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2017. № 4 (96). С. 118–124.
7. Дудина С.П. Просодия и интонация в истории лингвистических учений // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. 2013. № 2 (24). С. 181–185.
8. Касен Г.А., Кудайбергенова А.М. Опыт преподавания с применением инновационных приемов и техник // Неофилология. 2015. № 3 (3). С. 64–70.
9. Кореньюк Л.Ю. О некоторых приемах обучения исполнительским навыкам и умениям (из опыта работы по обучению студентов выразительному чтению) // Учёные записки ЗабГУ. Серия: Профессиональное образование, теория и методика обучения. 2009. № 6 (29). С. 14–30.

УДК 37.015.3

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВАРИАНТА Я-КОНЦЕПЦИИ ПОДРОСТКОВ

Чернова О.В., Чернов С.А.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева»,
Чебоксары, e-mail: sikor.sky@mail.ru

В статье описываются теоретические основания и педагогические составляющие деятельности педагога-психолога по диагностике неблагоприятного варианта Я-концепции подростков. При осуществлении диагностической стадии эксперимента нами было проведено исследование, направленное на изучение Я-виртуального как одного из компонентов Я-концепции подростков, пользователей социальных сетей. Нами сделан вывод о наличии прямой и заметной корреляции между оценками представлений подростков о себе реальном и виртуальном. Результаты диагностики говорят, что оценки компонентов Я-концепции не идентичны. У большинства респондентов оценка «Я-виртуального» выше оценки «Я-реального». Однако наличие прямой связи говорит нам о том, что чем выше оценка «Я-реальный», тем выше оценка «Я-виртуальный», и наоборот. Таким образом, предположение о том, что существует прямая связь между оценками двух составляющих самооценки подростков – «Я-виртуального» и «Я-реального» – эмпирически подтверждено. Мы можем сделать вывод о том, что в современном мире формируется новая для общества виртуальная реальность, которая влияет на ценности и формы поведения людей, новая виртуальная культура, в рамках которой развивается современное подрастающее поколение, что нельзя не учитывать при осуществлении любых воспитательных воздействий.

Ключевые слова: подростки, психологическая помощь, Я-концепция, психологическая коррекция, личностное развитие

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL DIAGNOSTICS OF THE UNFAVORABLE VERSION OF THE ADOLESCENT SELF-CONCEPT

Chernova O.V., Chernov S.A.

Chuvash I. Yakovlev State Pedagogical University, Cheboksary, e-mail: sikor.sky@mail.ru

The article describes the foundations and pedagogical components of the activity of the teacher-psychologist on diagnostics of the unfavorable variant of the Self-concept of teenagers. During the experiment, we conducted a study aimed at studying the virtual Self as one of the components of the Self-concept of the teenage users of social networks. We concluded that there is a direct and noticeable correlation between the estimates of teenagers' perceptions of themselves in the real and virtual world. The results of diagnostics show that the estimates of the Self-concept are not identical. Most respondents have an «I am virtual» rating higher than an «I am real» rating. However, the presence of a direct link tells us that the higher the «I am real» rating, the higher the «I am virtual» rating, and vice versa. Thus, the assumption that there is a relationship between the assessments of two components of adolescent Self-esteem – «I am virtual» and «I am real» is empirically confirmed. We can make a point that in the modern world, a unique virtual reality is being formed. It affects the formation of values and behavior of people. It is a new virtual culture in which the modern younger generation develops. It cannot be ignored during any educational influences.

Keywords: teenagers, psychological help, self-concept, psychological assistance, personal development

Актуальность исследования обусловлена тем, что виртуальная реальность является новым видом современной реальности. Интернет-реальность влияет на формирование ценностей, установок и всего мировоззрения не только молодежи, но и большинства пользователей сети Интернет. Кроме того, формируется новая культура, в рамках которой развивается современное подрастающее поколение. Современное коммуникативное пространство уже невозможно без социальных сетей. В них ребенок чувствует себя в безопасности, развивается творчески, общается с друзьями. Пик наибольшего использования социальных сетей совпадает с кризисом идентичности подростков. В сети Интернет и социальных сетях они ищут способы решения своих проблем, совершенствуются и развиваются. Связано это с тем, что в подростковом

возрасте резко возрастает потребность в межличностном общении, а современные цифровые коммуникационные технологии эту потребность удовлетворяют в большой степени, в любой момент времени и в любом месте. При этом необходимо признать, что у подростка формируется новый образ себя, часто привязанный лишь к виртуальному пространству (Я-виртуальное). Образ себя включает очень много разных составляющих, но лишь на данном этапе развития общества и науки Я-виртуальное стало одной из важнейших составляющих Я-концепции современного человека. Неблагоприятный вариант Я-концепции, который может проявляться в искаженном представлении о своей внешности и физических кондициях, может приводить к кратковременным стрессовым расстройствам, может становиться фундаментом базового чувства

собственной неполноценности. Неблагоприятная Я-концепция включает в себя такие психологические симптомы, как слабая вера в себя и страх получения отказа в ответ на обоснованную просьбу удовлетворения своих потребностей. Она стимулирует проявление конформистских реакций в трудных жизненных ситуациях. После возникновения она приводит к дальнейшим изменениям, таким как снижение уровня самоуважения, что приводит к социальной деградации, агрессивности и девиантному поведению. Самовосприятие сильно изменяется: подростки с неблагоприятным вариантом Я-концепции с трудом понимают, что могут совершать хорошие поступки, так как не считают себя способными к ним. Все изложенное демонстрирует актуальность нашего исследования, связанного с изучением возможности психолого-педагогической коррекции Я-концепции подростков, пользователей социальных сетей.

Цель нашего исследования заключается в том, чтобы, проанализировав структуру и содержание Я-концепции подростков и выделив трудности, возникающие в процессе ее формирования, проверить предположение о том, что существует прямая связь между оценками двух составляющих самооценки подростков – «Я-виртуального» и «Я-реального».

Материалы и методы исследования

Для решения задач исследовательского и формирующего характера нами был использован комплекс методов исследования и развития личности: теоретический анализ научной литературы, констатирующее психодиагностическое воздействие, педагогическое наблюдение, анкетирование обучающихся. Базой реализации исследования являлись МБОУ «Школа № 27» и МБОУ «СОШ № 62», г. Чебоксары, Чувашской Республики, исследовались учащиеся 8–9 классов, 175 человек, возраст 14–16 лет.

Результаты исследования и их обсуждение

Мы считаем, что Я-концепция имеет характерные особенности. Это несовпадение таких составляющих Я-концепции, как «Я-реальное» и «Я-идеальное», идентичность «Я-настоящего» и «Я-виртуального». Подростковый возраст характеризуется рядом специфических особенностей. Но для нашего исследования главным является такая его характеристика, как формирование сферы самосознания. Сознание должно на этом этапе превратиться в объект самосознания, пройдя на пути развития через многие объекты отношений. Этот

этап имеет решающее значение для всего развития личности, для целостности этой личности. Сформированное самосознание является фундаментом для ее стабильности и дальнейшего совершенствования [1]. Формирование самосознания в подростковом возрасте происходит в результате переориентации с внешних оценок (родителей, учителей, окружающих взрослых) на внутренние оценки, которые пока еще сравниваются (для надежности) с оценками сверстников. Формирующаяся на основе этой переориентации Я-концепция в дальнейшем осознанно или неосознанно будет способствовать построению поведения и формированию оценочного отношения к этому поведению. Однако надо отметить, что Я-концепция – динамическое образование, поэтому в течение всей жизни она будет пересматриваться в зависимости от оценок окружающих (в основном составляющих референтную группу). Эти оценки оказывают очень большое влияние на самооценку и Я-концепцию человека, так как он является социальным существом и жизненно нуждается в том, чтобы быть значимым и одобряемым другими людьми. Это внешнее воздействие служит основой для самодисциплины и самоконтроля. К функциям Я-концепции относятся: обеспечение целостности и стабильности личности, устойчивости ее стратегий поведения. Она обеспечивает целостность и ситуативную устойчивость личности. Следует отметить, что для формирования высокой самооценки необходимо совпадение «Я-реального» и «Я-идеального». Если человек ощущает разрыв в этих компонентах Я-концепции, то он чувствует неудовлетворенность собой, своими действиями и способами их выполнения. На самооценку влияет также ощущение человеком своей идентичности. Он испытывает удовлетворение не просто от того, что делает что-то хорошо, а от того, что именно он избрал именно это дело и делает его хорошо. Самооценка зависит также от интериоризации внешних оценок. Таким образом, самооценка и связанная с ней Я-концепция формируются под влиянием огромного числа внешних оценок.

Я-концепция уже многократно изучена множеством ученых [2]. В самом общем виде выделяют две составляющие Я-концепции: «Я-реальное» и «Я-идеальное» [3]. Однако существуют и более расширенные классификации. Среди множества понятий можно выделить, наряду с «Я-реальным» и «Я-идеальным», «Я-материальное», «Я-социальное», «Я-динамическое», «Я-фактическое», «Я-вероятное» и др. Образы, которые создает подросток, множественны

и разнообразны, поскольку множественна и разнообразна его жизнь. В новых условиях информационного общества возникает необходимость в создании еще большего количества образов, связанных с виртуальной жизнью подростка, исследования им своего поведения в новых виртуальных реальностях. Эти исследования себя и ложатся в основу создания «Я-виртуального». «Я-виртуальное» – это некий посредник между двумя видами представлений – представлением человека о себе реальном и о своем идеальном образе, включая и нравственные характеристики. В связи с этим «Я-виртуальное» как компонент Я-концепции и его изучение особенно актуально в современном мире.

При изучении данного явления особенно важно учитывать особенности новой социальной реальности, связанной с интернет-пространством. Свойства этой специфической реальности: поколение, релевантность, автономия, интерактивность. Виртуальный мир характеризуется ограниченностью сенсорного опыта. Путем передачи информации является один путь – символический. Чувственный образ виртуальной реальности включает в себя субъективные образы и идеи. Ученые исследовали поведение человека в киберпространстве. К основным принципам такого поведения относятся следующие: анонимность, переход из реального мира в виртуальный и обратно, мобильность, погружение, распределение и другие. Это значит, что в связи с анонимностью увеличивается вероятность девиантного поведения в сети, из-за отсутствия страха порицания и наказания. Статус человека в сети (улучшение его репутации) является сложной и относительно новой задачей и зависит от умения самопрезентации, самоконструирования путем специфических для сети средств (просмотров, лайков, репостов и др.). Виртуальное пространство отличается еще одной очень значимой характеристикой: человек все время «онлайн». Эта возможность постоянно быть «на связи», с одной стороны, расширяет границы возможностей, в том числе и профессиональных, с другой стороны, это погружение в киберпространство – полное или частичное, временное или постоянное. При этом данное присутствие характеризуется тем, что у человека создается иллюзия взаимодействия, ситуация создается искусственно и отличается от тех, которые существуют в реальности.

Анализируя особенности связей в социальных сетях, можно отметить, что в самом общем виде существуют 2 вида таких связей: 1) слабые (для досуга, обмена инфор-

мацией, общения, гражданского участия). Эти виды связей (группы, на которые опираются в большинстве своем социальные сети) являются сообществами с размытыми границами, менее интенсивными контактами; 2) сильные (сплоченные группы) с требованиями, которые часто могут являться обременительными. Группы со слабыми связями могут вместить в себя огромное число участников, что было просто невозможно на довиртуальном этапе развития общества. Индивидуальность в интернете зависит от множества личных характеристик пользователя: возраста, пола, уровня образования, места жительства, профессии, сферы общения, должности, владения иностранными языками, владения техническими средствами. Эти особенности личности могут влиять на создание нескольких идентичностей в виртуальном мире (Я – как представитель профессии, Я – как обычный человек). Индивидуальный стиль поведения в этих случаях различен и зависит от социального статуса и связанных с ним прав и обязанностей. Множественная идентичность позволяет лучше проанализировать структуру собственной личности и ее потребности. Некоторые ученые признают, что виртуальная идентичность легче всего формируется в компьютерных играх, поскольку у заданных персонажей уже есть свойства, которые определяют их особенности и способы поведения. Свою «фантазию» игрок проверяет на жизнеспособность в виртуальном, безопасном для его реального физического состояния, мире. Большинство исследований не видят никакой опасности в виртуальной идентификации. Виртуальный мир – это средство безопасного тестирования новых ролей и возможных идентичностей. Опасность может заключаться лишь в формировании, в некоторых случаях, настолько искаженного «виртуального Я», что оно будет совершенно оторвано от «реального Я» и от самой реальности. В других же случаях, «безопасное» освоение новых социальных ролей и идентичностей приведет лишь к интеграции, саморазвитию личности. Получается, что «Я-идеальное» гораздо безопаснее реализовать в виртуальном, чем в реальном пространстве. Но после реализации в безопасных условиях в виртуальном пространстве, его с достаточной легкостью можно перенести в реальный мир. Как в реальном мире, так и в виртуальном человек стремится быть членом группы. Выбор этих групп зависит от его ценностей, интересов и мировоззрения. Стремясь сформировать свою идентичность, подросток пробует себя в качестве членов разных сетевых групп и со-

обществ. Как и в реальном мире, чувство принадлежности к группе обеспечивает подростка системой координат, на которую он ориентируется. Именно она определяет нормы (что такое хорошо и что такое плохо?), делает мир предсказуемым, а поведение относительно безопасным, дает чувство защищенности. Причем безопасными являются не только пробы собственного поведения, но и наблюдение за поведением других. Их психологическая безопасность дает более широкие возможности экспериментировать с идентичностью. Одной из проблем формирования идентичности в сети Интернет называют проблему неструктурированной идентичности. Самооценка части пользователей интернета строится на так называемой «материнской позиции» оценивания – безусловном принятии. То есть она не зависит от реальных дел, реальных достижений. Им не хватает объективной социальной оценки («отцовского взгляда»), которая, однако, той же виртуальной сетью может быть и предоставлена. Интернет-среда является подходящим местом для обучения оценочному механизму – как внешнему, так и в автокоммуникации (оценка образа себя в прошлом). Е.А. Никитина, отмечая актуальность виртуальной идентичности, выделяет условия, которые свидетельствуют о ее необходимости. Она указывает, что люди (мы считаем, что подростки в большей степени) не удовлетворены реальной возможностью выразить себя, некоторыми реальными сторонами своей идентичности [4]. Получается, что человек в реальных ситуациях социального взаимодействия в современном бурном потоке жизни не имеет возможности выразить все аспекты своей идентичности, а виртуальный мир обеспечивает человека такими возможностями. Виртуальное пространство дает человеку способы проверить разные грани своей личности, поменять свою идентичность, лучше узнать при этом себя и других.

Таким образом, к функциям «Виртуального Я» можно отнести такие важные функции, как компенсация и самоактуализация. «Виртуальное Я», с одной стороны, базируется на смысловых компонентах «Я-реальное» и «Я-идеальное», с другой – представляет собой особое формирование самосознания, которое отражает признаки принадлежности к определенным сетевым сообществам и субкультурам, то есть у человека могут существовать черты личности и поведения, которые человек по той или иной причине не проявляет в реальном мире, конструируемые (вымышленные) социально-демографические характеристики и т.д.

Подростковый возраст был выбран нами в связи с тем, что в данном возрасте межличностное общение, дружба, а иногда и любовные переживания выходят на первое место, затем идут все остальные интересы и обязанности. Ценности межличностного общения становятся первостепенными. Если данные потребности не удовлетворяются, то подросток испытывает одиночество. Основными задачами данного возраста для формирования самооценки и идентичности являются: установление значимых межличностных отношений, знакомство с разным кругом людей (разного возраста, профессий, взглядов, ценностных ориентаций и форм поведения), расширение дружеских связей, знакомство с разным социальным опытом, участие в разных социальных группах.

Подростковый возраст – это возраст формирования идентичности, подростковый кризис – это кризис идентичности. Происходит полная трансформация представлений подростка о себе и путях и целях своего развития. Так как исследование было направлено на изучение «Я-виртуального» как компонента Я-концепции подростков, пользователей социальных сетей, то с помощью анкеты А.Е. Жичкина были выявлены подростки, являющиеся пользователями социальных сетей [5]. Мы проанализировали также количество времени, которое подростки посвящают виртуальному пространству. С помощью опроса было выявлено предпочтение реального или виртуального общения.

Для проверки результативности проведенной нами развивающей работы и выделения основных качеств личности, характеризующих компонент Я-концепции – «Я-виртуальное», мы выбрали метод «личностного семантического дифференциала». Нам необходимо было также изучить самооценку подростков и сравнить ее с «виртуальным Я». Метод изучения самооценки личности С.А. Будасси позволяет проводить количественное измерение самооценки личности, методика основана на методе ранжирования. В данном методе исследования самооценки ее уровень и адекватность определяются как отношения между идеальным и реальным Я. Представления человека о себе, как правило, кажутся ему убедительными, независимо от того, основаны ли они на объективном знании или на субъективном мнении, истинны они или ложны [6].

Анкета А.Е. Жичкина была использована нами для выявления вовлеченности студентов в интернет-среду. Все 100 % респондентов являются пользователями хотя

бы одной социальной сети. Наиболее часто используемой социальной сетью является «ВКонтакте», ею пользуются 100 % респондентов, второй по популярности – «Инстаграм», ею пользуются 55 % респондентов, а третий – «Фейсбук» (15 % респондентов).

В нашем исследовании были получены следующие результаты: 56 % респондентов предпочли реальное общение, 36 % респондентов – виртуальное общение, 8 % набрали одинаковое количество баллов по двум показателям. Можно сделать вывод, что большинство респондентов предпочитают реальное общение виртуальному. Проанализировав результаты, полученные при изучении уровня самооценки, мы обнаружили, что 24 % выборки имеют высокий уровень самооценки, 64 % респондентов – средний и 12 % выборки – низкий уровень самооценки.

Метод «личностного семантического дифференциала» использовался нами в трех вариантах для анализа и сравнения результатов трех параметров, оценки, силы и активности респондентов по отношению к «реальному Я», «идеальному Я» и «виртуальному Я». Оценка «настоящего меня» характеризуется следующими показателями: по шкале оценки: высокий уровень – 36 %, средний – 52 %, низкий – 12 %; по шкале прочности: высокая – 32 %, средняя – 40 %, низкая – 28 %; по шкале активности: высокий уровень – 20 %, средний – 64 %, низкий – 16 % испытуемых.

Большинство респондентов имеют средний уровень проявления этих параметров. Далее мы провели корреляционный анализ, вычислив корреляцию между оценочными параметрами по отношению к «реальному Я» и «виртуальному Я» при $p \leq 0,05$. Согласно полученным результатам, существует прямая и заметная корреляция между оценками двух компонентов самооценки подростков ($r = 0,719$ при $p \leq 0,05$).

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод о наличии прямой и заметной корреляции между оценками представлений подростков о себе реальном и виртуальном. Оценки компонентов Я-концепции не идентичны. У большинства респондентов оценка «Я-виртуального» выше оценки «Я-реального». Однако наличие прямой связи говорит нам о том, что чем выше оценка «Я-реальный», тем выше оценка «Я-виртуальный», и наоборот. Таким образом, предположение о том, что существует прямая связь между оценками двух составляющих самооценки подростков – «Я-виртуального» и «Я-реального» – эмпирически подтверждено. В современном мире формируется своеобразная, новая для социального общества виртуальная реальность, которая влияет на формирование ценностей и форм поведения людей, новая виртуальная культура, в рамках которой развивается современное подрастающее поколение, что нельзя не учитывать при осуществлении любых воспитательных воздействий.

Список литературы

1. Драндров Г.Л., Драндров Д.А., Сюкиев Д.Н., Богослова Е.Г. Особенности развития Я-концепции у сельских и городских школьников // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24510> (дата обращения: 17.05.2020).
2. Антонова Н.В., Одинцова М.С. Интеграционная модель исследования идентичности в контексте интернет-коммуникации // Проблемы практической психологии. 2010. Вып. 2. С. 5–16.
3. Драндров Г.Л., Богослова Е.Г. Формирование позитивной Я-концепции подростков средствами художественной литературы // Фундаментальные исследования. 2015. № 2 (8). С. 1761–1767.
4. Никитина Е.А. Формирование позитивной Я-концепции студентов: от теории к практике: учеб. пособие. Курск: Изд-во Юго-Зап. гос. ун-та, 2014. 108 с.
5. Тихонов О.В. Трансформация феномена идентичности в пространстве сети Интернет: дис. ... канд. филос. наук: 09.00.11. Казань, 2013. 177 с.
6. Долгова В.И., Ордина И.П. Формирование позитивной Я-концепции старших школьников // Вестник Орловского государственного университета. 2012. № 4. С. 63–65.

УДК 37.01:57

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ УМЕНИЯ ОПРЕДЕЛЯТЬ СИСТЕМАТИЧЕСКУЮ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Якунчев М.А., Андреева А.Д., Киселева А.И.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева»,
Саранск, e-mail: mprof@list.ru

В статье указывается на актуальность использования технологии формирования у школьников умения определять систематическую принадлежность биологических объектов в процессе их предметной подготовки. Сущность названного умения заключается в суждении, отражающем способность совершать интеллектуальные и практические действия на основе имеющихся систематических, таксономических и классификационных знаний для решения учебных задач теоретического и практического значения. Такие задачи расширяют возможности школьников в познании явлений биологического разнообразия и обеспечения устойчивого состояния естественных сообществ в силу взаимодействий между разными живыми существами при использовании определённого спектра мыслительных операций – анализа, сравнения, установления единичных и общих признаков, абстрагирования и категоризации. С опорой на смысловые ядра обозначенных суждений авторами предложена соответствующая технология, апробированными элементами которой являются мотивационный, целеполагающий, исполнительский и оценочный. Первый из них предполагает решение проблемы побуждения школьников к успешному выполнению учебно-познавательной деятельности при изучении содержания материала систематического значения. Второй касается грамотного определения задач формирования умения определять систематическую принадлежность биологических объектов в аспектах обучения, развития и воспитания. Третий отражает структуру и содержание названного умения и процедуру его усвоения на основе использования систематического материала в отношении растений и животных. Четвёртый элемент технологии ориентирует на определение и применение критериев оценивания полученных результатов предметного, личностного и метапредметного характера. Применение разработанной технологии при обучении обучающихся в экспериментальном режиме показало положительный результат в отношении освоения ими учебного материала предметного, метапредметного и личностного смыслов.

Ключевые слова: общеобразовательная школа, процесс обучения, педагогические технологии, технология формирования у школьников умения определять систематическую принадлежность биологических объектов

FORMATION TECHNOLOGY FOR SCHOOLCHILDREN ABILITY TO DETERMINE SYSTEMATIC ACCESSORIES OF BIOLOGICAL OBJECTS

Yakunchev M.A., Andreeva A.D., Kiseleva A.I.

Mordovian State Pedagogical Institute named after M.E. Evsevev, Saransk, e-mail: mprof@list.ru

The article points to the relevance of the use of technology of formation of pupils' ability to determine the systematic affiliation of biological objects in the process of subject training. The essence of the named skill is judgment, reflecting the ability to perform intellectual and practical actions on the basis of systematic, taxonomic and classification of knowledge for solving educational problems of theoretical and practical significance. Such tasks extend the capabilities of students in the study of the phenomena of biological diversity and sustainable state of the natural communities because of interactions between different living things by using a particular spectrum of mental operations – analysis, comparisons, establishing individual and common features, abstraction and categorization. Based on the conceptual core of the designated viewpoints, the authors proposed the relevant technology, proven elements of which are motivational, goal-setting, performance and evaluation. The first of these involves the problem of motivation of students to be successful in the educational-cognitive activity in studying the content material systematic value. The second relates to the literacy objectives of the formation of the ability to determine the systematic affiliation of the biological aspects of learning, development and education. The third reflects the structure and content of these skills and the procedure of learning based on the systematic use of the material in relation to plants and animals. The fourth element of the technology focuses on the definition and application of criteria of assessment of the results obtained, subject, personal and interdisciplinary nature. Application of the technology in teaching students in an experimental mode showed a positive result in relation to the development of the training material subject, metasubject and personal meaning.

Keywords: secondary school, the learning process, pedagogical technologies, the technology of formation in schoolchildren of the ability to determine the systematic affiliation of biological objects

Современное содержание общего образования предполагает обязательную реализацию деятельностного его компонента. Он может положительно воздействовать на личность школьников посредством выполнения определенных групп действий в структуре учебно-познавательного про-

цесса. Многие их качества, свойства, интересы, потребности, мотивы и ценностные ориентации проявляются именно в видах деятельности – учебной, игровой, трудовой и коммуникативной. В зависимости от того, что школьник делает – каково содержание его деятельности, как делает – какие спосо-

бы и действия при этом использует и в каких условиях выполняет ту или иную работу, формируются с определенной степенью полноты способности, черты характера, стиль поведения, мировоззрение и закрепляются знания. Поэтому деятельность стала неотъемлемой составной частью содержания современного школьного образования. Как известно, деятельность школьника выражается в разнообразных его действиях. Для достижения желаемого результата в направлении усвоения действий важно научить его рациональному применению определенных операций, среди которых приоритетное место занимают операции интеллектуального и практического назначения. Утверждая условно, они в обобщенном виде сосредотачиваются в такой категории, как «умение». Ей в литературе уделено достойное место. К.К. Платонов выражает умение как «способность человека продуктивно, с должным качеством и в соответствующее время выполнить работу в новых условиях» [1]. А.Г. Ковалев определяет умение как «владение сложной системой психологических и практических действий, необходимых для целесообразной регуляции деятельности и имеющихся у субъекта знаний» [2]. Получается, что умение – это психологическое (интеллектуальное) и (или) практическое действие, совершаемое человеком, в том числе и школьником, в различных видах деятельности на основе имеющихся знаний. Следовательно, умение в обучении можно представлять как своего рода этап овладения новым способом действия, основанным на определенном знании и соответствующим правилам его использования в процессе решения поставленных задач. Иначе говоря, умение – это готовность сознательно и самостоятельно выполнять практические и теоретические действия на основе усвоенных знаний и приобретаемого жизненного опыта. Каждый предмет изначально имеет достаточный потенциал для формирования у школьников широкого спектра умений. Однако сегодня в связи с реализацией новых стандартов общего образования актуализировалась проблема усвоения ими умений специального назначения. Это в полной мере относится и к биологии. Только при ее изучении школьники могут «приобрести» умения описывать компоненты живой природы, объяснять особенности их организации и функционирования, устанавливать экологические взаимодействия, выяснять условия роста и развития живых существ, определять систематическую принадлежность изучаемых биологических объектов. Последнее из названных умений для школьников к окончанию школы имеет большое

значение. Важно, чтобы они понимали сущность явления таксономического разнообразия как фактора жизнеобеспечения на планете, стремились к его сохранению для поддержания устойчивости природы, избегали встреч с опасными для здоровья живыми существами, поддерживали стабильность природных сообществ. Как показали наши исследования, к сожалению, обозначенное выше умение в процессе предметной подготовки школьников формируется недостаточно [3]. Следовательно, имеется объективная необходимость в использовании современных средств формирования умения определять систематическую принадлежность биологических объектов, к категории которых мы относим разработанную нами одноименную технологию.

Цель исследования заключается в обосновании важности использования предлагаемой авторами технологии организации учебно-познавательной деятельности в направлении определения систематической принадлежности биологических объектов для ее включения в процесс предметной подготовки школьников-семиклассников. Она еще состоит в описании соответствующей технологии как согласованных действий, ориентированных на достижение планируемых результатов.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов взята информация из литературных источников, указывающая на сущность деятельностного подхода к организации процесса предметной подготовки школьников и актуальность формирования в его контексте умений как признанного компонента содержания общего образования. Важными также были материалы собственно предметного содержания, к которым мы относим теоретические представления о современной систематике, основанной на признании существенных признаков классифицируемых живых существ для их объединения в более или менее крупные группы. Для успешного выполнения исследования использованы две группы методов – теоретические и эмпирические. Из первых были задействованы анализ психологической и методической литературы, обобщение и выражение в целостном виде данных о структуре интеллектуального умения систематизировать объекты живой природы, а также о составе технологии определения их систематической принадлежности к соответствующим классам; из вторых – педагогическое наблюдение, проведение анкеты и беседы с обучающимися средних классов общеобразовательной школы в отношении значе-

ния умения систематизировать биологические объекты для повышения качества их предметной подготовки.

Результаты исследования и их обсуждение

Для характеристики структуры и содержания технологии формирования у школьников умения определять систематическую принадлежность биологических объектов имеется необходимость определиться с теоретическими предпосылками выполняемой работы. Как отмечалось выше, в качестве таковых в данном случае выступают два его выразителя – представления о деятельностном подходе и представления о современной систематике биологических объектов. Первый из них – деятельностный подход, разрабатывался в свое время отечественными учеными и рекомендовался к применению в практике предметного обучения [4, 5]. С опорой на их работы сущность обозначенного подхода в отношении процесса обучения нами представляется как направленность всех педагогических мер на организацию интенсивной, усложняющейся деятельности, ибо только через собственную деятельность человек усваивает науку и культуру, способы познания и преобразования мира, формирует и совершенствует личностные качества. Следовательно, деятельностный подход предполагает выполнение определенных действий, среди которых приоритетными являются следующие: 1) наличие у обучающихся познавательного мотива – желания учиться и конкретной учебной задачи – понимания того, что надо освоить; 2) выполнение обучающимися определенных действий для приобретения желаемого учебного материала; 3) выявление и освоение обучающимися способа действия для осознанного применения приобретенного учебного материала; 4) освоение обучающимися способов контроля над своими действиями; 5) включение содержания освоенного учебного материала в контекст решения насущных задач. Второй из выразителей теоретических предпосылок – представления о современной систематике биологических существ нами использовался в контексте аксиоматики современной систематики. Ее сущность выражается в нескольких суждениях, приоритетными из которых являются следующие: 1) окружающее нас разнообразие живых организмов имеет определенную внутреннюю структуру; 2) эта структура организована иерархически, иначе говоря, разные таксоны последовательно подчинены друг другу; 3) эта структура познаваема до конца, а значит, возможно построение

достаточно полной естественной системы разнообразия живых организмов в пределах определенных таксонов [6, 7]. В совокупности обе характеристики обозначенных теоретических предпосылок выполненного исследования учитывались нами при выяснении сущности умения определять систематическую принадлежность биологических объектов к определенным классам, разработке структуры одноименной технологии, наполнении каждого из ее элементов соответствующим содержанием и апробации технологии в предметной подготовке семиклассников общеобразовательной школы. Технология в целостном виде представляется как выстроенная последовательность мотивационного, целеполагающего, исполнительского и оценочного элементов, подлежащих выполнению в определенных их частях и учителем, и школьниками.

Мотивационный элемент. Он касается создания таких ситуаций на уроках, особенно вводных к соответствующему разделу, чтобы школьники понимали смысл изучения учебного материала систематического содержания. Для этого, как показала собственная практика предметной подготовки семиклассников, лучше использовать способы, которые побуждали бы их к познанию сущности учебного материала. Одним из действенных способов является убеждение в значимости систематического материала в предстоящей учебной работе и повседневной жизни. Важно отметить, что материал о таксономическом разнообразии растений и животных для любого человека имеет большое познавательное и практическое значение. Первое из них заключается в том, что с его помощью у школьников расширяются представления о главных признаках живых существ разных таксонов, помогающих различать их в естественных и искусственных условиях, характеризовать сформировавшиеся приспособления и выявлять особенности происхождения. Более того, такой материал усиливает необходимость осмысленного рассмотрения учебного материала о различных экологических системах, их сообществах с позиции биологического разнообразия, что является одним из существенных факторов поддержания стабильности и устойчивости названных систем на протяжении длительного времени. Второе значение изучения таксономического материала семиклассниками – практическое – состоит в том, что на основе усвоенных знаний о признаках живых существ можно их распознавать в природном окружении и определять тактику собственного безопасного поведения. В сущности, использование способа убеж-

дения в необходимости изучения систематического материала первоначально выступает как внешний стимул, который по мере накопления опыта работы школьников с обозначенным материалом становится для них стимулом внутренним. В определенное время внешние и внутренние стимулы в совокупности начинают проявляться в виде двух выразителей мотивации – познавательной (хочу получать новые знания систематического смысла и усваивать способы работы с ними), а также эмоциональной (мне интересно изучать систематический материал и выполнять работу по распознаванию живых существ по их признакам). Сформированная мотивация во многом обеспечивала продвижение школьников в направлении достижения ими предметных, личностных и метапредметных результатов.

Целеполагающий элемент. Он касается выполнения работы по определению и четкому обозначению учителем целевой установки в отношении усвоения школьниками умения определять систематическую принадлежность биологических объектов. Установку в данном случае следует представлять как готовность школьников к «вхождению» в познавательную деятельность и выполнению предложенных заданий. Руководствуясь современными требованиями к успешной реализации процесса предметной подготовки школьников, учителю в обозначенном контексте лучше выражать целевую установку в трех категориях задач – обучения, развития и воспитания. Первую из них можно представить в следующем обобщенном суждении – сформировать у школьников ясное представление об умении в широком смысле его значения как способности совершать интеллектуальные и практические действия на основе имеющихся знаний для решения насущной задачи, а также представление об умении в узком смысле его значения в отношении определения принадлежности биологических объектов к соответствующим группам как способности совершать те же действия, но на основе полученных систематических знаний, содержательными аспектами которых являются таксономический и классификационный. Вторая задача (развития) лучше представляется в следующем виде: актуализировать знания школьников об анализе, сравнении, установлении единичных и общих признаков, абстрагировании, категоризации как мыслительных операциях для их целенаправленного использования в решении задач по классификации биологических объектов – растений и животных. Третью задачу – задачу воспитания – лучше представлять в нескольких суждениях,

а именно: способствовать становлению у школьников научного мировоззрения на основе убеждения в разнообразном проявлении жизненных форм живых существ, сформировавшихся в силу действия объективных условий на протяжении длительной эволюции; способствовать экологическому воспитанию школьников на основе рассмотрения учебного материала о видовом разнообразии растений и животных, обеспечивающих взаимодействие в экологических системах по линии «продуценты – консументы – редуценты»; способствовать эстетическому воспитанию школьников на основе созерцания привлекательных признаков растений и животных, вызывающих положительные эмоциональные реакции, которые обогащают эстетические чувства.

Исполнительский элемент. Он касается организации и выполнения школьниками собственно учебно-познавательной деятельности по усвоению умения определять систематическую принадлежность биологических объектов. Экспериментальная работа, проведенная нами с семиклассниками общеобразовательной школы, показала, что основу такой деятельности должны составлять определенные действия интеллектуального и практического содержания. При этом необходимо соблюдать порядок действий в определенной структурной полноте, выражающий состав формируемого умения определять систематическую принадлежность биологических объектов. Его элементами являются следующие: 1) знакомство с биологическим объектом, подлежащим определению его систематического положения; 2) нахождение особенных признаков определяемого биологического объекта; 3) выражение систематического порядка в отношении определяемого биологического объекта; 4) выполнение предварительных записей систематического порядка в отношении определяемого школьником биологического объекта с учетом иерархии таксонов. Представим их описания.

Знакомство с биологическим объектом, систематическое положение которого необходимо определить, предполагает его внимательное рассмотрение для нахождения наиболее общих признаков и отнесения к крупному таксону. Аналитическая работа в данном случае может выполняться по натуральному объекту (живое растение, гербарный образец растения, влажный препарат животного, коллекционный экземпляр животного) или по фотографии, рисунку, схеме описания данного объекта. В процессе совместной работы учителя и школьников важно актуализировать знания об анализе как мыслительной операции

по «разбору» рассматриваемого объекта, в данном случае растения или животного, для установления его самого общего таксономического положения. Такой «разбор» школьники выполняют на основе имеющихся анатомо-морфологических знаний и знаний об экологических приспособлениях, благодаря чему определяемый объект они могут отнести к наиболее крупному таксону. Для растений в условиях общеобразовательной школы – это будет отдел, а для животных – тип. Использование анализа должно сопровождать и дальнейшую учебно-познавательную работу школьников.

Нахождение особенных признаков биологического объекта предполагает выполнение многоступенчатой познавательной деятельности с использованием аналитических и сравнительных действий, а также действий по установлению единичных и общих признаков. Определяемый объект на данном этапе работы рассматривается с позиции обнаружения признаков для его отнесения к таксону рангом ниже. К примеру, если растение имеет такие признаки, как две семядоли в зародыше, пятичленный цветок, листья, разделенные на листовую пластинку и черешок, стержневую корневую систему, то оно явно относится к классу двудольных растений в составе отдела покрытосеменных растений и подцарства высших растений. Далее, как в отношении растений, так и животных рекомендуется использовать систематические карточки или школьные определители для выполнения дальнейшей аналитической работы. Надо прочитать тезу и антитезу первой ступени определения и решить, что больше соответствует признакам объекта, который определяется. Продолжая предложенный выше пример в отношении двудольного растения, укажем, что если оно имеет плод боб с твердой семенной кожурой и твердым рубчиком, мотыльковый тип венчика цветка, верхнюю завязь и десять тычинок, то его следует отнести к порядку бобовцветных. Далее, в конце выбранной тезы или антитезы следует выбрать цифру новой ступени, на которую нужно выполнить переход, позволяющий определиться со следующим таксоном. В отношении бобовцветных, если определяемое растение имеет плод боб, сложные листья, соцветие кисть, мотыльковый тип венчика цветка, имеющего формулу чашелистиков – 5, лепестков – 4, тычинок – 10, пестик – 1, – то это растение относится к семейству бобовых. Работа в обозначенном ключе продолжается до обнаружения ступени, которая заканчивается не цифрой, а названием определяемого объекта. Для рационального выполнения школьниками обозначенной процедуры учитель должен

напомнить им, что в данном случае следует обращаться к таким мыслительным операциям как сравнение, а также установление единичных и общих признаков. Сравнение как выделение на основе анализа анатомо-морфологических, экологических и других признаков определяемых объектов черт сходства и различия применяется для выполнения правильного перехода от одной тезы к другой. Установлению единичных, присущих только для определяемого объекта признакам следует обращаться на каждой из ступеней учебной работы для соотнесения этих признаков с предыдущим таксоном и указания последующего таксона.

Выражение систематического порядка в отношении определяемого биологического вида выполняется как указание двойного его названия. В случае приведенного нами примера работа закончилась бы указанием биологического вида – горох посевной.

Выражение полной записи систематического порядка в отношении определяемого вида выполняется с учетом установившейся в биологической науке иерархии таксонов растений и животных. В отношении гороха посевной такая запись представляется в следующем виде: Царство Растения – Отдел Покрытосеменные или Цветковые, Класс – Двудольные, Порядок – Бобоцветные, Семейство – Бобовые, Род – Горох Вид – Горох посевной. В таком виде должна заканчиваться любая процедура определения биологического объекта. Выполнение работы в составе двух последних двух действий предполагает использование категоризации как структурированного выражения общей таксономической картины в отношении определяемого биологического вида.

Оценочный элемент. Он касается работы по выяснению и применению способов установления обратной связи, позволяющей получать сведения о том, чему школьники научились и в какой степени учитель смог реализовать целеполагающий элемент используемой технологии. Для исполнения названных процедур следует обратиться к определенным критериям. С их помощью возникает определенная возможность для выполнения аналитической работы и интерпретации достоверности предлагаемых средств для эффективной или, наоборот, неэффективной работы по формированию у школьников умения определять систематическую принадлежность биологических объектов. На основе проведенного нами педагогического эксперимента в качестве критериев лучше использовать обучающий, развивающий и воспитательный. Первый из них позволил нам выяснить степень освоенности школьниками знаний о сущно-

сти понятий ряда умений, а также знаний о процедуре выполнения порядка действий в составе умения определять систематическую принадлежность биологических объектов на основе их существенных признаков. Для этого лучше предлагать школьникам отвечать на вопросы для воспроизведения учебного материала. В сущности, ответы школьников в данном случае позволяют судить о достигнутых результатах предметного содержания. С помощью второго – развивающего критерия – лучше проверяется степень освоенности мыслительных действий, которые используются в составе собственно умения определять систематическую принадлежность биологического объекта в учебной практике. Для этого лучше использовать выполнение заданий по демонстрации школьниками готовности выполнять процедуры определения биологического объекта. Третий критерий – воспитательный – дает возможность отразить уровень изменения отношения к миру живой природы с позиции ее личностной значимости. Для этого более подходит использование индивидуальной беседы в доверительном формате.

Заключение

Описанную технологию, использованную в процессе предметной подготовки семиклассников, можно отнести к категории достаточной эффективности. Измерительные процедуры в отношении названной группы школьников, принявших участие в педагогическом эксперименте, по сравнению с контрольными группами, показали более высокие результаты во всех трех их аспектах – предметном, личностном и метапредметном. Большая часть семиклассников (75%) утверждала, что выполнение учебной работы на основе технологии определения систематической принадлежности биологических объектов дает возможность относиться к материалу более осмысленно. Это связано, как высказались 70% участников эксперимента, с пониманием и адекватным использованием в соответствующих ситуациях терминов, раскрывающих сущность понятия «умение». Более того, примерно 65% респондентов обратили внимание на то, что для успешного определения таксономического положения растения или животного важно иметь представления об умении определять систематическую принадлежность биологических объектов в целостном виде. Вместе с этим 68% школьников экспериментального класса признали, что без понимания сущности мыслительных операций, особенно аналитической, сравнительной и установления единичных и общих призна-

ков биологических объектов, полноценная работа по составлению таксономических характеристик была бы затруднительна. Подтверждением тому является успешное выполнение большей частью семиклассников (63%) учебных заданий на знание основных понятий систематики и таксономии, распределение животных и растений по таксономическим группам, установление правильной последовательности систематических групп растений и животных, использование систематических таблиц для определения биологического вида и выражение в отношении него таксономической таблицы с краткими комментариями. Примечательным является факт позитивного изменения личностного отношения семиклассников к объектам живой природы. Об этом говорят высказывания большинства респондентов (62%) о том, что в итоге использования предложенной технологией убеждение в сохранении всего разнообразия живой природы, ибо без него трудно поддерживать хорошее качество состояния окружающей среды», использование технологии также приобщило семиклассников к эстетическому потенциалу школьной биологии. Следовательно, технология определения систематической принадлежности биологических объектов может оказывать положительное влияние на улучшение качества учебно-познавательной деятельности школьников.

Статья подготовлена и опубликована в рамках сетевого проекта ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева» с ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева» на тему «Учебные задания как средство формирования у учащихся умения определять систематическую принадлежность растений и животных».

Список литературы

1. Платонов К.К. Занимательная психология. М.: Изд. «РИМИС», 2013. 290 с.
2. Ковалев А.Г. Психология личности. М.: Просвещение, 1970. 391 с.
3. Якунчев М.А., Андреева А.Д., Семенова Н.Г. Состояние готовности обучающихся определять систематическую принадлежность объектов при изучении биологии в школе // Вестник Московского государственного областного университета. 2019. № 3. С. 102–108.
4. Выготский Л.С. Мышление и речь. М.: Национальное образование, 2016. 352 с.
5. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Смысл, 2005. 352 с.
6. Зуев В.В. Построение системной модели биологического таксона как основа развития современной биологической таксономии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 10–2. С. 101–108.
7. Павлинов И.Я. Основные подходы в биологической систематике // Газета «Биология». 2010. № 17. С. 19–25.